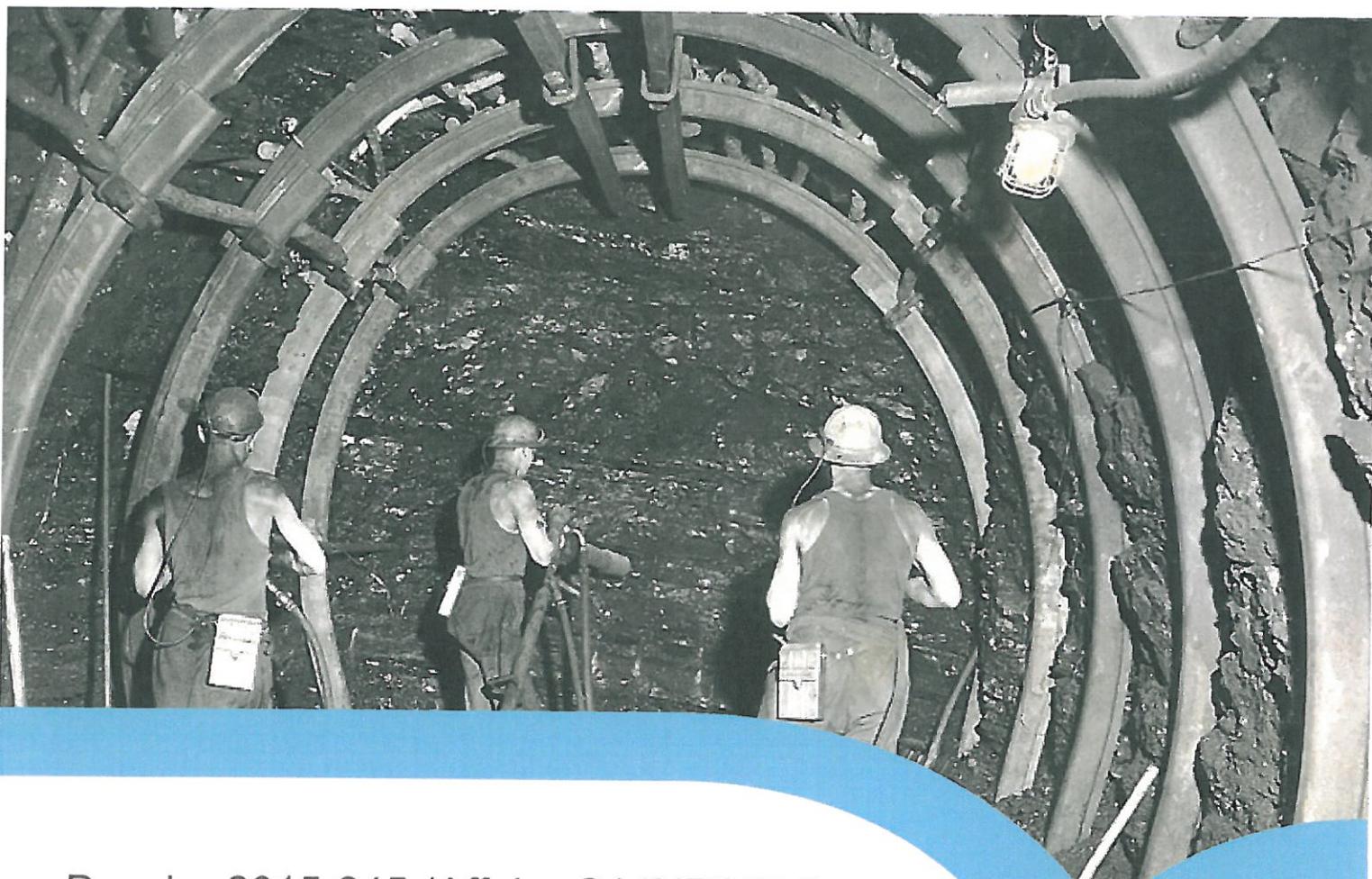


# Étude comparative des dispositions constructives pour les aléas effondrement localisé, affaissement, tassement, sismique et retrait gonflement.



Dossier 2015-245 (Affaire C14NR0204)  
Septembre 2015



## Bordereau Documentaire

Les informations en gras sont obligatoires.

### Informations du document

**Titre** Étude comparative des dispositions constructives pour les aléas effondrement localisé, affaissement, tassement, sismique et retrait gonflement.

Sous-titre

**Date du document** septembre 2015

**Diffusion**  Confidentiel (diffusion réservée au CEREMA)  
 Diffusion restreinte au ministère  
 Diffusion libre

**Support**  Papier  
 Électronique

### Auteurs

#### Auteur N°1

**Prénom** Cédric  
**Nom** Lefebvre  
Rôle  
Qualité

### Organisme Auteur

#### Organisme Auteur N°1

**Nom de l'organisme** Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Sigle de l'organisme CEREMA Dter Nord Picardie

Nom de la division Maîtrise des Risques et Géotechnique

**Adresse** 151 rue de Paris – 02 100 Saint-Quentin

Numéro de téléphone 03 23 06 18 00

Adresse mail

Adresse du site web

### Organisme Commanditaire

#### Organisme Commanditaire N°1

**Nom de l'organisme** DDTM 59

Sigle de l'organisme

Nom de la division           SSRC/PPR  
Adresse                       62 bd de Belfort – CS 90007 – 59042 LILLE CEDEX  
Numéro de téléphone  
Adresse mail  
Adresse du site web

### **Informations Contractuelles**

Statut du rapport	Document de travail
Nature du rapport	Rapport d'étude
Numéro de contrat	
Numéro d'affaire	C15RR0206
Numéro du chapitre budgétaire	
ISRN	
Programme	

### **Résumé**

Suite à l'étude des aléas miniers dans le Nord et le Pas-de-Calais réalisée par GEODERIS, des plans de prévention des risques (PPR) miniers sont en cours d'élaboration. Pour certains types et niveaux d'aléas, la constructibilité sera soumise à des prescriptions.

Les secteurs concernés par les aléas miniers peuvent se trouver dans des périmètres soumis à d'autres risques mouvements de terrain.

La présente étude, réalisée à la demande de la DDTM59, vise à proposer les dispositions constructives des zones soumises à deux aléas parmi les suivants :

- tassements,
- effondrements localisés,
- affaissements miniers,
- retrait-gonflement,
- sismiques.

## Bordereau d'envoi

<b>Dossier 2015-245 (affaire C14NR0204)</b> <b>Étude comparative des dispositions constructives pour les aléas effondrement localisé, affaissement, tassement, sismique et retrait gonflement.</b>	
Désignation des pièces	Nombre
<b>Rapport</b>	<b>1 ex</b>

**Destinataires****Monsieur Jérôme CANDELLIER**

DDTM 59  
SSRC/PPR  
62 boulevard de Belfort  
CS90007  
59042 LILLE CEDEX

Groupe Maîtrise des Risques et Géotechnique (1 ex)  
Archives Département (1 ex)  
Médiathèque – support informatique (1 ex)

Saint-Quentin, le 25 septembre 2015

Le responsable du Département  
Risques et Développement des Territoires



Philippe CHABANNE



Étude réalisée à la demande de M. Jérôme Candellier  
DDTM59/SSRC/PPR

Ont participé à l'étude :  
Cédric Lefebvre Dter Nord Picardie  
Sophie Legrand Dter Nord Picardie  
Julien Habert Dter Nord Picardie

Rapport rédigé par Cédric Lefebvre le 17/09/2015



Rapport vérifié par Caroline Maurin le 24/09/2015



Rapport validé par Véronique Berche le 25/09/2015



### Direction Territoriale Nord-Picardie

#### Département Risques et Développement des Territoires

Siège  
2, rue de Bruxelles  
BP 275  
59019 Lille CEDEX  
Tél 03 20 49 60 00  
Fax 03 20 53 15 25

Site de Haubourdin  
42 bis, rue Marais  
Sequedin – BP 10099  
59482 Haubourdin CEDEX  
Tél 03 20 48 49 49  
Fax 03 20 50 55 09

Site de Saint-Quentin  
151, rue de Paris  
02100 Saint-Quentin  
Tél 03 23 06 18 00  
Fax 03 23 64 11 22

Mél : DterNP@cerema.fr – Internet : www.cerema.fr

Dter Nord-Picardie \ RDT \ MRG - Dossier 2015-245 (C14NR0204)



## Sommaire

Contexte de l'étude.....	3
Références.....	3
Les aléas.....	3
Les dispositions constructives.....	5
Les comparaisons.....	8
Les incompatibilités.....	10
Conclusion.....	11



**Contexte de l'étude** Suite à l'étude des aléas miniers dans le Nord et le Pas-de-Calais réalisée par GEODERIS, des plans de prévention des risques (PPR) miniers sont en cours d'élaboration. Pour certains types et niveaux d'aléas, la constructibilité sera soumise à des prescriptions.

Les secteurs concernés par les aléas miniers peuvent se trouver dans des périmètres soumis à d'autres risques mouvements de terrain.

La présente étude, réalisée à la demande de la DDTM59, vise à proposer les dispositions constructives des zones soumises à deux aléas parmi les suivants :

- tassements,
- effondrements localisés,
- affaissements miniers,
- retrait-gonflement,
- sismiques.

## Références

Les dispositions constructives prises comme référence pour l'étude sont issues des guides suivants :

Type d'aléa	Guide de référence
Effondrement localisé	Guide de dispositions constructives pour le bâti neuf situé en zone d'aléa de type fontis. (CSTB 29/10/2012)
Affaissement minier progressif	Guide de dispositions constructives pour le bâti neuf situé en zone d'aléa de type affaissement progressif. (CSTB, 17/11/2011)
Sismique	Règles PS-MI 89 révisées 92 – NF P06-014
Retrait gonflement	Le retrait gonflement des argiles. – Comment prévenir les désordres dans l'habitat individuel ? MEDAD août 2007. Retrait et gonflement des argiles – Conseils aux constructeurs de maisons neuves. IFSTTAR et CSTB à paraître
Tassement minier	En raison de la similitude des mouvements de tassement et des retraits dus aux argiles, les guides de références sont ceux du retrait gonflement expurgés des prescriptions portant sur la végétation.

