

RAPPORT DEFINITIF

JUIN 2006

**BASSIN MINIER
NORD-LORRAIN**

VULNERABILITE DES MODES CONSTRUCTIFS ALTERNATIS VIS-A-VIS DES RISQUES D'AFFAISSEMENTS MINIERES

Document établi par :

CSTB Marne La Vallée

84, avenue Jean Jaurès – Champs-sur-Marne
Boite Postale 02
F-77447 Marne-la-Vallée Cedex 2

DEPARTEMENT SECURITE, STRUCTURES ET FEU

Division Ingénierie de la Sécurité & Technologies Associées

M. CHENAF

Ph. LEBLOND

N. RUAUX

SOMMAIRE

1. DOMAINE D'APPLICATION	3
1.1 CONTEXTE ET OBJECTIF.....	3
1.2 CONTENU DE L'ETUDE.....	3
1.3 DEFINITION DE L'AFFAISSEMENT MINIER.....	5
1.4 DEFINITION DE LA TYPOLOGIE DE BATIMENT	5
1.4.1 Famille « MI » - Bâtiment à rez-de-chaussée et un étage, de type maison individuelle.....	5
1.4.2 Famille « Collectif » - Bâtiment à rez-de-chaussée et deux étages, de type habitation collectif, bureaux.....	6
2. HYPOTHESES GENERALES	7
2.1 DEFINITION DES NIVEAUX D'ENDOMMAGEMENT.....	7
2.2 EFFET DE LA DEFORMATION HORIZONTALE DU SOL SUR LE BATI	8
2.3 EFFET DE LA COURBURE DU TERRAIN SUR LE BATI	9
2.3.1 Augmentation des contraintes de sol.....	9
2.3.2 Décollement des fondations	9
2.4 EFFET DE LA PENTE DU TERRAIN SUR LE BATI.....	10
2.4.1 Augmentation des contraintes de sol.....	10
2.4.2 Traction dans les façades	11
3. NIVEAUX D'ENDOMMAGEMENT SELON LA PENTE DE L'AFFAISSEMENT	12
3.1 NIVEAUX D'ENDOMMAGEMENT	12
3.1.1 Famille « MI » - Bâtiment à rez-de-chaussée et un étage, type maison individuelle.....	12
3.1.2 Famille « Collectif » - Bâtiment à rez-de-chaussée et deux étages, type habitation collectif, bureaux.....	13
3.2 RESULTAS POUR DES OUVRAGES DE PLUS FAIBLE DIMENSION	13
3.3 POSSIBILITE DE REMISE EN ETAT ET ESTIMATION DES COUTS DES REPARATIONS ...	14
4. DISPOSITIONS GENERALES DE CONSTRUCTIBILITE	15
4.1 IMPLANTATION	15
4.2 VOISINAGE	16
4.3 MATERIAUX	19
4.3.1 Béton (fondations, planchers).....	19
4.3.2 Aciers pour charpente métallique	20
4.3.3 Bois pour ossature principale	20
4.4 FORMES ET DIMENSIONS GENERALES.....	21
4.5 FONDATIONS.....	23
4.6 SUPERSTRUCTURE.....	26
4.7 ELEMENTS NON STRUCTURAUX.....	28
4.7.1 Menuiseries extérieures et façades en verre	28
4.7.2 Escaliers.....	30
4.7.3 Les conduits maçonnés.....	30
4.7.4 Les toitures	31
4.7.5 Cloisons de distribution	32
4.8 RESEAUX	33
4.9 LES LIMITES D'APPLICATION DE L'ETUDE	34
4.10 COMPARATIF AVEC LE SYSTEME CONSTRUCTIF EN MAÇONNERIE.....	35
5. SECURITE DES OCCUPANTS	36

1. Domaine d'application

1.1 Contexte et objectif

La présente étude se charge d'analyser le comportement des **constructions neuves disposant de dispositions de renforcement, à ossature bois ou métallique**, dans les communes soumises à des aléas d'affaissements miniers où les pentes pourraient être élevées, et d'estimer ainsi les impacts prévisibles (niveaux d'endommagement) sur le bâti en fonction des niveaux d'aléas.

Le choix des matériaux et celui des systèmes constructifs jouent un rôle déterminant dans la résistance des constructions aux effets de l'affaissement minier (mise en courbure du terrain, déformation horizontale du sol et inclinaison du bâtiment). De ce point de vue, l'aptitude des systèmes à se déformer plastiquement lors des efforts élevés sans pour autant réduire sensiblement leurs capacités résistantes constitue une solution préférable à certains procédés constructifs traditionnels plus fragiles.

C'est pourquoi l'objectif visé ici est d'explorer d'autres procédés de gros œuvre de maison qui pourraient permettre de mieux résister aux affaissements miniers par ce qu'ils offrent par rapport aux procédés traditionnels :

- un rapport résistance/poids largement supérieur ;
- une capacité à accepter des déformations plus importantes (du fait de la ductilité de leurs assemblages mécaniques) ;
- une résistance aux chocs importants (résilience) sensiblement supérieure.

1.2 Contenu de l'étude

Les recommandations décrites dans l'étude portent sur les règles d'implantation, les dispositions constructives en matière de bâti (gros œuvre, second œuvre et réseaux). Les corps d'état techniques tels que le chauffage, la VMC et l'électricité ne sont pas visés.

Le choix des bâtiments (maison individuelle et petit collectif) retenu a été établi en fonction de la typologie du bâti étudiée dans la précédente étude de 2005.

Les types de bâtiments retenus sont supposés respecter, au moins, 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 (BAEL

pour les structures en béton armé, CM 66 modifiées pour les structures métalliques et CB 71 ou EuroCode 5 pour les structures en bois).

Les effets prévisibles en surface des affaissements miniers éventuels ont été fournis au CSTB par GEODERIS sous forme de tableaux et de cartes. Ces documents ont permis de définir :

- la pente maximale du sol due à l'affaissement,
- le déplacement vertical du sol à la fin de l'affaissement,
- la déformation horizontale du sol due à l'affaissement.

De ce point de vue, les hypothèses de travail fournies par la DRIRE considèrent que les affaissements sont de type progressif. La présente étude ne prend pas en compte les endommagements liés à des mouvements « instantanés » des terrains (pas d'analyse dynamique et des effets de choc sur le bâti).

L'étude proprement dite s'est effectuée en **deux étapes** :

En premier lieu, les analyses de comportement structural ont abouti à des **mesures constructives simples** à mettre en œuvre pour se prémunir d'endommagements prévisibles quand les dispositions constructives classiques et traditionnelles ne suffisaient plus.

En deuxième lieu, la présente étude s'est chargée d'analyser les **endommagements prévisibles** sur le bâti en fonction des intensités des aléas précisés par la DRIRE et de leur niveau de renforcement.

Les dimensions en plan du bâti ont été calées pour retrouver les mêmes pentes admissibles définies par l'étude de 2004, à savoir :

- niveau d'endommagement N3 pour une pente de 11 % pour la maison individuelle,
- niveau d'endommagement N3 pour une pente de 6 % pour le petit collectif.

IMPORTANT :

Les préconisations en matière de dispositions constructives concernent les types de bâtiments renforcés structurellement à hauteur d'un surcoût à la construction limité à 10 %.

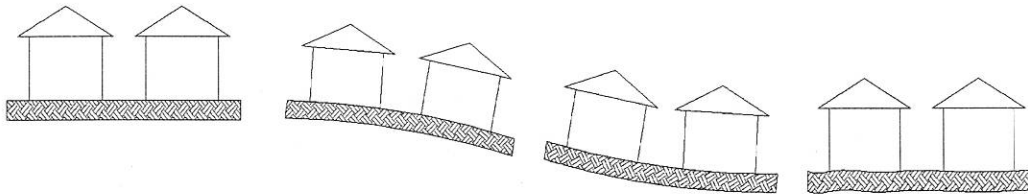
Il en découle que les ouvrages étudiés ne peuvent être soumis qu'à des pentes d'affaissement limitées (a posteriori de l'ordre de 10 %). Pour des pentes supérieures, il est possible d'envisager des dispositions constructives supplémentaires qui permettraient d'atteindre des niveaux de sécurité équivalents.

1.3 Définition de l'affaissement minier

Le phénomène d'affaissement minier en surface peut être résumé en quatre phases successives :

- dans un premier temps on observe les bâtiments avant déformation ;
- dans un deuxième temps on remarque que la partie du sol s'est incurvée avec un centre de courbure vers le bas (formation convexe dite « en dôme ») et la distance entre les constructions s'agrandit ;
- dans un troisième temps, apparaît une formation du sol incurvé avec un centre de courbure vers le haut (formation concave dite « en cuvette ») et la distance entre les constructions diminue ;
- dans un dernier temps, les contraintes du sol se compensent pour trouver leur équilibre et les constructions reviennent à une position proche de l'horizontale.

Les figures ci-après illustrent ce phénomène.



En fin d'affaissement, le bâti se trouve sur l'une de ces quatre configurations. Compte tenu qu'il n'est pas possible de prévoir la position finale exacte du bâti par rapport à la cuvette définitive, la présente étude tient compte successivement des quatre configurations pour l'analyse du bâti.