Les guides de référence traitent des maisons neuves aux formes simples. Pour les bâtiments plus complexes, il faut procéder à des études spécifiques.

Les aléas miniers traités sont issus des études d'aléas de GEODERIS pour le Nord Pas-De-Calais.

## Les aléas

Les aléas étudiés sont des aléas mouvements de terrains miniers ou non.

**Effondrement localisé** Dans le cadre de cette étude, il s'agit d'un effondrement minier dont le diamètre ne dépasse pas 5 m et qui serait dû à des travaux souterrains à faible profondeur. Les dispositions constructives seraient également valables pour un effondrement ayant les mêmes caractéristiques mais dû à des cavités non minières.

**Affaissement minier progressif** L'affaissement progressif est un aléa minier. Il s'agit d'un mouvement de terrain vertical dû à des vides souterrains. Le phénomène est moins brutal que l'effondrement localisé mais concerne de plus grandes surfaces. Les secteurs concernés par cet aléa sont soit :

- des galeries trop profondes pour générer un effondrement,
- des vides à faible profondeur partiellement remblayés,
- des zones périphériques aux puits traversant les sables du wealdien qui pourraient s'ébouler dans les puits et provoquer des affaissements en surface.

Les affaissements progressifs sont dommageables pour le bâti, car ils entraînent une déformation du sol support et une mise en pente de la construction.

L'intensité de l'aléa affaissement progressif est donc définie par la pente attendue suite au mouvement de terrain.

Classe d'intensité	Mise en pente (en %)
Très limitée	$0 < P < 1$
Limitée	$1 < P < 3$
Modérée	$3 < P < 6$
Elevée	$P > 6$

Fig : 1 Extrait du projet de guide Élaboration des PPR M de l'Inéris

**Sismique** Lors d'un séisme, les bâtiments peuvent être endommagés par les mouvements induits, soit par les vibrations, soit par la liquéfaction du sol (particulièrement certains sables).

L'intensité de l'aléa sismique est donc définie par l'amplitude et la fréquence des vibrations potentielles. Ces valeurs dépendent du type de sol et de la distance par rapport à la source du séisme. Le coefficient représentatif de ces valeurs est l'accélération du sol « au rocher » (agr).

Il existe 5 zones de sismicité différentes. Dans le Nord Pas-de-Calais, les niveaux d'aléas sont :

- très faible (zone 1),
- faible (zone 2),
- modéré (zone 3).

**Retrait gonflement** L'aléa retrait gonflement des argiles est dû aux variations d'humidité des sols argileux. Lorsque leur teneur en eau varie, leur volume change. Ce phénomène entraîne des mouvements de la partie superficielle des terrains qui peuvent provoquer des désordres sur le bâti et particulièrement sur le bâti léger. L'intensité de l'aléa est déduite de la sensibilité des sols au phénomène. Le projet de guide intègre également une notion de condition environnementale qui pourrait être favorable ou défavorable et donc majorante ou minorante sur le niveau d'aléa.

**Tassement minier** L'aléa tassement est dû à la recompaction de matériaux meubles à faible

profondeur. Cette configuration est possible sur les terrils ainsi qu'au droit de travaux souterrains foudroyés comme les galeries de services, les dynamitières ou les mines-images. Ce phénomène entraîne des tassements différentiels qui peuvent être dommageables pour le bâti.

---

## Les dispositions constructives

Les dispositions constructives sont détaillées dans les guides de référence respectifs. Dans le cadre de cette étude, quelques modifications ont été apportées :

- lorsqu'il s'agissait simplement d'un rappel des règles de l'art, et dans le but d'aboutir à un résultat le plus lisible possible, ces règles n'ont pas été reprises in-extenso,
- les références normatives obsolètes ont été, soit mises à jour, soit remplacées par une dénomination générique désignant les documents de référence en vigueur,
- des explications ou petites corrections sont mentionnées particulièrement pour ce qui concerne les fondations.

L'ensemble des remarques ont été transmises au pôle de compétence et d'innovation (PCI) « Urbanisme de prévention des risques naturels et miniers » du Cerema afin qu'elles soient transmises à la DGPR.

### *Effondrement localisé*

Le guide de dispositions constructives pour le bâti neuf situé en zone d'aléa de type fontis (CSTB 29/10/2012), expose l'ensemble des mesures nécessaires, pour conforter un bâtiment simple en termes de forme. Pour les bâtiments plus complexes, une étude spécifique doit être réalisée.

L'objectif des renforcements est de limiter le niveau d'endommagement au niveau 3 pour lequel la sécurité des occupants n'est pas menacée.

L'idée directrice du guide est de réaliser un aménagement dont les éléments structurants (murs porteurs, planchers, fondations...) peuvent résister aux mouvements (murs et planchers) et à la perte d'appui (fondation) équivalents à un fontis de 5 m de diamètre maximum.

Pour les fondations, le guide précise les conditions nécessaires pour les fondations superficielles et pour les fondations profondes.

Les fondations superficielles doivent être « les plus superficielles possibles » et donc ne pas descendre sous la côte hors-gel que le guide fixe à 0,8 m. Maintenir des fondations très superficielles permet de limiter leur zone d'influence en profondeur dans l'éventualité d'une cavité très proche de la surface. Cette mesure permet ainsi de limiter l'impact de l'aménagement sur la cavité. Par contre la profondeur maximum des fondations superficielles comme les semelles filantes ne peut-être fixée à 0,8 m qui n'est pas la côte hors-gel sur l'ensemble du territoire. La valeur dépend du climat et de l'altitude. Sans prendre en compte l'altitude, dans le Nord Pas-de-Calais, la valeur varie de 0,5 m à 0,8 m.

À la lecture de la carte suivante, sur le littoral, par exemple, la profondeur maximum d'une fondation sur semelles filantes dans une zone d'aléa effondrement localisé devrait donc être 0,5 m et non pas 0,8 m.



Profondeur de mise hors gel  $d = d_0 + \frac{A - 150}{200} \times 0.05$  (d,  $d_0$ , A en mètres)

A = altitude

$d_0$  = valeur lue sur la carte pour  $A \leq 150$  m

Fig 2 : Carte de répartition des côtes hors-gel.

Pour les fondations profondes, le guide déconseille les pieux « flottants » et favorise l'utilisation de pieux sur substrat résistant donc sous la cavité.

De manière générale, l'utilisation de ce type de pieux semble disproportionnée pour des bâtiments de taille réduite. Cette solution doit être validée par une étude spécifique. Le terme de pieux « flottants » n'est pas approprié pour désigner strictement les pieux qui ne seraient pas plus profonds que la cavité. En effet un pieux flottant est un pieu dont la résistance par frottement est plus grande que la résistance de pointe. Les pieux qui dépassent en profondeur la cavité peuvent être « des pieux flottants ».

La possibilité d'utiliser des pieux flottants est donc écartée alors que leur dimensionnement pourrait permettre de reprendre les pertes d'appui liées à la survenance d'un fontis par une redistribution des charges.

Pour les matériaux et les armatures à utiliser, le guide est très précis, mais il ne s'agit pas de matériaux ou d'armature permettant de renforcer la structure. Ces points sont des rappels des règles de l'art.

**Affaissement minier progressif** Le guide de dispositions constructives pour le bâti neuf situé en zone d'aléa de type affaissement progressif (CSTB, 17/11/2011) définit le niveau d'endommagement attendu par type de bâtiment (5 types différents) :

- bâtiment à rez-de-chaussée, à ossature en béton avec façade ouverte

(annexe, garage, abri...),

- bâtiment à rez-de-chaussée et un étage partiel, à ossature en béton (salle de fête, cantine, petit ERP...),
- bâtiment à rez-de-chaussée et un étage, à ossature en béton (maison individuelle...),
- bâtiment à rez-de-chaussée et trois étages, à ossature en béton (bâtiment d'habitation collectif, bureaux...),
- bâtiment à rez-de-chaussée, à ossature métallique (entrepôt, bâtiment d'activité...).

par niveau de renforcement (2 niveaux) :

- bâtiments faiblement renforcés,
- bâtiments fortement renforcés.

et par la pente issue de l'affaissement.

Dans le cadre des PPR en cours d'élaboration, le but est de garantir la sécurité des personnes. Le niveau d'endommagement maximum acceptable est donc de 3.

Le guide ne fait pas de lien direct avec le niveau d'aléa. Le seul lien pourrait être la valeur de la pente, mais les intervalles de pente exprimés dans le guide varient en fonction du type de bâtiment et du niveau de renforcement. Ils sont de plus différents des intervalles de pente retenus pour déterminer les intensités d'aléas en PPR minier (voir Fig 1).

3.1.3 Type 3 - Bâtiment à rez-de-chaussée et un étage, à ossature en béton.

Exemple d'usage : maison individuelle.

Pente de l'affaissement (%)	Niveau d'endommagement du bâtiment de type 3				
	N1	N2	N3	N4	N5
Type 3 <u>fortement</u> renforcé	$p \leq 2$	$2 < p \leq 3$	$3 < p \leq 11$	$11 < p \leq 21$	$21 < p$
Type 3 <u>faiblement</u> renforcé	$p \leq 1$	$1 < p \leq 2$	$2 < p \leq 5$	$5 < p \leq 11$	$11 < p$

Fig 3 : Extrait du guide CSTB – Relation entre niveau d'endommagement, renforcement et pente d'affaissement pour les maisons individuelles.

Dans le cadre des PPR miniers du Nord, seule la pente de l'affaissement potentiel de la veine Saint-George à Vieux-Condés est chiffrée par GEODERIS. Sa valeur est de 2 %.

Concernant l'affaissement minier progressif, la présente étude s'est donc portée sur ce cas spécifique.

L'idée générale des dispositions constructives listées par le guide est de réaliser un bloc rigidifié qui pourrait « coulisser » sur ses fondations. Les éléments structurants doivent donc être renforcés et un joint de glissement entre la semelle et le soubassement doit être mis en place. Les fondations sur pieux ne sont pas évoquées peut-être à cause des frottements négatifs engendrés par l'affaissement ou à cause de la composante horizontale des

contraintes lors de l'affaissement.

Comme pour le guide de dispositions constructives pour le bâti neuf situé en zone d'aléa de type fontis, la profondeur maximum des fondations est celle de la côte hors-gel et celle-ci est fixée par « erreur » à 0,8 m.

**Sismique** Pour le secteur d'étude, le zonage sismique maximum est de 3. Pour le zonage sismique 1, il n'y a pas d'exigence particulière sur le bâti neuf. Pour le zonage sismique 2, les exigences (eurocode 8) portent sur certains bâtiments sensibles ou de grande hauteur. Pour le zonage sismique 3, l'eurocode 8 s'applique aux mêmes types de bâtiments que précédemment ainsi qu'aux habitations collectives. Pour les habitations individuelles, c'est la norme NF P06-014 qui doit s'appliquer. Pour pouvoir appliquer l'eurocode 8, il faut des études spécifiques. La présente étude porte donc sur les maisons individuelles simples dont les prescriptions parasismiques sont régies par la norme NF P06-014 et dont le but est de renforcer la structure et les fondations.

**Retrait gonflement** Les documents de référence préconisent des mesures sur les projets de construction, sur les plantations environnantes et sur la gestion de l'infiltration des eaux. Pour le guide « Retrait et gonflement des argiles – Conseils aux constructeurs de maisons neuves. IFSTTAR et CSTB » à paraître, ces préconisations sont de différents niveaux et dépendent de la sensibilité des terrains au retrait/gonflement. L'idée directrice du document est de définir une profondeur minimum pour les fondations, de renforcer la structure, de limiter l'impact de la végétation sur l'assèchement des sols et de limiter les infiltrations d'eau proches du bâtiment.

**Tassement minier** Les tassements miniers provoquent des tassements différentiels qui sont assimilables au phénomène de retrait dû aux argiles. Les dispositions constructives sont donc les mêmes hormis celles portant sur la végétation.

---

## Les comparaisons

Pour comparer les dispositions constructives, elles ont été synthétisées sous forme de tableaux qui figurent en annexe. Les deux premières colonnes de chaque tableau résument les dispositions pour un aléa. La troisième colonne liste les préconisations conformes à un secteur soumis à la conjonction des deux aléas.

Les dispositions constructives sont dans la plupart des cas classées suivant la trame des guides :

- formes du bâti,
- environnement,
- fondations,
- structure porteuse,
- éléments non structurants,
- réseaux d'eau.

Pour chacun de ces points, les dispositions constructives ont été comparées.

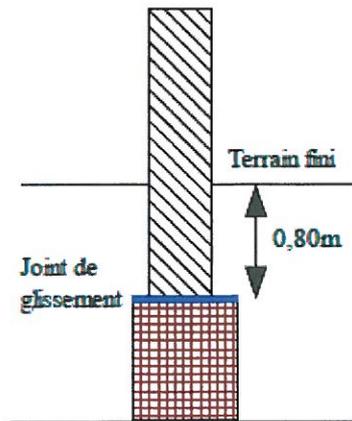
Les comparaisons ont débouché sur trois types de cas :

- complémentarité des préconisations (le résultat est le cumul des préconisations de chacun des deux aléas),
- les préconisations d'un seul aléa permettent de se prémunir également du second,

- incompatibilité partielle des dispositions constructives (cela conduit à l'impossibilité de construire certains types de bâtiments ou dans certains secteurs).

Le tableau suivant synthétise les résultats.

	Incompatibilités	Dispositions constructives	
<i>Effondrement localisé et retrait gonflement</i>	Pas d'incompatibilité bloquante	Cumulées	Identiques à l'exception des mesures sur la végétation pour le retrait gonflement.
<i>Effondrement localisé et tassements</i>	Pas d'incompatibilité bloquante	Cumulées	
<i>Retrait gonflements et tassements</i>	Pas d'incompatibilité bloquante	Retrait gonflement	Ce cas n'est pas détaillé en annexe puisque les préconisations sont toutes issues des guides retrait gonflement.
<i>Tassements et sismique</i>	Pas d'incompatibilité bloquante	Cumulées	Par rapport aux tassements, il faut renforcer les fondations et fixer les éléments non structurants.
<i>Effondrement localisé et sismique</i>	Pas d'incompatibilité bloquante	Cumulées	Très proches des dispositions pour les fontis.
<i>Affaissement p=2 % et retrait gonflement</i>	<p>- Impossibilité de construire des bâtiments fortement renforcés au sens du guide affaissement du CSTB.</p> <p>- Impossibilité de construire sur les sols de sensibilité 3 au retrait gonflement selon le projet de guide IFSTTAR/CSTB.</p>	Cumulées sauf pour les points bloquants	Pour la plupart, les prescriptions sont cumulées. Pour les fondations, le cumul est impossible. Pour se prémunir du retrait gonflement, les fondations doivent atteindre une certaine profondeur alors que le guide affaissement du CSTB impose des fondations les plus superficielles possibles. La mise en place d'un joint peut résoudre une partie des cas (voir Fig 4 suivante).
<i>Affaissement p=2 % et tassement</i>	Impossibilité de construire des bâtiments fortement renforcés au sens du guide affaissement du CSTB.	Cumulées sauf pour les points bloquants	L'incompatibilité sur la présence d'un joint et la rigidification des fondations conduit à l'impossibilité de construire des bâtiments fortement renforcés.
<i>Affaissement p=2 % et sismique</i>	Pas d'incompatibilité bloquante	Cumulées	Très proches des dispositions pour l'affaissement.



Le joint de glissement est positionné à la profondeur de la cote hors-gel (0,8 m dans l'exemple) conformément aux préconisations en cas d'affaissements miniers. La profondeur de l'encastrement est libre est peut être conforme aux préconisations en cas de retrait gonflement.

Fig 4 : Extrait de l'étude du CSTB pour la DDT57

## Les incompatibilités

Les incompatibilités bloquantes concernent la comparaison entre le retrait gonflement ou le tassement et l'affaissement.

Pour construire un bâtiment fortement renforcé au sens du guide affaissement du CSTB, il faut rigidifier le soubassement. C'est incompatible avec la présence d'un joint à la profondeur de la cote hors-gel. La même situation existe pour la comparaison entre les dispositions constructives en zone d'aléa tassement et en zone d'aléa affaissement.

Pour construire sur les sols de sensibilité 3 au retrait gonflement, il faut des soubassements monoblocs au sens du projet de guide retrait gonflement. Il n'est donc pas possible de construire dans ces zones si elles sont également soumises aux affaissements miniers.

### Cas de la veine Saint-George

Pour la veine Saint-George, la pente attendue suite à un affaissement est de 2 %. Dans ce cas, les bâtiments faiblement renforcés sont acceptables puisque le phénomène générerait des niveaux d'endommagement inférieurs à 3.

La sensibilité au retrait gonflement de la zone est à étudier.

La comparaison entre l'affaissement spécifique à la Veine Saint-George et l'effondrement localisé n'a pas été étudié puisque les cartes d'aléas de GEODERIS montrent que les deux aléas ne se superposent pas dans ce secteur.

### Bâtiments séparés ou liés ?

Pour les fondations, les dispositions constructives sur fontis sont de réaliser des fondations les plus « larges » possibles. Le guide préconise donc que des bâtiments mitoyens aient des fondations liées, sinon ils doivent être séparés d'une distance égale à la hauteur du plus grand bâtiment.

Pour tous les autres phénomènes, il est préférable de réaliser des constructions en bloc et de séparer les blocs voisins par un joint.

Dans le cas des zones soumises à l'aléa effondrement localisé et à un des autres aléas étudiés, il faudra donc :

- soit que les constructions mitoyennes forment un seul bloc avec des fondations liées,
- soit que les constructions soient séparées par une distance égale à la hauteur du plus grand bâtiment.

---

## Conclusion

L'étude réalisée à la demande de la DDTM du Nord a permis de montrer que les superpositions d'aléas étudiées ne sont pas bloquantes à priori pour les projets de constructions « simples » à venir.

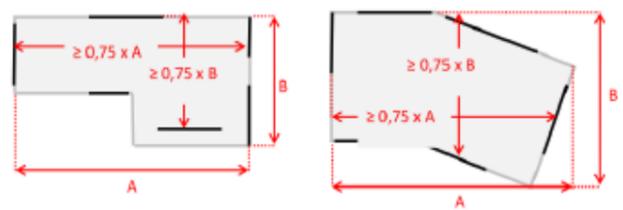
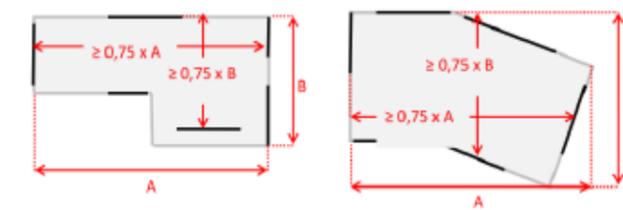
Pour les projets plus complexes, il faudra réaliser des études spécifiques au cas par cas.