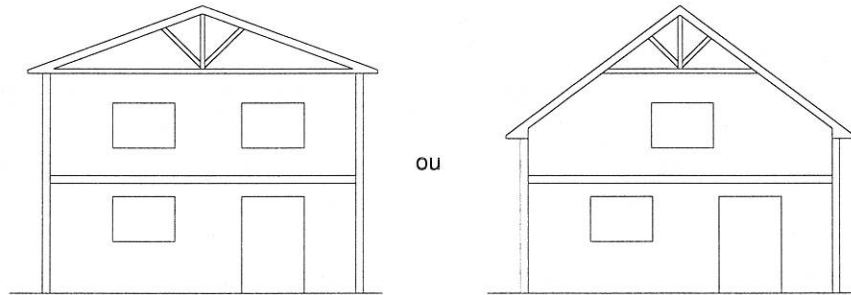
1.4 Définition de la typologie de bâtiment

Les deux familles types de bâtiments retenus pour représenter les modes constructifs alternatifs dans le bassin Nord Lorrain sont les suivants :

1.4.1 Famille « MI » - Bâtiment à rez-de-chaussée et un étage, de type maison individuelle.

- Ossature bois ou métallique :
 - structure poteaux-poutres en bois
 - structure en panneaux de bois
 - structure poteaux-poutres en profilés minces métalliques
 - structure poteaux-poutres métalliques en profilés standards
- Dimensions standard (hauteur de mur inférieure à 3 m.

- Bâtiment de forme compact, sans sous-sol et sur deux niveaux (un étage sans combles aménageables ou rez-de-chaussée avec combles aménageables).

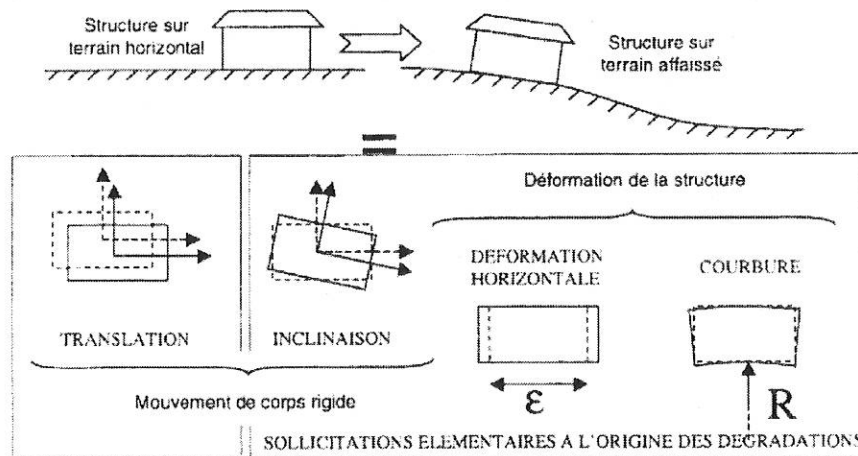


1.4.2 Famille « Collectif » - Bâtiment à rez-de-chaussée et deux étages, de type habitation collectif, bureaux.

- Ossature bois ou métallique :
 - structure poteaux-poutres en bois
 - structure en panneaux de bois
 - structure poteaux-poutres en profilés minces métalliques
 - structure poteaux-poutres métalliques en profilés standards
- Dimensions standard (hauteur d'étage inférieure à 3 m).
- Bâtiment de forme compact sur trois niveaux : rez-de-chaussée et deux étages, sans sous-sol.

2. Hypothèses générales

Chaque type de bâtiment a été étudié en fonction de trois sollicitations, dépendantes de la pente prévisible de l'affaissement. Elles se caractérisent par l'**inclinaison** d'ensemble, la **déformation** horizontale du sol et la **courbure** du terrain.



Décomposition des sollicitations sur le bâti

La déformation horizontale, nettement plus prépondérante que la déformation verticale dans le dimensionnement du bâtiment, se traduit par un allongement ou un raccourcissement du sol, qui induit des efforts de traction ou de compression dans les fondations de la construction.

L'analyse des bâtiments types permet de les classer selon une échelle de niveau d'endommagement, définie ci-après (du niveau N1 - désordres très légers - jusqu'au niveau N5 - effondrement).

2.1 Définition des niveaux d'endommagement

Cinq niveaux d'endommagement ont été établis, par ordre croissant de sinistralité (N1 à N5).

Du niveau N1 à N3, les désordres prévisibles ne provoquent aucun effondrement. A partir du niveau N4, des effondrements sont possibles et menacent la sécurité des occupants.

sécurité des occupants assurée car absence de risque de chutes d'éléments porteurs ou d'équipements	}	N 1	→	Fissures d'aspect
		N 2	→	Fissures légères dans les murs
		N 3	→	Portes coincées et canalisations rompues
sécurité des occupants menacée	}	N 4	→	Poutres déchaussées et murs bombés
		N 5	→	Planchers et murs désolidarisés et instables

2.2 Effet de la déformation horizontale du sol sur le bâti

Les déformations horizontales induites par l'affaissement ont été traduites en effort de traction ou de compression sur les fondations, dépendant de deux paramètres :

- le coefficient μ de frottement sol/fondation, pris égal à 0,65 dans notre étude,
- le poids P du bâtiment (charges permanentes et d'exploitation).

L'effort maximum de glissement est égal à $F = \frac{1}{2} \cdot \mu \cdot P$. Au-delà, le sol glisse sous les fondations, sans augmentation de F .

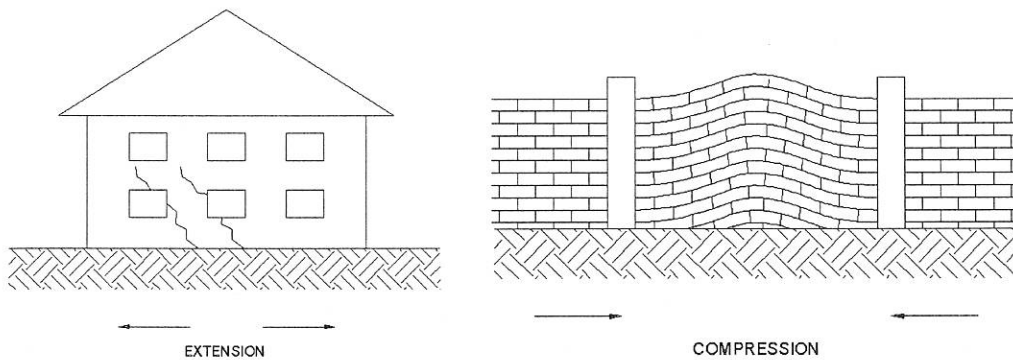


Illustration des effets des déformations horizontales du sol sur le bâti

Afin de s'affranchir des efforts dus à la déformation du sol et de maintenir les types de bâtiment en niveau d'endommagement N1, les fondations doivent être dimensionnées et ferrillées afin de résister à la force F .

2.3 Effet de la courbure du terrain sur le bâti

L'affaissement du terrain a pour conséquence une incurvation du sol d'assise du bâtiment, et qui provoque des déformations importantes des planchers et des fissures obliques dans les murs intérieurs et façades :

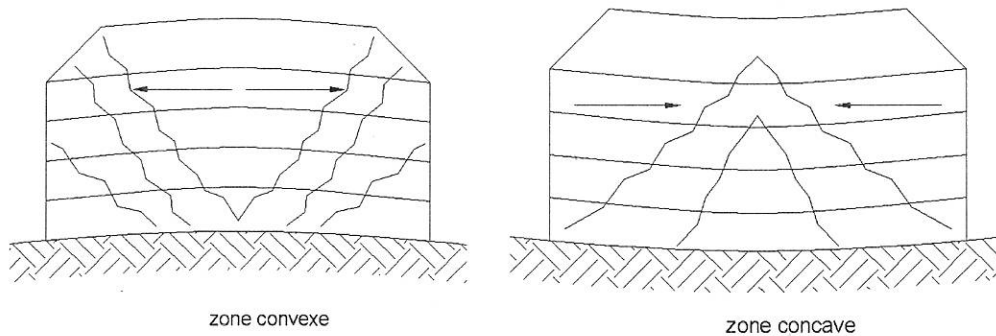


Illustration des effets de l'incurvation du sol sur le bâti

2.3.1 Augmentation des contraintes de sol

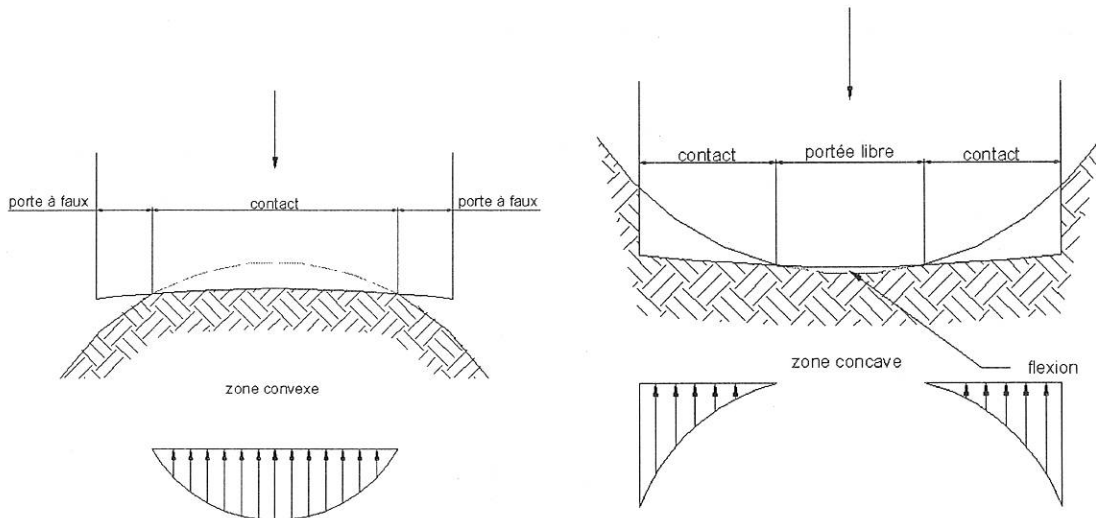
Si le bâtiment n'est pas suffisamment souple pour suivre la courbure du terrain, ses fondations vont se décoller partiellement de leurs assises, provoquant ainsi une augmentation des contraintes là où les fondations sont encore en contact avec le sol. Cet effet se cumule avec une perte de raideur du sol dans les zones d'extension (en haut de cuvette). Il en résulte un tassement généralisé important du bâtiment. Les désordres dus à ce tassement ne concernent que les réseaux de l'ouvrage.

Afin de calculer ce tassement, nous avons estimé que l'augmentation de la contrainte de sol était plafonnée à 60 % de sa valeur initiale, et que la raideur du terrain était diminuée de 80 % dans les zones d'extension.

2.3.2 Décollement des fondations

Une fois le tassement du sol estimé, on constate que le contact entre le sol et les fondations n'est pas entièrement rétabli. Les fondations sont alors soumises à des moments de flexion très importants, fonction de la longueur du décollement, et maximum lorsque la fondation se trouve en porte-à-faux.

De tels efforts ne sont pas compatibles avec les dimensions et le ferrailage habituel des fondations, qui sont alors contraintes d'épouser la courbure du terrain.



Variation des contraintes sous les fondations, selon l'incurvation du sol

2.4 Effet de la pente du terrain sur le bâti

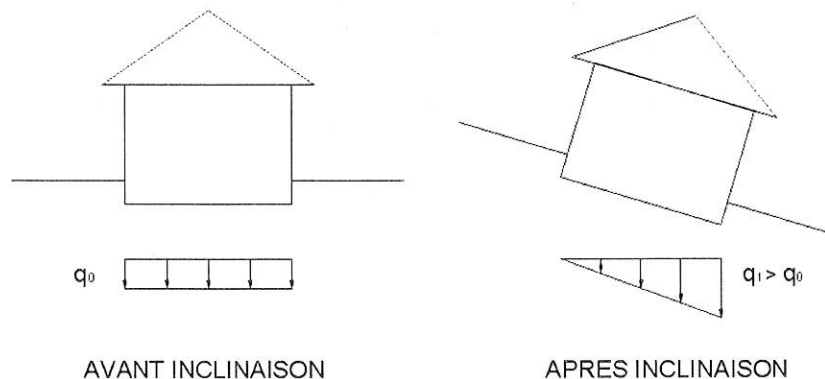
L'affaissement du terrain a pour conséquence une inclinaison généralisée du bâtiment, que l'on ne peut pas négliger pour des valeurs de pentes élevées, et qui provoque deux phénomènes : l'augmentation des contraintes de sol et la mise en traction des façades.

2.4.1 Augmentation des contraintes de sol

L'inclinaison d'une charge verticale centrée sur une fondation provoque une redistribution des contraintes du sol : celles-ci seront plus élevées du côté de l'inclinaison, plus faible du côté opposé.

L'augmentation des contraintes risque de provoquer un poinçonnement du sol, qui peut entraîner le basculement de l'ouvrage, que l'on classe alors au niveau N5.

Nous avons considéré qu'un tel basculement avait lieu lorsque la pente provoquait le doublement de la contrainte du sol.



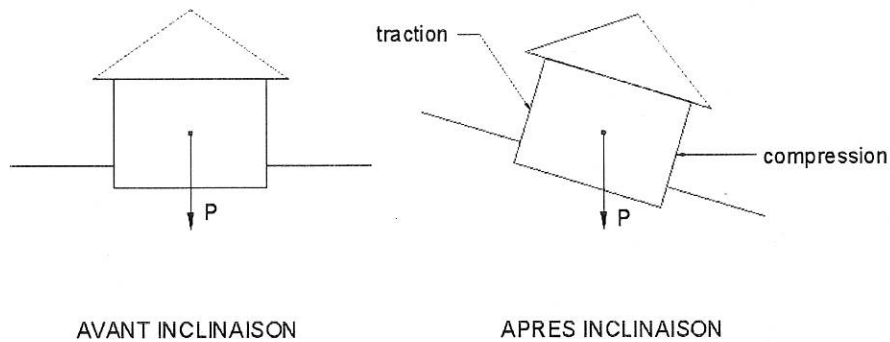
Variation des contraintes sous les fondations, selon la pente du sol

L'effet étudié n'est fonction que des caractéristiques du sol, indépendamment du type de structure. C'est pourquoi le type de bâtiment retenu n'a pas d'influence ici.

2.4.2 Traction dans les façades

En dehors des phénomènes d'affaissements, le poids du bâtiment permet de maintenir les façades comprimées. Lorsque le bâtiment s'incline, les façades sont plus comprimées du côté de l'inclinaison et peuvent être soumises à des tractions du côté opposé.

Les façades n'étant pas dimensionnées pour supporter une traction généralisée, un risque de désordre apparaît dès lors que la résultante des efforts sort du « tiers central ».



Modification des efforts dans les façades, selon la pente du sol

3. Niveaux d'endommagement selon la pente de l'affaissement

3.1 Niveaux d'endommagement

Les niveaux d'endommagement dépendent des sollicitations précitées, qui elles-mêmes sont fonction de la pente prévisible de l'affaissement.

Ils ont été étudiés sur les deux familles de bâtiments renforcés structurellement à hauteur d'un surcoût à la construction limité à 10 %.

Le surcoût de 10 % évoqué ci-dessus ne comprend pas les dispositions constructives permettant le relevage du bâtiment à moindre coût.

Après analyse de chaque type de bâtiment, il a été possible de présenter, sous forme de tableau, la correspondance entre les niveaux d'endommagement et la pente de l'affaissement, comme ci-après :

3.1.1 Famille « MI » - Bâtiment à rez-de-chaussée et un étage, type maison individuelle.

Pente de l'affaissement (%)	Largeur	Longueur	Niveau d'endommagement – famille MI				
			N1	N2	N3	N4	N5
<i>structure</i>	(m)	(m)					
<i>poteaux-poutres en bois</i>	10	17	$p \leq 2$	$2 < p \leq 3$	$3 < p \leq 11$	$11 < p \leq 22$	$22 < p$
<i>panneaux de bois</i>	10	17	$p \leq 2$	$2 < p \leq 4$	$4 < p \leq 11$	$11 < p \leq 22$	$22 < p$
<i>poteaux-poutres en profilés minces métalliques</i>	10	17	$p \leq 2$	$2 < p \leq 3$	$3 < p \leq 11$	$11 < p \leq 22$	$22 < p$
<i>poteaux-poutres métalliques en profilés standards</i>	11	19	$p \leq 2$	$2 < p \leq 4$	$4 < p \leq 11$	$11 < p \leq 25$	$25 < p$

3.1.2 Famille « Collectif » - Bâtiment à rez-de-chaussée et deux étages, type habitation collectif, bureaux.

Pente de l'affaissement (%)	Largeur	Longueur	Niveau d'endommagement – famille Collectif				
			N1	N2	N3	N4	N5
<i>structure</i>	(m)	(m)					
<i>poteaux-poutres en bois</i>	17	30	$p \leq 1$	$1 < p \leq 2$	$2 < p \leq 6$	$6 < p \leq 12$	$12 < p$
<i>panneaux de bois</i>	17	30	$p \leq 1$	$1 < p \leq 2$	$2 < p \leq 6$	$6 < p \leq 12$	$12 < p$
<i>poteaux-poutres en profilés minces métalliques</i>	17	30	$p \leq 1$	$1 < p \leq 2$	$2 < p \leq 6$	$6 < p \leq 12$	$12 < p$
<i>poteaux-poutres métalliques en profilés standards</i>	19	35	$p \leq 1$	$1 < p \leq 2$	$2 < p \leq 6$	$6 < p \leq 20$	$20 < p$

3.2 Résultats pour des ouvrages de plus faible dimension

A titre indicatif, les niveaux d'endommagements ont été évalués également pour des ouvrages ayant des dimensions en plan identiques à celles retenues dans une précédente étude, à savoir :

- pour la maison individuelle : 9 x 14 m²,
- pour le collectif : 15 x 25 m².

Pente de l'affaissement (%)	Largeur	Longueur	Niveau d'endommagement				
			N1	N2	N3	N4	N5
<i>Famille</i>	(m)	(m)					
<i>famille MI – bois ou acier</i>	9	14	$p \leq 2$	$2 < p \leq 4$	$4 < p \leq 14$	$14 < p \leq 25$	$25 < p$
<i>famille Collectif – bois ou acier</i>	15	25	$p \leq 1$	$1 < p \leq 2$	$2 < p \leq 7$	$7 < p \leq 15$	$15 < p$

3.3 Possibilité de remise en état et estimation des coûts des réparations

Dans le cas où les désordres n'affectent pas la structure de façon importante (niveau d'endommagement compris **entre N1 et N3**), des travaux de **remise en état** sont envisageables sans diagnostic particulier.