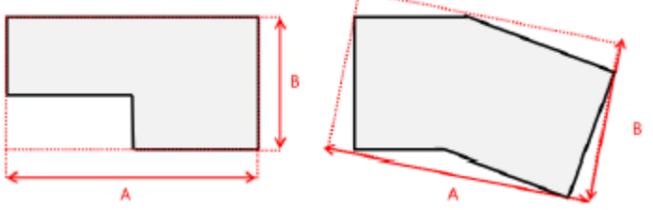
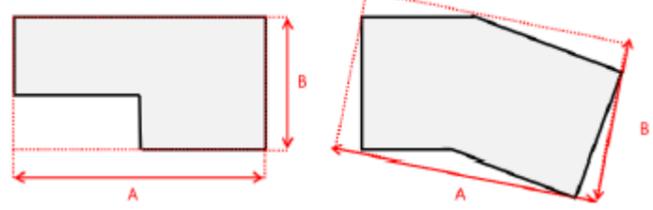
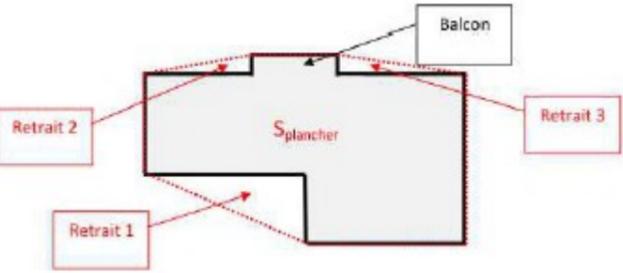
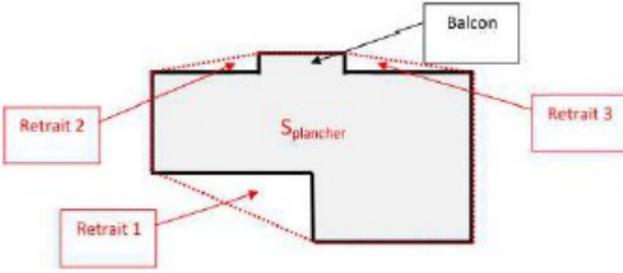
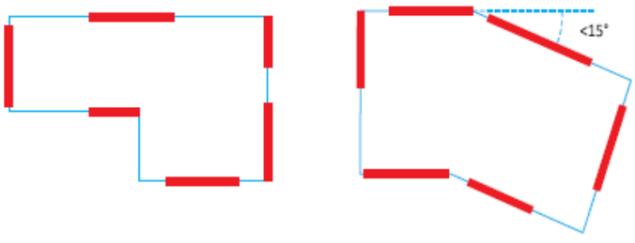
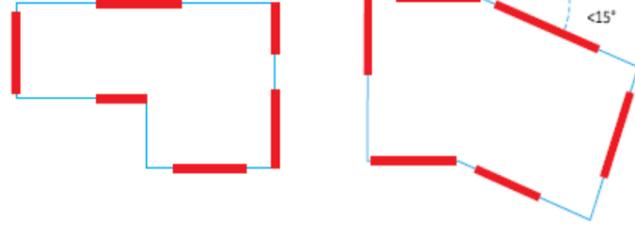
Cette étude a également permis de :

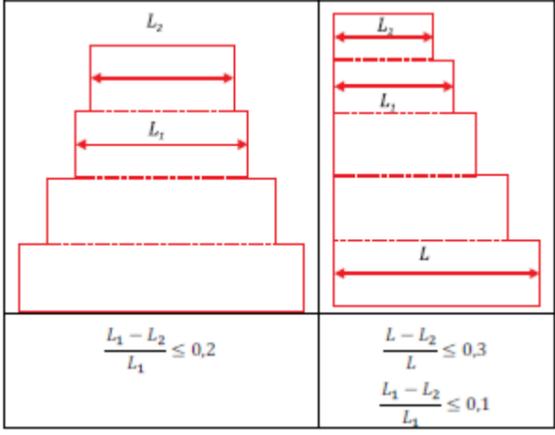
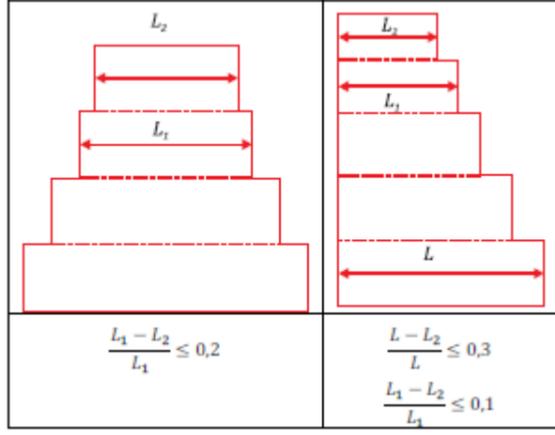
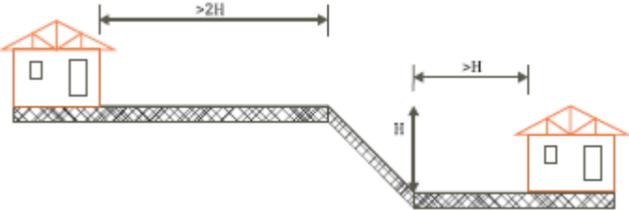
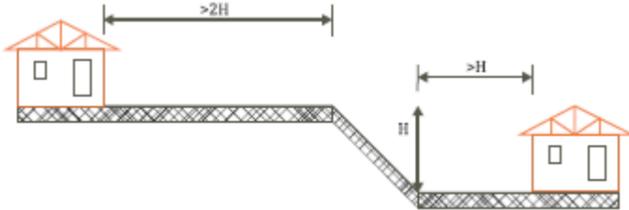
- synthétiser les dispositions constructives formulées dans les différents guides de référence,
- simplifier la rédaction des documents à venir en écartant les rappels des règles de l'art,
- corriger certaines erreurs comme celle qui fixait la côte hors gel à 0,8 m dans le guide fontis du CSTB.



## Croisement entre l'aléa effondrement localisé minier et l'aléa retrait gonflement des argiles

Aléas	Aléa effondrement localisé minier	Aléa retrait et gonflement des argiles	Aléas effondrement localisé minier (D<5 m) et retrait gonflement des argiles.																	
Guide	<i>Guide de dispositions constructives pour le bâti neuf situé en zone d'aléa de fontis CSTB 29/10/2012</i>	<i>Retrait et gonflement des argiles – 2 Protéger sa maison de la sécheresse – Conseils aux constructeurs de maisons neuves IFSTTAR et CSTB diffusion prévue juin 2015 Le retrait gonflement des argiles – Comment prévenir les désordres dans l'habitat individuel ? Août 2007.</i>	Constructible aux conditions suivantes :																	
Généralités	<p>Dans le cas d'un diamètre de fontis attendu inférieur à 5 m, les recommandations suivantes sont à appliquer :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- aux maisons individuelles ne dépassant pas 4 niveaux,</li> <li>- aux bâtiments agricoles,</li> <li>- aux bâtiments peu fréquentés à condition qu'aucune partie du bâtiment ne se situe à une distance d'un autre bâtiment, ou d'une zone fréquentée, inférieure à une fois et demie la hauteur du bâtiment.</li> </ul> <p>En dehors de ces types de bâtiments, le projet devra faire l'objet d'une étude spécifique montrant que la structure résistera à une perte d'appui équivalente à un fontis de 5 m de diamètre.</p> <p>Pour les types de bâtiments pré-cités, il ne sera possible de déroger aux recommandations suivantes (notamment sur les formes simples) qu'à la suite d'une étude spécifique montrant que la structure résistera à une perte d'appui équivalente à un fontis de 5 m de diamètre.</p> <p>Les matériaux utilisés doivent être conformes aux normes de référence en vigueur.</p>	<p>Les désordres sont dus aux tassements différentiels. Les préconisations permettront de diminuer la sensibilité des maisons neuves.</p> <p>Des solutions alternatives peuvent exister mais nécessitent la réalisation d'études spécifiques.</p> <p>Les mesures à adopter dépendent de l'aléa et des conditions environnementales.</p> <p style="text-align: center;">Tableau 2. Mesures à adopter, selon les conditions croisées «sol-environnement», liées au niveau d'aléa du tableau 1]</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Sol sous la construction</th> <th colspan="2">Conditions environnementales</th> </tr> <tr> <th>Favorables</th> <th>Défavorables</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Non sensible</td> <td>E0 + S0</td> <td>E0 + S0</td> </tr> <tr> <td>Peu sensible</td> <td>E0 + E1 + S1</td> <td>E0 + E1 + E2 + S1</td> </tr> <tr> <td>Sensible</td> <td>E0 + E1 + S2</td> <td>E0 + E1 + E2 + S2</td> </tr> <tr> <td>Très sensible</td> <td>E0 + E1 + S3</td> <td>E0 + E1 + E2 + S3</td> </tr> </tbody> </table> <p>Pour un même niveau d'aléa, les mesures peuvent être différentes selon les conditions environnementales.</p> <p>Le guide ne reprend pas la carte d'aléa du BRGM mais un aléa à déterminer grâce à une étude documentaire, une visite de site et éventuellement des études géotechniques (sondages, essais...).</p>	Sol sous la construction	Conditions environnementales		Favorables	Défavorables	Non sensible	E0 + S0	E0 + S0	Peu sensible	E0 + E1 + S1	E0 + E1 + E2 + S1	Sensible	E0 + E1 + S2	E0 + E1 + E2 + S2	Très sensible	E0 + E1 + S3	E0 + E1 + E2 + S3	<p>Le guide retrait gonflement, traite des maisons neuves. Les bâtiments plus importants sont généralement peu sensibles au phénomène.</p> <p>Le guide fontis sépare les ouvrages complexes et les maisons régulières.</p> <p>Si les deux aléas sont associés, pour les ouvrages complexes, il faudra suivre les dispositions du guide fontis qui donne « les incontournables » et impose des études pour le dimensionnement précis.</p>
Sol sous la construction	Conditions environnementales																			
	Favorables	Défavorables																		
Non sensible	E0 + S0	E0 + S0																		
Peu sensible	E0 + E1 + S1	E0 + E1 + E2 + S1																		
Sensible	E0 + E1 + S2	E0 + E1 + E2 + S2																		
Très sensible	E0 + E1 + S3	E0 + E1 + E2 + S3																		
Symétrie	<p>La distance entre les 2 murs les plus éloignés selon une direction ne doit pas être inférieure à 0,75 fois la dimension du bâtiment dans cette direction.</p> 		<p>La distance entre les 2 murs les plus éloignés selon une direction ne doit pas être inférieure à 0,75 fois la dimension du bâtiment dans cette direction.</p> 																	
Compacité	<p>La plus grande dimension ne doit pas dépasser 2 fois la plus petite dimension.</p>		<p>La plus grande dimension ne doit pas dépasser 2 fois la plus petite dimension.</p>																	