Le coût des réparations peut être estimé à 5 % du prix de la construction neuve pour le niveau N1, à 10 % pour le niveau N2 et à 20 % pour le niveau N3.

Cette estimation ne tient pas compte d'une éventuelle remise à niveau du bâtiment, dont le coût s'élève à environ 40 % du prix de la construction neuve.

Pour le **niveau N4**, seul un **diagnostic de la structure** peut juger de la pertinence d'une remise en état. Une reprise en sous-œuvre généralisée est souvent nécessaire. Dans le cas où la remise en état est décidée, le coût des travaux avoisinerait le prix du bâtiment neuf.

Enfin, une **remise en état n'est pas envisageable** pour les bâtiments ayant subi un **niveau d'endommagement N5**, compte tenu des désordres prévisibles trop importants.

4. Dispositions générales de constructibilité

Les dispositions constructives proposées ci-après en matière d'urbanisme (paragraphe implantation et voisinage) et de conception d'ouvrages (paragraphe matériaux, formes et dimensions générales, fondations, superstructure, éléments non structuraux et réseaux) ont été établies en tenant compte, dans la mesure du possible, du savoir-faire et des pratiques courantes des entreprises de la région. Elles peuvent soit avoir un caractère prescriptif lorsqu'elles concernent directement la stabilité et la tenue du clos et couvert de la construction, soit un caractère de recommandation lorsqu'elles améliorent le bon comportement de l'ouvrage par des choix constructifs judicieux.

4.1 Implantation

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

Le cas des nappes phréatiques doit faire l'objet d'une préoccupation particulière de la part des constructeurs.

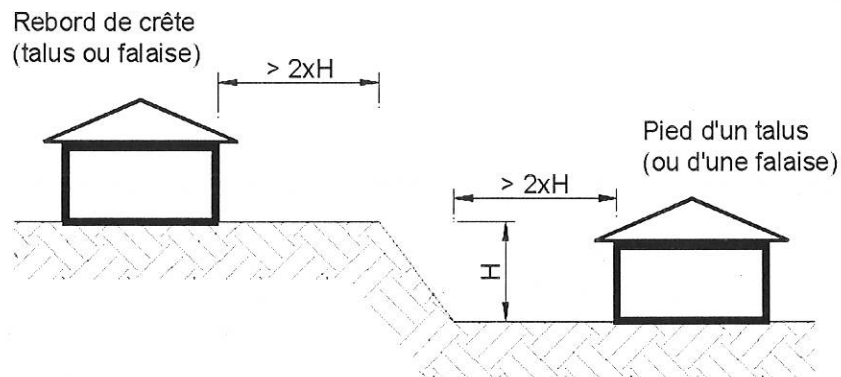
En fonction de l'affaissement final prévisible (amplitude de l'affaissement) et du niveau centennal de la nappe phréatique, un dispositif de rabattement de la nappe – permettant d'abaisser le niveau de l'eau environnante – est nécessairement à prévoir dès que le niveau exceptionnel et conventionnel des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

Ces considérations conduisent à établir les recommandations suivantes :

Recommandations :

- 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 deux fois la hauteur du talus ou de la falaise.



Implantation par rapport à des talus et à des falaises dont les pentes sont réputées stables

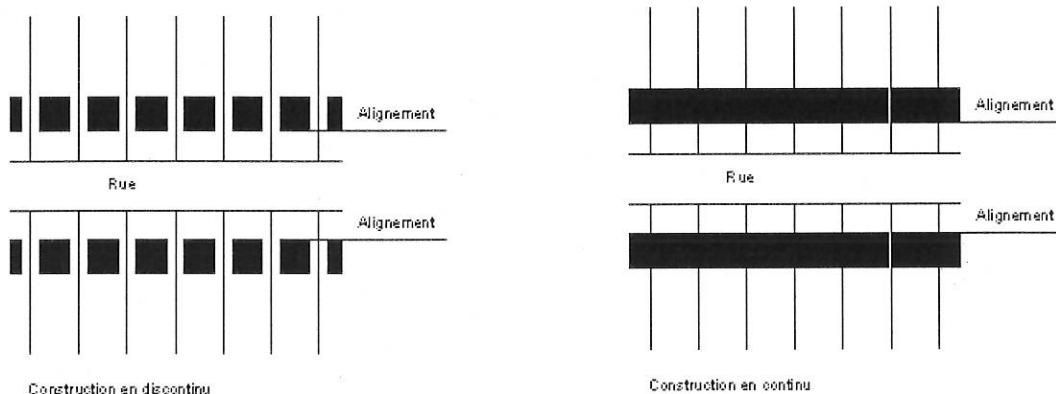
- Les bâtiments doivent être implantés en dehors d'un terrain dont la pente moyenne est supérieure à 10 %. Au-delà de cette déclivité, le risque de changements des états d'équilibre des terres n'est plus maîtrisable pour les types de constructions visées par l'étude.
- Dès qu'un rabattement de nappe est à prévoir en cas d'affaissement, il paraît plus raisonnable d'éviter la construction de bâtiments.

4.2 Voisinage

Pendant le phénomène d'affaissement, le sol subit un allongement puis un raccourcissement horizontal ; cette déformation s'amplifie d'autant plus que les pentes d'affaissement prévisibles sont élevées. A ces deux mouvements consécutifs se superpose le processus d'incurvation du sol né de la déformation verticale de surface.

L'articulation des constructions le long des rues doit permettre aux bâtiments d'être dégagés en façades et en pignons. Cette disposition constructive autorise un déplacement libre de l'ensemble des fondations sur le plan horizontal. De surcroît, la distance minimale d'isolement doit permettre une inclinaison des bâtiments sous l'effet de courbure du terrain (l'effet de cuvette est particulièrement déterminant dans cette disposition constructive).

Dans le cas de bâtiments accolés situés en milieu continu (cas des maisons en bande, par exemple), on doit prévoir un vide entre chaque maison, que l'on appellera joint d'affaissement par la suite.



La largeur des joints dépend du type de la construction et prend en compte la pente (ou le rayon de courbure) et le raccourcissement de la distance d'isolement entre les bâtiments lors de la formation « en cuvette ».

Lors de l'existence du bâtiment, les joints doivent pouvoir jouer leur rôle et doivent être protégés sur toutes leurs faces. La couverture du joint est à réaliser à l'alignement des murs extérieurs de telle sorte qu'aucun matériau n'y pénètre malencontreusement. Cette protection peut 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, par exemple.

Il faut souligner que la mise en place des joints d'affaissement constitue une mesure décisive de protection contre les dégâts d'affaissements miniers. La mise en œuvre de ces joints revêt une importance particulière et nécessite une réalisation extrêmement soignée autant que l'exigent les dispositions constructives fondamentales dans l'érection d'un bâtiment.

Ces considérations conduisent à établir les prescriptions suivantes :

Prescriptions :

- Les constructions doivent être séparées par des joints d'affaissement, dont la largeur, exprimée en centimètre, est donnée dans le tableau ci-après selon le type de bâtiment :

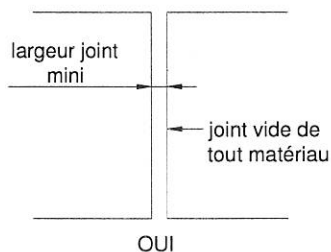
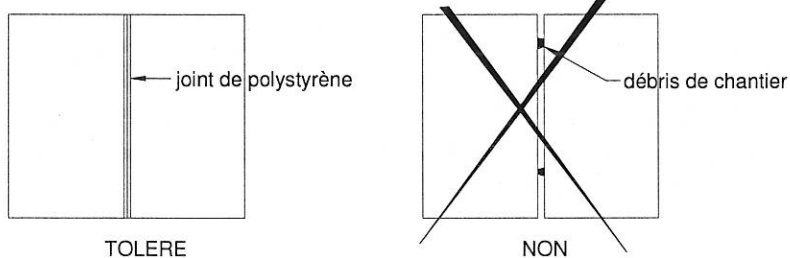
Largeurs de joint d'affaissement (cm)	Pente (%)				
	5	10	15	20	25
Famille Petit collectif	15	30	40	50	60
Famille Maison individuelle	10	20	30	40	50

Pour les valeurs de pente situées entre les valeurs indiquées dans le tableau, une règle de trois permet de déterminer la largeur du joint (exemple : le petit collectif situé dans une zone d'affaissement à pente de 13 % doit disposer d'un joint d'affaissement de largeur 36 cm).

Quand il est prévu " d'accoler " deux types ensemble, il y a lieu de retenir la plus petite des deux valeurs de largeur du joint d'affaissement.

Exemple : lorsqu'un petit collectif est accolé à une maison individuelle en zone de pente prévisible de 20 %, il faut retenir une largeur de joint de 40 cm.

- Ces joints doivent être maintenus, en permanence et dans tous les cas, libres et dégagés de tout objet ou matériaux susceptibles de l'obstruer et de le rendre impropre à sa destination première. Un joint rempli de plaques de polystyrène est toléré, à condition d'utiliser un matériau le plus compressible possible (classe CP5 selon la norme NF EN 13163).



Réalisation des joints entre bâtiments

4.3 Matériaux

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.

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 suivantes :

4.3.1 Béton (fondations, planchers)

Sable

Prescription :

Le sable de rivière doit être lavé. D'une manière générale le sable non lavé est à proscrire.

Recommandations :

Le sable de mer n'est pas recommandé car il nécessite un lavage indispensable à l'eau douce afin d'éviter la corrosion prématurée des armatures mise en place dans le béton.