			
Retraits	<p>Les retraits par rapport au polygone convexe circonscrit au plancher ou à la charpente faisant office de diaphragme doivent respecter pour chaque niveau :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 retraits maximum,</li> <li>- aucun retrait ne dépasse 10 % de la surface du plancher,</li> <li>- la somme de tous les retraits ne dépasse pas 30 % de la surface du plancher.</li> </ul> 		<p>Les retraits par rapport au polygone convexe circonscrit au plancher ou à la charpente faisant office de diaphragme doivent respecter pour chaque niveau :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 retraits maximum,</li> <li>- aucun retrait ne dépasse 10 % de la surface du plancher,</li> <li>la somme de tous les retraits ne dépasse pas 30 % de la surface du plancher.</li> </ul> 
Murs	<p>Il faut au moins 2 murs parallèles dans chaque direction principale du bâtiment. La distance maxi entre 2 murs principaux successifs dans une direction ne doit pas dépasser 5 m. (Murs parallèles si angle ne dépasse pas 15°)</p> 		<p>Il faut au moins 2 murs parallèles dans chaque direction principale du bâtiment. La distance maxi entre 2 murs principaux successifs dans une direction ne doit pas dépasser 5 m. (Murs parallèles si angle ne dépasse pas 15°)</p> 
Étages	<p>Les porteurs verticaux sont continus de la fondation jusqu'à la toiture.</p> <p>Si retraits successifs avec symétrie axiale, le retrait du n ne doit pas dépasser 20 % de la dimension du n-1.</p> <p>Si retraits non symétriques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- somme de retraits de tous les niveaux ne doit pas dépasser 30 % de la dimension du 1<sup>er</sup> niveau,</li> <li>- chaque retrait de n ne doit pas dépasser 10 % de la dimension n-1.</li> </ul>		<p>Les porteurs verticaux sont continus de la fondation jusqu'à la toiture.</p> <p>Si retraits successifs avec symétrie axiale, le retrait du n ne doit pas dépasser 20 % de la dimension du n-1.</p> <p>Si retraits non symétriques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- somme de retraits de tous les niveaux ne doit pas dépasser 30 % de la dimension du 1<sup>er</sup> niveau,</li> <li>- chaque retrait de n ne doit pas dépasser 10 % de la dimension n-1.</li> </ul>

			
Implantation	<p><b>Recommandations :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la construction ne doit pas être proche d'un rebord de crête et d'un pied de talus de pente supérieure à 50 %. en crête, distance minimale = 2 fois la hauteur du talus. En pied, distance minimale = 1 fois la hauteur du talus</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- les constructions accolées sont possibles si elles sont liées, sinon la distance séparant les constructions est au moins égale à la hauteur de la plus grande.</li> <li>- si présence d'élément élancé sa distance minimale par rapport au projet doit être au moins égale à la hauteur de l'élément.</li> </ul>	<p><b>S0 :</b> Les bâtiments accolés et fondés différemment doivent être désolidarisés par un joint de rupture.</p> <p><b>E2 :</b> Les arbres pompent l'eau du sol et provoquent la dessiccation des sols argileux.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les arbres doivent être éloignés de la maison d'une distance au moins égale à leur hauteur à maturité,</li> <li>- les haies doivent être distantes de 1,5 fois leur taille adulte de toute construction y compris les ouvrages annexes,</li> <li>- si les points précédents ne sont pas possibles, il faudra un écran anti-racines au plus près des arbres. La profondeur minimale est de 2 m.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- la construction ne doit pas être proche d'un rebord de crête et d'un pied de talus de pente supérieure à 50 %. en crête, distance minimale = 2 fois la hauteur du talus. En pied, distance minimale = 1 fois la hauteur du talus.</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Si les bâtiments sont accolés, ils doivent partager les mêmes fondations. Sinon ils doivent être éloignés l'un de l'autre d'une distance au moins égale à la hauteur du plus haut bâtiment.</li> </ul> <p>Les arbres pompent l'eau du sol et provoquent la dessiccation des sols argileux, en cas de fontis, leur chute peut endommager les bâtiments voisins.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les arbres et autres éléments élancés doivent être éloignés de la maison d'une distance au moins égale à leur hauteur à maturité,</li> <li>- les haies doivent être distantes de 1,5 fois leur taille adulte de toute construction y compris les ouvrages annexes,</li> <li>- si les points précédents ne sont pas possibles, il faudra un écran anti-racines au plus près des arbres. La profondeur minimale est de 2 m.</li> </ul>
Formes	<p><b>Plan :</b> Plan régulier (rectangle) L/l ≤ 2</p> <p><b>Élévation :</b> Porteurs verticaux continus sur la hauteur. Limitation du nombre d'étage mais non chiffrée. Elle est déduite de la limite de résistance des matériaux en cas</p>	<p><b>S2 :</b> Découpage de la construction en blocs rigides séparés par des joints de ruptures dont la géométrie est régulière (rectangle) avec L/l ≤ 2. Il faut au moins 2 murs parallèles dans chaque direction principale du bâtiment (Murs parallèles si angle ne dépasse pas 15°).</p> <p><b>S2 :</b> Porteurs verticaux continus sur la hauteur. Lorsque les niveaux de la construction n'ont pas la même géométrie, l'écart entre les surfaces de plancher de deux niveaux</p>	<p>Plan régulier (rectangle) L/l ≤ 2 Il faut au moins 2 murs parallèles dans chaque direction principale du bâtiment (Murs parallèles si angle ne dépasse pas 15°). Pas de séparation des blocs rigides (voir implantation)</p> <p>Porteurs verticaux continus sur la hauteur. Limitation du nombre d'étage mais non chiffrée. Elle est déduite de la limite de résistance des matériaux en cas d'aléa</p>

	d'aléa fontis, afin d'assurer une redistribution convenable des charges verticales aux parties qui sont en contact avec le sol.	successifs ne doit pas dépasser 20 %. Si cette règle n'est pas respectée, il faut désolidariser les parties de structures fondées différemment.	fontis, afin d'assurer une redistribution convenable des charges verticales aux parties qui sont en contact avec le sol. Lorsque les niveaux de la construction n'ont pas la même géométrie, l'écart entre les surfaces de plancher de deux niveaux successifs ne doit pas dépasser 20 %.
Fondations	<p><b>Semelles filantes :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les semelles ne doivent pas, <u>dans la mesure du possible</u> descendre sous la côte hors gel,</li> <li>- si possible, les charges doivent être réparties au mieux sur l'ensemble des fondations et la contrainte au sol sera le plus homogène possible,</li> <li>- elles doivent être dimensionnées vis-à-vis de la contrainte de calcul du sol et doivent pouvoir reprendre la partie de charge engendrée par la perte d'appuis,</li> <li>- tous les porteurs verticaux doivent reposer sur des semelles de fondations,</li> <li>- les fondations doivent être filantes et constituer un système homogène. Les fondations isolées doivent être reliées aux autres fondations par des pontages pour redistribuer les charges au sol, les semelles doivent avoir une longueur minimale de 2 fois le diamètre attendu du fontis majorée d'1 m,</li> <li>- la tableau d'armatures minimales figure en annexes du guide.</li> <li>- dans le cas des poteaux, les armatures peuvent être prises comme dans le cas d'un mur court.</li> </ul> <p><b>Fondations sur pieux sur substrat résistant :</b></p> <p>Les fondations sur pieux devront dans la mesure du possible reposer sur le substratum, sous les vides pouvant occasionner les fontis (techniques de pieux tubés obligatoires avec annulation des résistances par frottement au-dessus des possibles vides). Sinon (pieux arrêtés au-dessus des vides), une certaine garde devra être respectée au-dessus de la cote théorique des vides et un surdimensionnement de la portance et un réseau de longrine devront permettre de redistribuer les charges sur les pieux adjacents en cas de fontis.</p> <p><b>Radier :</b></p> <p>Cette solution est présentée comme la plus efficace dans les zones d'aléas fontis. Dans ce cas, rien n'est à prévoir en superstructures. Le guide déconseille les épaisseurs de moins de 40 cm et donne des éléments pour les calculs de solutions notamment pour les armatures.</p>	<p><b>S0 :</b> Même sur un sol réputé non sensible, la conception des fondations doit respecter quelques grands principes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- adopter une profondeur suffisante, à adapter en fonction de la portance du sol et de la profondeur de pénétration du gel ;</li> <li>- éviter toute dissymétrie dans la profondeur des semelles de fondation ;</li> <li>- recourir à des fondations continues et armées, bétonnées en pleine fouille sur toute leur hauteur (les fondations coffrées sont toutefois possibles bien que de réalisation plus complexe).</li> </ul> <p>Pour bénéficier d'un sol de même nature à la base des différentes fondations, il est préférable, lorsque la pente le permet et si la géologie le nécessite, d'avoir recours à des fondations à des niveaux différents (suivant la ligne de pente) plutôt que de procéder par déblai ou déblai/remblai pour fonder sur un même niveau.</p> <p>La norme DTU 13.12 stipule que, pour des fondations à des niveaux différents, les niveaux des fondations successives doivent être tels qu'une pente maximale de 3 de base pour 2 de hauteur relie les arêtes des semelles les plus voisines.</p> <p><b>S1 : Encastrement des fondations superficielles :</b> Étude géotechnique spécifique pour déterminer précisément l'amplitude de retrait gonflement et ainsi déterminer la profondeur d'encastrement. La profondeur minimale par rapport au niveau final du terrain extérieur est fixée à 0,8 m. Les fondations superficielles doivent être encastrées de manière homogène sur tout le pourtour du bâtiment. Les fondations filantes sur terrain plat ne doivent pas avoir de redan. Sur terrain en pente, les redans sont par contre nécessaires. Si les sols sont hétérogènes, il faut fonder à la profondeur du sol homogène ou adapter les fondations.</p> <p><b>S2 et S3 :</b> Profondeur d'encastrement minimale de 1,2 m</p> <p><b>S1 :Dallages</b> Les dallages présentent une sensibilité accrue aux mouvements de sol. Il faut mener une étude particulière et adapter les précautions de mise en œuvre. Il faut préférer un plancher en béton porté au-dessus d'un vide sanitaire largement dimensionné pour qu'un gonflement ne puisse le combler.</p>	<p>Le guide fontis préconise de limiter au maximum la profondeur des semelles. Ce n'est a priori pas pour mieux résister au phénomène mais peut-être pour limiter l'impact des contraintes du bâtiment en profondeur. Cet impact est généralement minime vu la profondeur des cavités.</p> <p>Dans le cas des aléas fontis et retrait gonflement simultanés :</p> <p><b>Généralités sur les principes de fondation :</b></p> <p><u>Fondations superficielles :</u> Fonder les semelles de l'ensemble de la structure sur un sol de même nature (problème de RG différencié). Surdimensionner les semelles de manière à pouvoir reprendre les charges liées à la perte localisée d'appui suite à un potentiel fontis .</p> <p><u>Fondations profondes :</u> Les fondations sur pieux devront dans la mesure du possible reposer sur le substratum sous les vides pouvant occasionner les fontis (techniques de pieux tubés obligatoires avec annulation des résistances par frottement au-dessus des possibles vides). Sinon (pieux arrêtés au-dessus des vides) une certaine garde devra être respectée au-dessus de la cote théorique des vides et un surdimensionnement de la portance et un réseau de longrine devront permettre de redistribuer les charges sur les pieux adjacents en cas de fontis.</p> <p><u>Point réglementaire :</u> Les différents types de fondations doivent a minima répondre aux règlements en vigueur : pour les fondations superficielles NF P 94-261 sauf dallage DTU 13,3 et pour les fondations profondes NF P 94-262.</p> <p><b>Profondeur des fondations</b> <u>Point réglementaire :</u> carte de mise hors gel à respecter (0,5 à 0,9 selon la localisation et approfondissement de 5 cm tous les 200 m d'altitude) ; soit des profondeurs minimales dans le NPDC de 0,5 m à 0,7 m voire 0,75 m pour une altitude de 200m.</p> <p><u>En S0 :</u> La profondeur des fondations superficielles sera comprise entre la côte hors gel et 1,2 m si la portance le permet. Si la portance ne le permet pas ou, il faudra passer en</p>

<p><b>Dallages :</b> Concevoir le dallage comme un plancher armé. L'épaisseur minimale 15cm, distance entre joints au moins 2 fois le diamètre attendu du fontis, + idem plancher bas ou sur vide sanitaire</p> <p><b>Murs de soubassement :</b> À réaliser en béton armé à partir des fondations et jusqu'au premier niveau des chaînages horizontaux. Pas de joint prévu entre la semelle et le mur de soubassement. Les armatures de chaînages horizontaux doivent être calculées pour équilibrer les moments négatifs dans les semelles. La hauteur totale (semelle + soubassement) prise en compte dans le calcul est limitée à 1 m.</p> <p><b>Plancher bas ou sur vide sanitaire :</b></p> <p>Les planchers en béton peuvent être constitués par : - des éléments préfabriqués de poutrelles en béton armé ou précontraint et entrevous associés à une dalle de compression coulée en œuvre et armée par un treillis soudé, - des prédalles en béton armé ou précontraint associé à une dalle complémentaire coulée en œuvre, - une dalle coulée en place. Les autres types de planchers bétons doivent respecter les textes spécifiques les concernant.</p> <p>La liaison aux éléments de structures est assurée par les armatures. Dans la zone courante, le plancher doit comporter une section d'acier de 0,6 cm<sup>2</sup>/ml dans les deux directions (au moins acier B500A). L'espacement entre armatures ne doit pas dépasser : - 25 cm dans le cas de planchers à poutrelles et entrevous non résistants, - 33 cm dans tous les autres cas. Toutes les armatures doivent être ancrées dans les chaînages.</p> <p><u>Liaison du plancher aux éléments de structure et aux chaînages :</u> Continuité du treillis soudé HA par un recouvrement de 50 diamètre ou par 3 soudures au moins du treillis au-dessus des appuis. Pour les barres isolées, les longueurs de recouvrement et les longueurs d'ancrage sont d'au moins 50 diamètres.</p> <p><u>Plancher à poutrelles :</u> La fonction diaphragme est assurée par une table de</p>	<p>Ils peuvent être constitués : - des éléments préfabriqués de poutrelles en béton armé ou précontraint et entrevous associés à une dalle de compression coulée en œuvre et armée par un treillis soudé, - de prédalles en béton armé ou précontraint associé à une dalle complémentaire coulée en œuvre, - d'une dalle coulée en place. Les autres types de planchers bétons doivent respecter les textes spécifiques les concernant.</p> <p><b>S3 :</b> Les murs inférieurs peuvent être conçus solidaires sur tout ou partie de la hauteur, de la semelle sur laquelle ils reposent pour former un soubassement monobloc.</p> <p>Les semelles doivent être armées dans toutes les directions au ferrailage minimal assurant la condition de non-fragilité.</p>	<p>fondations profondes (pieux).</p> <p><u>En S1 :</u> Si la portance le permet, la profondeur des fondations sera de 0,8 m. Si la portance ne permet pas de placer les fondations à moins de 1,2 m de profondeur, il faudra passer en fondations profondes.</p> <p><u>En S2 et S3 :</u> Si la portance le permet alors la profondeur des fondations sera de 1,2 m. Si la portance ne permet pas de placer les fondations à moins de 1,2 m de profondeur, alors il faudra passer en fondations profondes.</p> <p><b>Type de fondations :</b></p> <p><u>Semelles filantes et dalles :</u> - si possible, les charges doivent être réparties au mieux sur l'ensemble des fondations et la contrainte au sol sera le plus homogène possible, - elles doivent pouvoir reprendre la partie de charge engendrée par la perte d'appuis, - tous les porteurs verticaux doivent reposer sur des semelles de fondations, - les fondations doivent être filantes et constituer un système homogène. Les fondations isolées doivent être reliées aux autres fondations par des pontages pour redistribuer les charges au sol, - les semelles doivent avoir une longueur minimale de 2 fois le diamètre attendu du fontis majorée d'1 m, - armatures minimales en annexes du guide CSTB... - dans le cas des poteaux, les armatures peuvent être prises comme dans le cas d'un mur court.</p>
--	--	--

décompression coulée en œuvre sur toute la surface du plancher d'épaisseur minimale 4 cm pour les cas d'entrevous résistants en béton ou terre cuite et de 5 cm dans les autres cas.

Murs en maçonnerie

**Généralités :**

- épaisseur d'au moins 150 mm,
- si mur maintenu au sommet, la hauteur est limitée à 30 fois l'épaisseur

**Recommandations :**

- murs de contreventement sans ouvertures de plus de 0,04m2. Distance minimale entre ouverture et bord le plus proche de 1 m.
- remplir les joints verticaux avec mortier de jointoiment.

Pourcentage total des porteurs verticaux :

- si murs dont la longueur dépasse le diamètre du fontis + 0,5 m, il faut disposer un pourcentage minimal de la totalité des surfaces prises par les porteurs verticaux dans les 2 directions du bâtiment (limite la contrainte de compression dans les bielles).
- pourcentage total minimal des porteurs verticaux = section horizontale / surface totale de l'étage.

Niveaux	Toiture lourde			Toiture légère			
	Diamètre [m]	1	2	3	1	2	3
2		2.2%	5.7%	9.1%	0.8%	4.3%	7.8%
3		3.6%	9.4%		1.4%	7.2%	
4		4.4%	11.3%		1.7%	8.6%	
5		5.1%			1.9%	10.1%	

Chaînages :

- chaînages horizontaux et verticaux liés entre eux et ancrés aux éléments du système structural principal,
- béton des chaînages doit être coulé après exécution de la maçonnerie,
- section transversale des chaînages H et V pas inférieure à 150 mm,
- % d'armatures longitudinales dans la section du chaînage pas inférieur à 1 % de la section du béton du chaînage,
- cadres en HA5 au minimum et espacés de 400mm maxi autour des armatures longitudinales, recouvrements au minimum de 50 fois le diamètre des armatures soit 500 mm pour des barres HA10 et 600 mm pour des barres HA12.

Les chaînages verticaux sont placés :

- aux bords libres de chaque élément de mur de la

**S1 :**

Pour ce type de structure, les charges sont transmises au sol par des semelles superficielles isolées placées sous les poteaux. Les semelles superficielles isolées rendent ces constructions particulièrement sensibles au phénomène de retrait-gonflement. Pour une structure à ossature et remplissages de maçonnerie, un retrait localisé sous une semelle isolée provoque une déformation de l'ossature qui peut se traduire par des désordres dans l'ossature elle-même ou dans les maçonneries de remplissage qui ne sont pas prévues pour supporter des efforts. Les structures à ossatures et remplissages doivent faire l'objet d'une étude spécifique.

**S0 :**

Même sur un sol réputé non sensible, une règle de base est de construire une maison avec l'armature nécessaire dans la structure et les semelles de fondation. La rigidification de la structure du bâtiment nécessite la mise en œuvre de chaînages horizontaux (haut et bas) et verticaux (poteaux d'angle) pour les murs porteurs liaisonnés.