Le sable de pouzzolane, compte tenu de sa forte porosité, nécessite un mouillage préalable à son utilisation. Cette précaution est rendue nécessaire afin d'éviter qu'il n'absorbe pas l'eau de gâchage utile à l'hydratation du ciment.

Gravillons

Recommandation :

Pour le béton de structure, les gravillons utilisés doivent être de granulométrie 5/15.

Béton prêt à l'emploi

Prescriptions :

En cas de béton prêt à l'emploi, la résistance caractéristique minimale du béton à la compression à 28 jours doit être de 25 MPa.

Béton fait sur chantier

Prescription :

Le dosage minimal en ciment doit être de 350 kg/m³.

Armatures pour béton

Prescriptions :

Les aciers utilisés pour constituer les armatures de béton doivent être à haute adhérence, 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 le BAEL 91 modifié 99.

4.3.2 Aciers pour charpente métallique

Prescription :

Les aciers utilisés pour la construction métallique doivent disposer d'une nuance minimale de Fe E 235 (limite élastique à 235 MPa).

Au niveau de l'ossature métallique, tous les assemblages doivent être boulonnés. Dans le cas des ossatures constituées de profilés minces, les assemblages peuvent être réalisés par vissage.

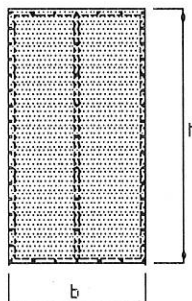
Au droit des poteaux métalliques assurant le contreventement, la liaison doit être prolongée jusqu'au bas des fondations par des chaînages verticaux. Dans le cas d'utilisation de chevilles métalliques, celles-ci doivent relever d'un Agrément Technique Européen.

4.3.3 Bois pour ossature principale

Prescriptions :

- Les panneaux utilisés dans la composition des murs doivent être résistants à l'humidité : les contreplaqués sont au moins NF Extérieur CTBX et les panneaux de particules doivent être CTBH ;
- Le nombre de panneaux de contreventement doit être identique à tous les étages ;

- Le contreventement est assuré soit par un système triangulé, soit par un voile rigide constitué d'un panneau en contreplaqué d'au moins 14 mm d'épaisseur cloué sur tous les montants de l'ossature ;



Panneau de contreventement

- La répartition des panneaux doit permettre leur superposition dans la hauteur de la construction afin d'éviter des phénomènes de torsion pouvant intervenir lors d'une inclinaison de bâtiment ;

Concernant les parements extérieurs des maisons à ossature de bois, on doit éviter les parements en maçonnerie dont le comportement sous déformations imposées est significativement différent de la structure en bois.

Les parements extérieurs constitués de deux couches d'enduit à base de ciment de chaux sur un support métallique (type métal déployé) liaisonné ou panneaux bois paraissent une mesure constructive compatible avec le comportement d'une ossature bois. Les revêtements extérieurs en enduit plastique semblent, eux aussi, convenir.

4.4 Formes et dimensions générales

Afin que les résultats de cette étude soient valables pour des formes et dimensions différentes de celles de la typologie, la conception d'un nouveau bâtiment doit répondre aux prescriptions suivantes :

Prescriptions :

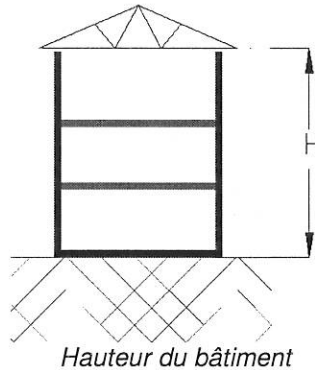
- Les bâtiments doivent avoir une forme de parallélépipède, dont le rapport entre la longueur et la largeur ne doit pas excéder 2.

$$\begin{array}{l} l \leq L \\ \text{et} \\ \frac{L}{l} \leq 2 \end{array} \quad l = \text{largeur}$$

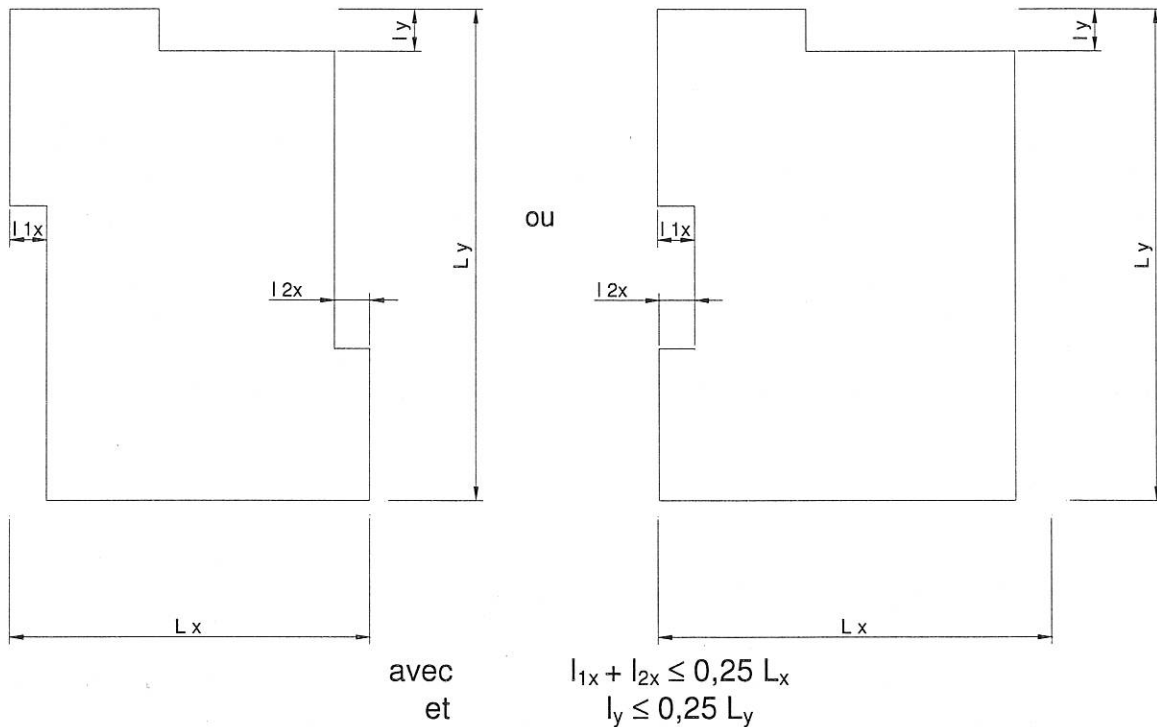
L = longueur

Vue en plan du bâtiment

- La hauteur H d'un bâtiment correspond à la distance entre le terrain fini et le dessous de la charpente.



- Les constructions présentent en plan et sur toute leur hauteur (y compris les fondations) une forme rectangulaire, ou s'écartant peu du rectangle dans les limites suivantes :



Il est admis deux décrochements dans le sens de la longueur et un dans le sens de la largeur.

- Dans le cas de formes complexes, elles doivent être ramenées à des éléments simples indépendants, tant au niveau des fondations qu'au niveau de la superstructure. En particulier, les vérandas, garages, murs de clôture, etc... doivent impérativement être désolidarisés du bâtiment.

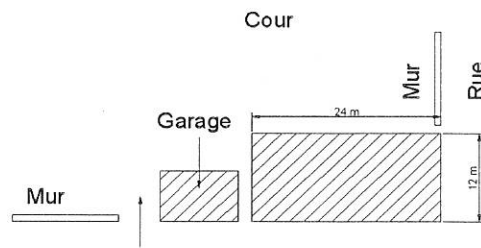
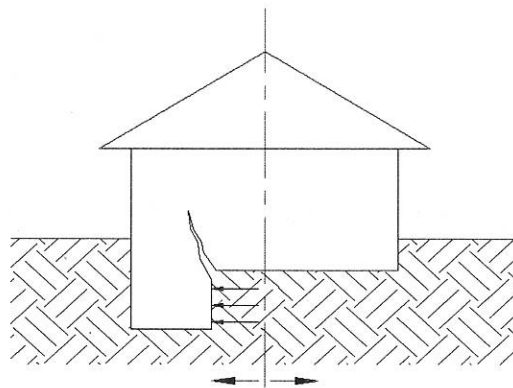


Schéma d'un immeuble simple
Fractionnement d'un bloc de bâtiments

- Les constructions ne doivent comporter aucun niveau en infrastructure, même partiel.



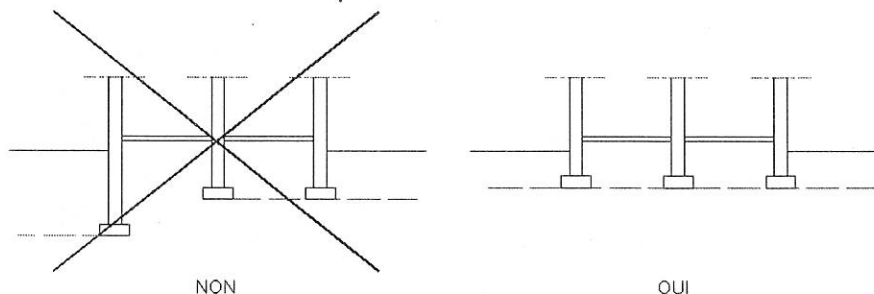
Désordre attendu dans le cas de sous-sol partiel

Les parties en saillie au dessus du sol, tel que balcons, acrotères, éléments en porte-à-faux, n'ont aucune influence sur l'interaction sol-structure.

4.5 Fondations

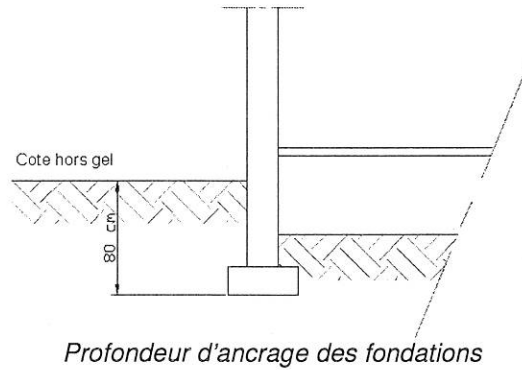
Les résultats de cette étude ne sont valables que pour des bâtiments dont les fondations sont renforcées vis-à-vis des affaissements miniers : la conception d'un nouveau bâtiment doit répondre aux prescriptions suivantes :

- Toutes les fondations doivent être fondées sur un même niveau, aucun décrochement vertical n'est permis.

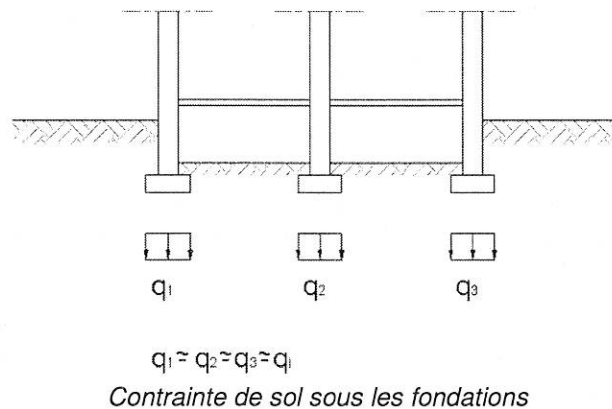


Plan d'assise des fondations

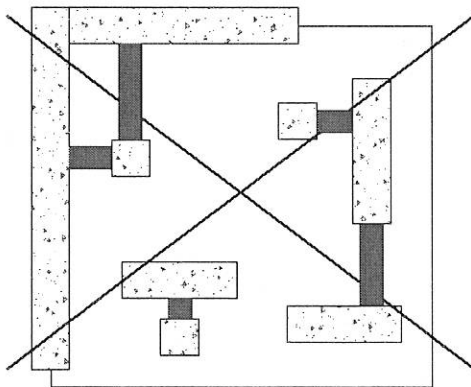
- Elles doivent être superficielles, isolées ou filantes, et ne doivent pas descendre plus bas que la cote hors gel.



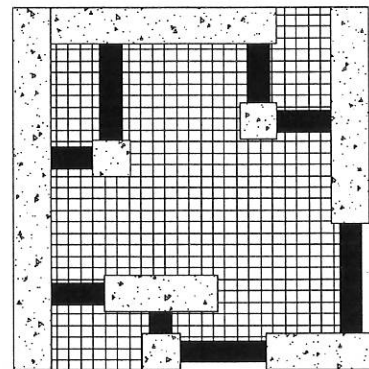
- Dans la mesure du possible, les charges seront réparties au mieux sur l'ensemble des fondations et la contrainte du sol sera la plus homogène possible.
Les fondations doivent être dimensionnées au plus juste vis-à-vis de la contrainte de calcul du sol.



- Les fondations doivent être filantes et constituer un système homogène. Dans le cas de fondations isolées, elles doivent être reliées aux autres fondations par un réseau de longrines interdisant tout déplacement relatif.



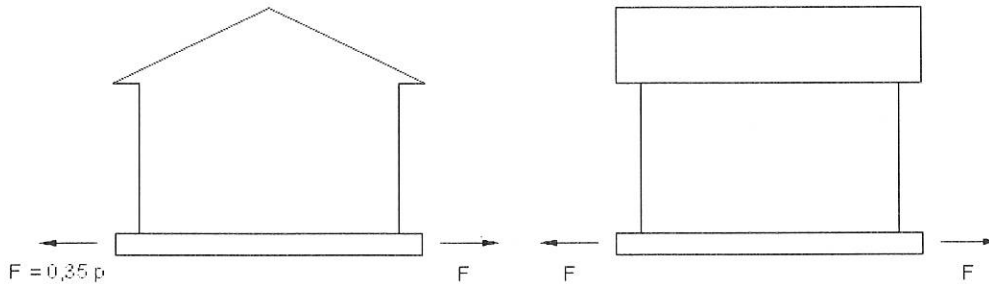
NON



OUI

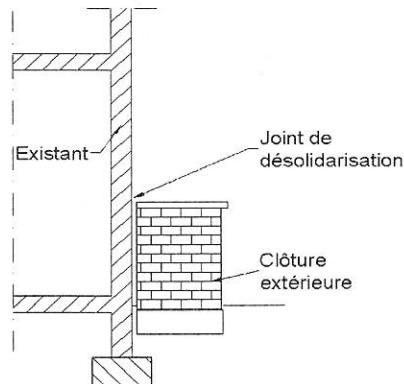
Liaisonnement des fondations

- L'ensemble des fondations doit être ferrillé conformément au BAEL 91 sous combinaisons accidentelles, pour résister à un effort de traction égal à $P \times 0,35$, selon les deux axes du bâtiment, P étant le poids du bâtiment.



Efforts horizontaux dans les fondations

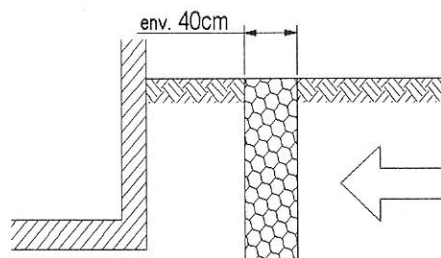
- Les fondations d'ouvrages secondaires, tels que murets, terrasse, doivent être indépendants et désolidarisés de l'ouvrage principal.

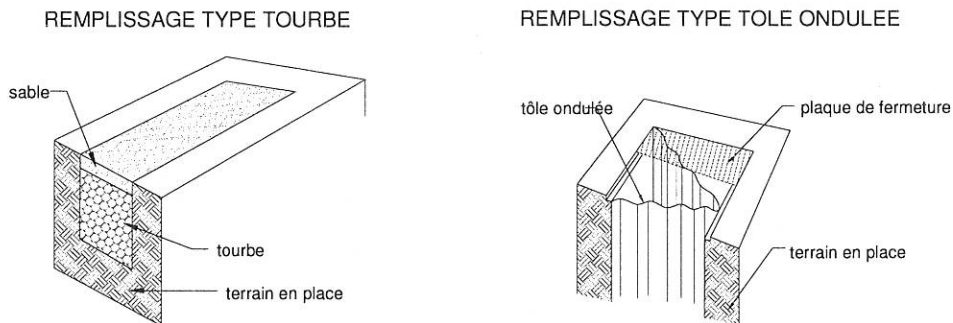


Désolidarisation des ouvrages secondaires

- Les fondations doivent être entourées par une tranchée d'éléments très compressibles, le plus proche possible du bâtiment et descendues au même niveau que les fondations.

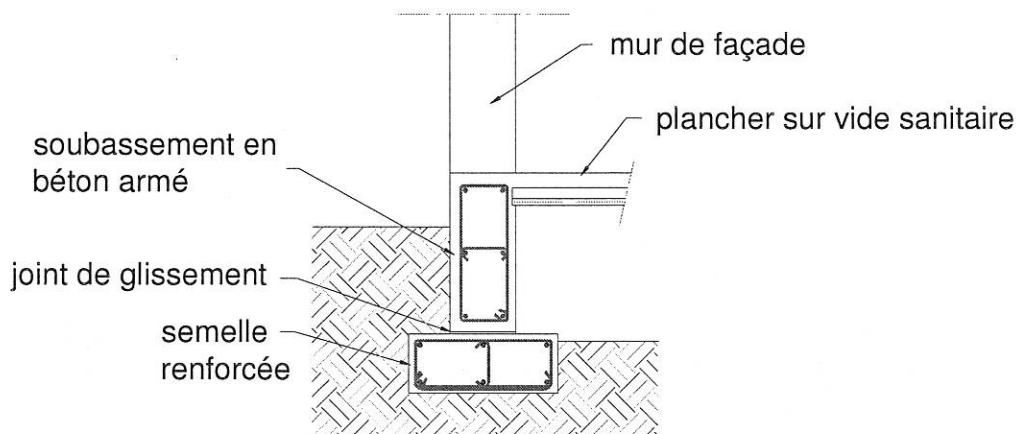
La tranchée périphérique, remplie de matériaux très compressible (module d'élasticité inférieur à 10 MPa), est susceptible d'encaisser en grande partie les déformations du sol (en zone de courbure et de compression) et de protéger ainsi les murs enterrés





Exemple de tranchée compressible périphérique

- Le plancher bas doit être sur vide sanitaire.
- Le soubassement doit être conçu comme des longrines en béton armé, désolidarisé de la semelle de fondation par un joint de glissement.