Le dispositif de rigidification mis en œuvre pour la structure doit suivre les préconisations formulées dans la norme NF DTU 20.1 :

- « les murs en maçonnerie porteuse et les murs en maçonnerie de remplissage doivent être ceinturés à chaque étage, au niveau des planchers, ainsi qu'en couronnement, par un chaînage horizontal en béton armé, continu, fermé ; ce chaînage ceinture les façades et les relie au droit de chaque refend ». Cette mesure s'applique notamment pour les murs pignons au niveau du rampant de la couverture ;
- « les chaînages verticaux doivent être réalisés au moins dans les angles saillants et rentrant des maçonneries, ainsi que de part et d'autre des joints de fractionnement du bâtiment ».

Les liaisons entre les différents chaînages sont conçues pour assurer le transfert des efforts de traction. Elles doivent faire l'objet d'une attention particulière. Elles doivent satisfaire aux conditions suivantes :

- la continuité et le recouvrement des divers chaînages concourant en un même nœud doivent être assurés dans les trois directions ;
- les recouvrements doivent être au minimum de 50 fois le diamètre des armatures ;
- les dispositions adoptées ne doivent donner lieu à aucune poussée au vide (l'intérieur d'un coude doit toujours être

- épaisseur d'au moins 150 mm,
- si mur maintenu au sommet, la hauteur est limitée à 30 fois l'épaisseur
- murs de contreventement sans ouvertures de plus de 0,04m2. Distance minimale entre ouverture et bord le plus proche de 1 m.
- remplir les joints verticaux avec mortier de jointoiment.

Pourcentage total des porteurs verticaux :

- si murs dont la longueur dépasse le diamètre du fontis + 0,5 m, il faut disposer un pourcentage minimal de la totalité des surfaces prises par les porteurs verticaux dans les 2 directions du bâtiment (limite la contrainte de compression dans les bielles).
- pourcentage total minimal des porteurs verticaux = section horizontale / surface totale de l'étage.

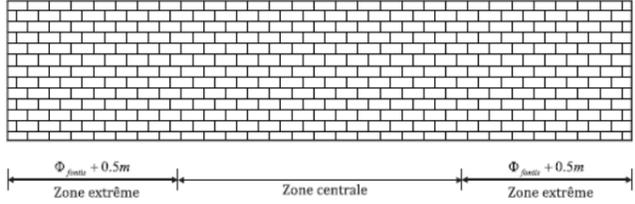
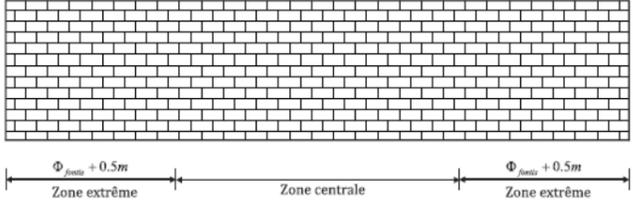
Niveaux	Toiture lourde			Toiture légère			
	Diamètre [m]	1	2	3	1	2	3
2		2.2%	5.7%	9.1%	0.8%	4.3%	7.8%
3		3.6%	9.4%		1.4%	7.2%	
4		4.4%	11.3%		1.7%	8.6%	
5		5.1%			1.9%	10.1%	

Chaînages :

- chaînages horizontaux et verticaux liés entre eux et ancrés aux éléments du système structural principal,
- béton des chaînages doit être coulé après exécution de la maçonnerie,
- section transversale des chaînages H et V pas inférieure à 150 mm,
- % d'armatures longitudinales dans la section du chaînage pas inférieur à 1 % de la section du béton du chaînage,
- cadres en HA5 au minimum et espacés de 400mm maxi autour des armatures longitudinales, recouvrements au minimum de 50 fois le diamètre des armatures soit 500 mm pour des barres HA10 et 600 mm pour des barres HA12.

Les chaînages verticaux sont placés :

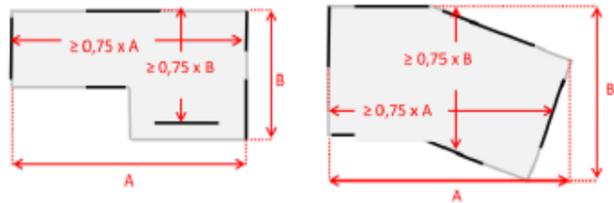
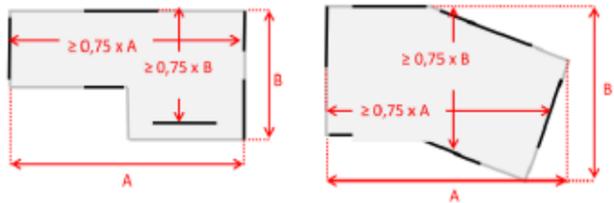
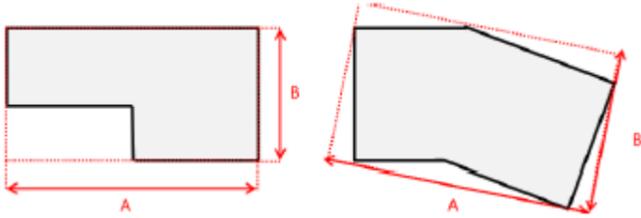
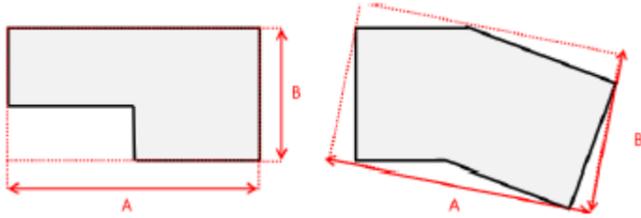
- aux bords libres de chaque élément de mur de la structure,
- à l'intérieur des murs dont la longueur dépasse 1,5m,
- à chaque intersection de murs.
- si chaînages sur plusieurs niveaux, ils sont rectilignes,

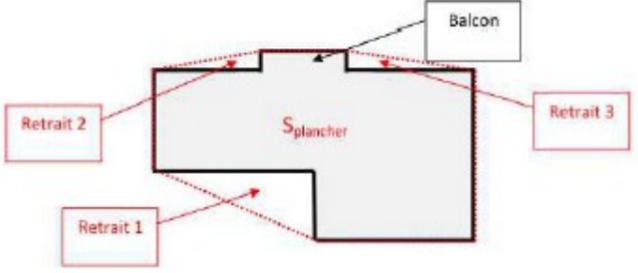
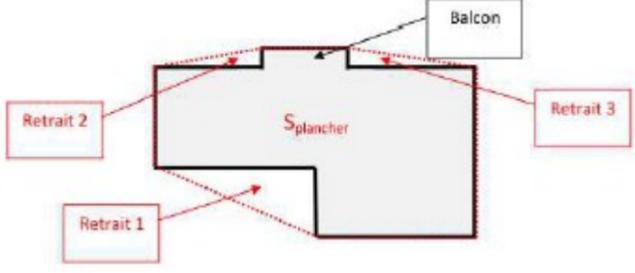
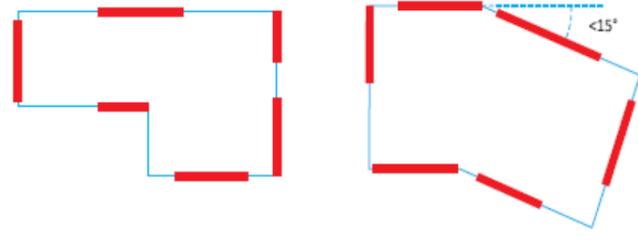
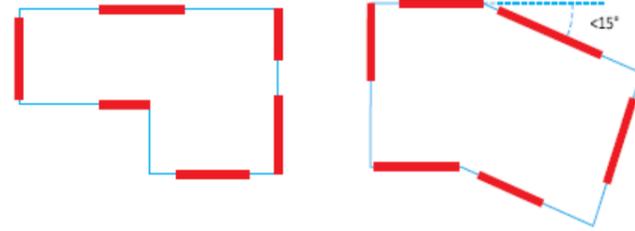
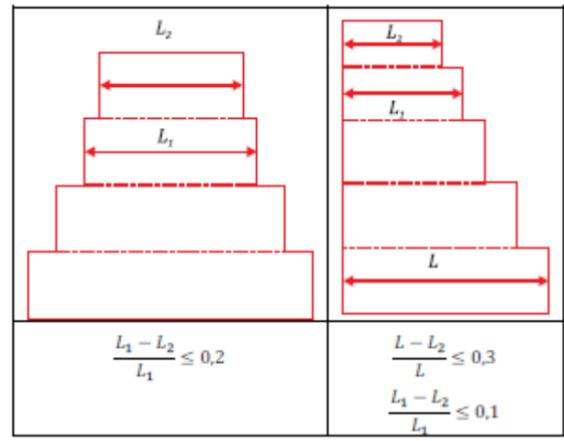
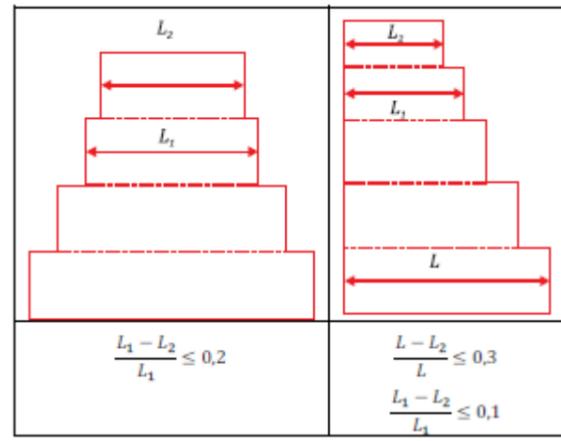
	<p>structure, - à l'intérieur des murs dont la longueur dépasse 1,5m, - à chaque intersection de murs.</p> <p><b>Prescriptions chaînages verticaux :</b> - si chaînages sur plusieurs niveaux, ils sont rectilignes, - section des chaînages constante sur toute la hauteur de la construction, - armatures longitudinales rectilignes et rendues continues par recouvrement, - en partie inférieure, chaînages ancrés dans les fondations - décalage des joints verticaux (harpage) conservé le long des bords verticaux du chaînage. - si murs longs <math>L &gt; 2 \cdot D</math> du fontis + 1,5 m, distance minimale entre les chaînages 1,5 m en partie extrême et 3 m dans la partie centrale</p>  <p>- pour murs courts, distance minimale entre chaînage 1,5 m.</p> <p><i>Les chaînages horizontaux sont placés :</i> - dans le plan du mur, - au niveau de chaque plancher, - au niveau du couronnement des combles, - au niveau des fondations, - au niveau de l'appui d'une charpente en tête de mur si pas de plancher à ce niveau. L'espacement vertical des chaînages H pas supérieur à 4 m.</p> <p><i>Liaison des chaînages :</i> - continuité et recouvrement des chaînages concourant en un même nœud assurés dans les trois directions, - les dispositions adoptées ne doivent donner lieu à aucune poussée au vide, - recouvrement mini de 50 fois le diamètre des armatures.</p>	<p>orienté vers la pleine masse de béton, jamais vers la paroi proche).</p>	<p>- section des chaînages constante sur toute la hauteur de la construction, - armatures longitudinales rectilignes et rendues continues par recouvrement, - en partie inférieure, chaînages ancrés dans les fondations - décalage des joints verticaux (harpage) conservé le long des bords verticaux du chaînage. - si murs longs <math>L &gt; 2 \cdot D</math> du fontis + 1,5 m, distance minimale entre les chaînages 1,5 m en partie extrême et 3 m dans la partie centrale</p>  <p>- pour murs courts, distance minimale entre chaînage 1,5 m.</p> <p><i>Les chaînages horizontaux sont placés :</i> - dans le plan du mur, - au niveau de chaque plancher, - au niveau du couronnement des combles, - au niveau des fondations, - au niveau de l'appui d'une charpente en tête de mur si pas de plancher à ce niveau. L'espacement vertical des chaînages H pas supérieur à 4 m.</p> <p><i>Liaison des chaînages :</i> - continuité et recouvrement des chaînages concourant en un même nœud assurés dans les trois directions, - les dispositions adoptées ne doivent donner lieu à aucune poussée au vide, - recouvrement mini de 50 fois le diamètre des armatures</p>
Murs béton banché	Tableau avec armatures minimales. Distance entre les chaînages verticaux 3 m.		Les armatures minimales doivent être conformes aux préconisations du guide du CSTB. Distance entre les chaînages verticaux 3 m.
Ouvertures	Les ouvertures de plus d'1 m <sup>2</sup> doivent être encadrées, sur leur pourtour par une section d'armatures mini équivalente à 2HA8	<b>S0 :</b> La réalisation de linteaux au-dessus des ouvertures est nécessaire.	La réalisation de linteaux au-dessus des ouvertures est nécessaire. Les ouvertures de plus d'1 m <sup>2</sup> doivent être encadrées, sur leur pourtour par une section d'armatures mini équivalente à 2HA8