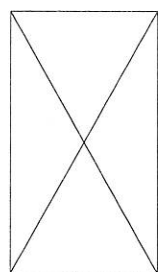
4.6 Superstructure

Les résultats de cette étude ne sont valables que pour des bâtiments dont la superstructure est renforcée vis-à-vis des affaissements miniers. La conception d'un nouveau bâtiment doit répondre aux prescriptions suivantes :

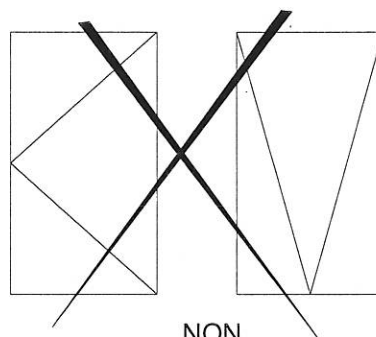
- Les poteaux doivent avoir une capacité portante d'au moins 1,4 fois celle correspondant à la somme des poutres aboutissant au nœud poteau-poutre considéré.

Dans le cas particulier des constructions métalliques

- les pieds de poteaux doivent être articulés, et non encastrés,
 - et les assemblages doivent être boulonnés ou vissés, et non soudés.
- Les planchers ne doivent pas comporter de décaissés, ils doivent être plans sur toute la surface du bâtiment.
 - Les assemblages entre éléments porteurs doivent être renforcés. Ils doivent être calculés pour des valeurs de réaction égales à 1,5 fois les réactions calculées en vent extrême (en zone 2, pression dynamique extrême de base de 105 daN/m² majorée à 157,5 daN/m²).
 - Dans le cas des structures porteuses de type poteaux-poutres, le contreventement devra être assuré soit par cadres, soit par des croix de Saint-André, les contreventements en V et en K étant proscrits.



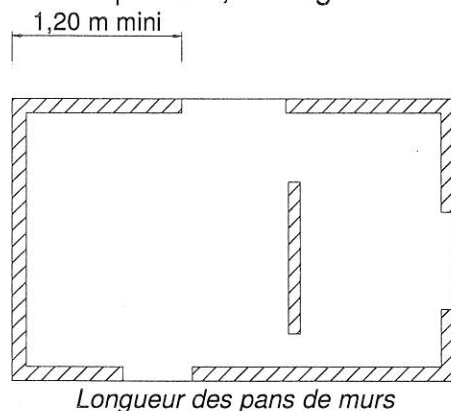
OUI



NON

Principe de contreventement

- La superstructure doit comporter des ouvertures aussi petites que possible. Elles seront placées afin de conserver au moins deux pans de murs sans aucune ouverture, sur chaque côté, de largeur minimum de 1,20 m.



4.7 Éléments non structuraux

Dans la situation d'affaissement, les éléments non structuraux n'ont aucune fonction porteuse mais peuvent être mis en charge par l'ossature porteuse qui se déforme lors de l'incurvation du sol et de la mise en pente du sol. Ces éléments non structuraux 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).

C'est pourquoi ces 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 (étanchéité des façades et cloisons, par exemple).

4.7.1 Menuiseries extérieures et façades en verre

Les 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.

Les dispositions classiques autorisent un défaut d'équerrage de 5 mm maximum, expliquant le coincement des vantaux à partir du niveau d'endommagement N2.

Prescriptions :

Il est nécessaire de limiter le nombre et la taille des ouvertures; tout élancement prononcé pouvant être préjudiciable quelles que soient les dispositions constructives envisageables.

On retiendra pour ceci des ouvertures de l'ordre de

- 80 cm pour les portes,
- 1,50 m pour les fenêtres et baies,
- 1,50 m pour les portes de garage.

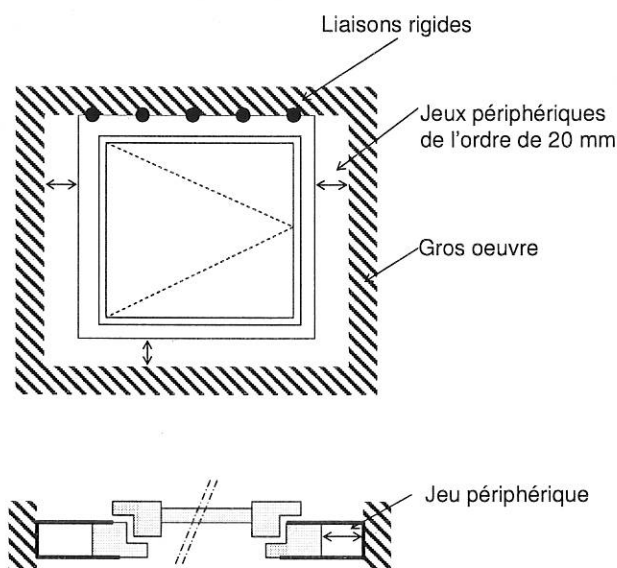
Cela conduit à exclure des ouvrants coulissants qui sont souvent de grandes dimensions et qui par ailleurs présentent un cadre dormant de faible rigidité.

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 doit être environ 20 mm pour une baie de 1,50 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, liée au gros œuvre.

Les dispositions d'étanchéité doivent également être adaptées pour conserver leur intégrité. Toute étanchéité par mastic est à exclure. Il est possible d'envisager la mise en place entre le précadre en U et le dormant des bandes de mousse imprégnées pré-comprimées ou non sur une largeur de l'ordre de 20 mm. En traverse basse de la baie, un drainage du précadre avec une bavette rejet d'eau est à prévoir.

Ce type de disposition spécifique est plus facilement réalisable lors d'une pose de la menuiserie en tableau.



Les façades en verre

D'une façon générale, les façades en verre sont à éviter en zone d'affaissements importants (pente supérieure à 3 %) compte tenu des déformations horizontales et verticales induites par l'affaissement d'une part et du caractère fragile de ces façades d'autre part. Ces façades comprennent :

- Les façades rideaux, situées entièrement en avant du nez de plancher,
- Les façades semi-rideaux, dont la paroi extérieure est située en avant du nez de plancher et la paroi intérieure située entre deux planchers consécutifs,
- Les façades panneaux, insérées entre planchers,
- Les verrières, inclinées à plus de 15° par rapport à la verticale, qui se prolongent en façade.

Prescription :

Proscrire les façades en verre.

4.7.2 Escaliers

Les escaliers peuvent être en bois, métal ou en béton armé.

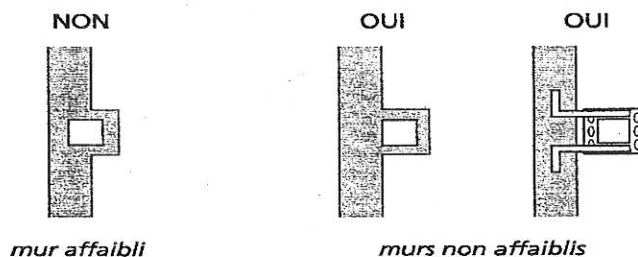
Prescriptions :

Les escaliers maçonnés et ceux sur voûte sarrasine sont interdits.
Les marches prévues en console dans les murs sont à proscrire.

4.7.3 Les 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 être aussi munies de haubanage).

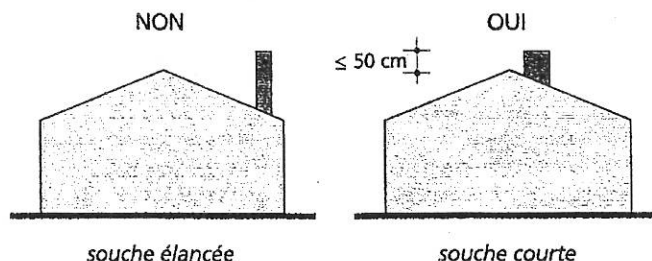


Recommandations :

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

Les conduits de fumée doivent être adossés aux murs intérieurs sans affaiblir la section résistante du mur.

A 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'élancement des souches, il est fortement recommandé d'implanter les cheminées à proximité du faitage (notamment en cas de forte inclinaison de la toiture).



4.7.4 Les toitures

La pente de la toiture doit tenir compte de la pente prévisible en cas d'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 les recommandations et prescriptions suivantes :

Les couvertures en petits éléments

Recommandations :

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 d'affaissement.

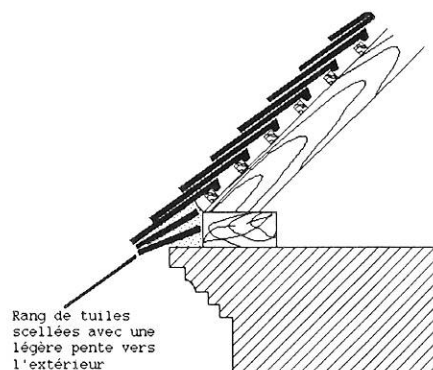
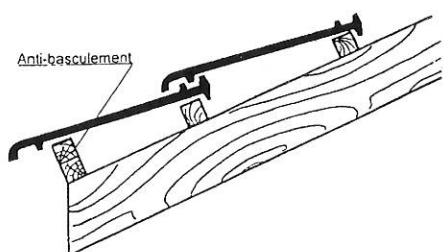
Exemple : couvertures en tuile en terre cuite petit moule à emboîtement ou à glissement à relief (DTU 40) situées en site normal, zone III (selon la carte définissant les zones d'application du DTU 40.21), avec pente prévisible d'affaissement 5 % et disposant d'un écran de sous toiture :

$$\text{Pente à prévoir} = 60 \% + 5 \% = 65 \%$$

Il faut mettre en place systématiquement 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.

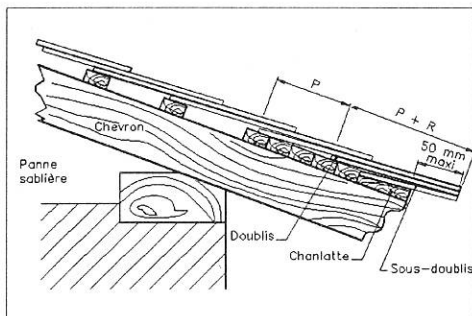
Les couvertures en tuiles plates en terre cuite ou en béton ne sont pas recommandées. Les tuiles en ardoise ou en bandeaux bitumés sont à déconseiller pour assurer la fonction d'étanchéité en cas de concomitance vent/pluie lors d'un affaissement entraînant la mise en pente du bâtiment en dehors du plan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

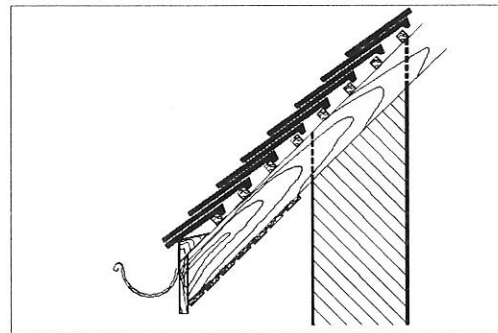


Toiture recommandée (tuile de terre cuite à emboîtement ou à glissement à relief)

Toiture déconseillée (tuile plate en terre cuite)



Tuile déconseillée (tuile ardoise)



Tuile déconseillée (tuile plate en béton)

Les gouttières et les descentes d'eau doivent être dimensionnées (section utile) selon le DTU 60.11 et en fonction de la plus grande surface « mouillée » de la toiture possible. De ce point de vue, il faut envisager les deux configurations suivantes :

- toiture inclinée en situation normale ;
- toiture inclinée en situation d'affaissement avec la pente maximale prévisible (zone du point d'inflexion de la cuvette).

De plus, il est recommandé de disposer une descente d'eau à chaque extrémité de gouttière.

4.7.5 Cloisons de distribution

Il convient d'éviter la détérioration des cloisons de séparation et de distribution entre locaux

Dans la typologie de bâtiment retenue, les cloisons rencontrées sont dites « légères », avec les éléments porteurs en bois ou métallique et les parements en plaque de plâtre ou de bois. Les cloisons lourdes (en carreaux de plâtre par exemple) ne font pas partie de la typologie étudiée et ne font donc pas l'objet des prescriptions ou des recommandations suivantes.

Les cloisons légères

Recommandations :

Il est nécessaire de découpler les cloisons de la structure afin d'améliorer leur stabilité.

Exemple de solution :

- en plaçant l'ossature de la cloison dans un profil solidaire de la structure porteuse,
- en ne liaisonnant pas les plaques de plâtre sur le profil.

4.8 Réseaux

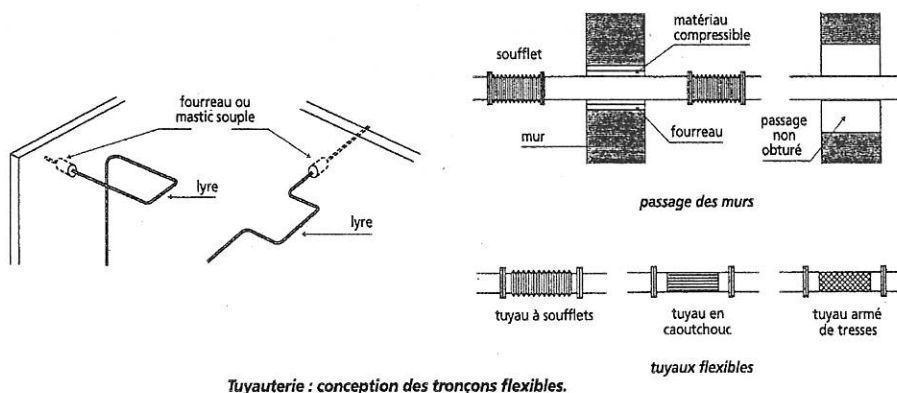
Lors de l'affaissement du terrain, il est nécessaire que les installations et les conduites de distribution puissent continuer à fonctionner et que la conception prévoit une réparation de dégâts inévitables.

Dans ce chapitre, seules les canalisations pour l'eau (réseau sous pression) et les installations d'évacuation (réseaux d'eau de pluie et d'eaux usées) sont examinées.

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. Il en découle les prescriptions et recommandations suivantes :

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.



Aucune canalisation n'est à prévoir dans l'emplacement libre des joints d'affaissements (cf. § 4.2).

Recommandations :

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 extérieures (installations de raccordement au réseau public) et le bâtiment et celles entre le bâtiment et l'égout doivent être placées pour les constructions au milieu de la façade avant (à cet endroit le déplacement entre la fondation et le sol est minimal). Les canalisations peuvent être regroupées dans un emplacement prévu à cet effet (puisard) et 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 pente des canalisations lors de l'inclinaison du bâtiment permet la vidange des installations d'eau sous pression.

4.9 Les limites d'application de l'étude

D'une part, la présente étude ne vise pas les modifications ultérieures apportées sur une construction neuve ayant fait l'objet des préconisations constructives précitées. Les modifications sont à considérer comme une nouvelle construction et sortent du champ d'application du guide. Il peut s'agir :

- de démolition partielle ou totale des panneaux de contreventement ;
- de démolition partielle ou totale de planchers ;
- de transformation de combles non aménagés en étages habitables ;
- de surélévation partielle ou total d'un ou plusieurs niveaux.

D'autre part, les dispositions constructives préconisées dans cette étude reposent sur des solutions types et résultent de dimensionnement forfaitaire. De ce point de vue des études particulières restent toujours envisageables dans la mesure où elles sont effectuées par des bureaux d'études spécialisés. Ces études pourront alors reposer sur des hypothèses plus larges que celles retenues dans ce document et permettre un dimensionnement adapté à un projet architectural particulier (emprise au sol non rectangulaire, grand nombre d'étages...).

4.10 Comparatif avec le système constructif en maçonnerie

Après analyse du comportement des ouvrages en fonction de la nature des éléments porteurs, il s'avère que les modes constructifs bois et acier sont équivalents, et donnent de meilleurs résultats que les ossatures maçonnées. En particulier, pour un même niveau d'endommagement N3 et pour une même pente admissible, les dimensions en plan sont plus importantes.

De plus, le poids des ouvrages en bois ou acier est plus léger que celui des ouvrages maçonnés, ce qui laisse présager un meilleur comportement des fondations en cas d'affaissement minier.

A titre d'illustration, la superficie en plan admise pour une maison individuelle passe de 126 m² pour une ossature maçonnée à 170 m² pour une ossature bois ou acier (200 m² pour les ossatures aciers en profilés du commerce).

De plus, les modes constructifs alternatifs présentent des avantages architecturaux, tels que possibilités de décrochements en façades, ou tailles des ouvertures un peu plus grandes.

5. Sécurité des occupants

L'endommagement des bâtiments soumis à des actions d'affaissement minier définies dans le cadre de l'étude effectuée par le CSTB est classé en 5 niveaux N₁ à N₅. La définition succincte de ces niveaux est rappelée ci-dessous :

Niveau d'endommagement	Importance du dommage
N1	très léger ou négligeable
N2	léger
N3	appréciable
N4	sévère
N5	très sévère

On constate que le premier niveau N₁ est un niveau pour lequel les déformations sont faibles et n'engendrent au sein de la construction que des désordres visuels. Ce premier niveau n'occasionne pas de modification de géométrie des éléments du bâtiment, susceptibles de compromettre la sécurité des occupants.

Le niveau N2 est un niveau pour lequel les déformations restent faibles, et il peut tout au plus entraîner le coincement des fenêtres et des portes. Pour ce niveau, 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, au travers des connaissances qu'on en a aujourd'hui. Il n'y a pas de risque intrinsèquement lié à la chute d'objets ou d'éléments d'équipements, 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 ce niveau N2 serait une panique des occupants ne pouvant pas sortir du fait du coincement des portes et fenêtres, et tentant par là des évacuations risquées (saut de fenêtres, par exemple). Mais ce risque reste extrêmement 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.

Le niveau N₃, plus sévère que le précédent, présente un risque de panique accentué par rapport à ce qui est décrit ci-dessus pour le niveau N₂. Mais ce niveau est réputé pouvant également conduire à des ruptures de canalisations. 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. Dans ces conditions, il convient de proscrire les installations au gaz.

Les deux derniers niveaux, N₄ et N₅, sont définis comme donnant lieu à des changements de géométrie (sols en pente, murs hors d'aplomb, etc.) et à 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 que l'on ne saurait pas pondérer 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 précédemment pour les niveaux N₂ et N₃, pour lesquels il s'agissait d'une situation d'amorce de désordres.

Il est donc déconseillé, pour ces niveaux d'endommagement, d'autoriser la construction des bâtiments étudiés ci avant. Une construction ne serait envisageable qu'avec des mesures préventives plus sévères.

En résumé, pour les niveaux d'endommagement N₁, N₂, 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'équipements et du caractère progressif de l'affaissement. Concernant les niveaux N₄ et N₅, la sécurité des occupants peut être menacée en l'absence de dispositifs de surveillance adaptés.