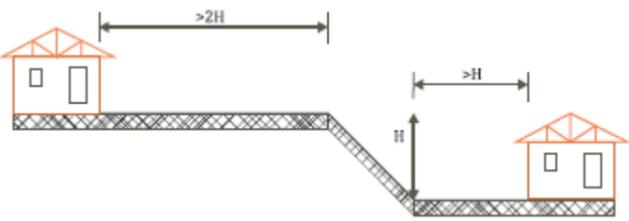
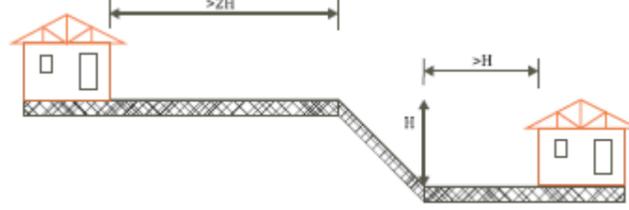
Escaliers	<p>Éviter :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>les escaliers en voûte,</li> <li>les escaliers avec crémaillère,</li> <li>les escaliers hélicoïdaux</li> <li>les escaliers à marches en consoles encastrées dans un mur en maçonnerie.</li> </ul> <p>Les limons ou volées des escaliers en béton armé doivent présenter des liaisons par armatures avec les planchers auxquels ils sont reliés. Au RDC, les limons ou les paillasses doivent être liés au réseau des semelles de fondations (directement ou par pontage)</p>		<p>Éviter :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>les escaliers en voûte,</li> <li>les escaliers avec crémaillère,</li> <li>les escaliers hélicoïdaux</li> <li>les escaliers à marches en consoles encastrées dans un mur en maçonnerie.</li> </ul> <p>Les limons ou volées des escaliers en béton armé doivent présenter des liaisons par armatures avec les planchers auxquels ils sont reliés. Au RDC, les limons ou les paillasses doivent être liés au réseau des semelles de fondations (directement ou par pontage)</p>
Conduits de fumée	<p><b>Prescriptions :</b> Cheminées pourvues de raidisseurs métalliques à chaque angle du terminal (les souches peuvent être aussi munies de haubanage).</p> <p><b>Recommandations :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mise en place de ceinture en plat en acier,</li> <li>- conduits adossés aux murs intérieurs sans affaiblir la section résistante du mur,</li> <li>- à l'intérieur, les conduits doivent être liaisonnés à la charpente et à chaque plancher par des attaches métalliques.</li> <li>- implanter les cheminées à proximité du faîtage.</li> </ul>		<p>Cheminées pourvues de raidisseurs métalliques à chaque angle du terminal (les souches peuvent être aussi munies de haubanage).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mise en place de ceinture en plat en acier,</li> <li>- conduits adossés aux murs intérieurs sans affaiblir la section résistante du mur,</li> <li>- à l'intérieur, les conduits doivent être liaisonnés à la charpente et à chaque plancher par des attaches métalliques.</li> <li>- implanter les cheminées à proximité du faîtage.</li> </ul>
Cloisons	<p>Cloisons de distributions fixée aux structures principales par des attaches et des cadres. Portes lourdes ou fragiles attachées aux cadres ou aux chaînages.</p>		<p>Cloisons de distributions fixée aux structures principales par des attaches et des cadres. Portes lourdes ou fragiles attachées aux cadres ou aux chaînages.</p>
Imperméabilisation de la surface du sol		<p><b>E1 :</b> Limiter les infiltrations et l'évaporation d'eau à proximité du bâtiment permettra de limiter les variations de teneur en eau des sols. Entourer la construction d'un système étanche le plus large possible (1,50m à 2,50 m selon la vulnérabilité de la construction), pour protéger sa périphérie immédiate de l'évaporation et éloigner les eaux de ruissellement du pied des façades. Les possibilités sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- trottoir périphérique en béton armé posé sur polyane. Il faut alors réaliser l'étanchéité trottoir maison,</li> <li>- mise en place de géomembrane raccordée aux façades par un système de couvre-joint ou de bande soline.</li> </ul> <p>Comme la mesure précédente, le but est de limiter les variations de teneur en eau aux abords du bâtiment. il faut :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- raccorder tous les réseaux d'eau au réseau collectif,</li> <li>- s'assurer de l'absence de fuite sur les réseaux et minimiser les risques de rupture.</li> </ul> <p>Les matériaux utilisés devront être non fragiles, aussi flexibles que possible avec des joints souples aux raccordements. Elles ne devront pas être bloquées dans le gros œuvre. Les entrées et</p>	<p>Limiter les infiltrations et l'évaporation d'eau à proximité du bâtiment permettra de limiter les variations de teneur en eau des sols. Entourer la construction d'un système étanche le plus large possible (1,50m à 2,50 m selon la vulnérabilité de la construction), pour protéger sa périphérie immédiate de l'évaporation et éloigner les eaux de ruissellement du pied des façades. Les possibilités sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- trottoir périphérique en béton armé posé sur polyane. Il faut alors réaliser l'étanchéité trottoir maison,</li> <li>- mise en place de géomembrane raccordée aux façades par un système de couvre-joint ou de bande soline.</li> <li>- il faut raccorder tous les réseaux d'eau au réseau collectif,</li> <li>- s'assurer de l'absence de fuite sur les réseaux et minimiser les risques de rupture. Les matériaux utilisés devront être non fragiles, aussi flexibles que possible avec des joints souples aux raccordements. Les conduites ne devront pas être bloquées dans le gros œuvre. Les entrées et sorties se feront perpendiculairement aux murs,</li> <li>- accompagner la présence dans le sous-sol d'une source de chaleur importante d'un dispositif d'isolation thermique des murs se trouvant à proximité,</li> </ul>

		<p>sorties se feront perpendiculairement aux murs,</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- accompagner la présence dans le sous-sol d'une source de chaleur importante d'un dispositif d'isolation thermique des murs se trouvant à proximité,</li><li>- ceinturer la construction par un réseau de drains ou tranchées drainantes pour éviter les ruissellements et la stagnation d'eau aux abords du bâtiment.</li></ul>	<p>- ceinturer la construction par un réseau de drains ou tranchées drainantes pour éviter les ruissellements et la stagnation d'eau aux abords du bâtiment.</p>
--	--	--	--

## Croisement entre l'aléa effondrement localisé minier et de l'aléa sismique

Aléas	Aléa effondrement localisé minier	Sismique	Aléas effondrement localisé et sismique
Guide	<i>Guide de dispositions constructives pour le bâti neuf situé en zone d'aléa de fontis</i> CSTB 29/10/2012	Réglementation parasismique PS-MI	Les constructions de bâtiments de type 3, 4 en zone 2 et 3 et de type 2 collectifs en zone 3 doivent faire l'objet d'études spécifiques.
Généralités	<p>Dans le cas d'un diamètre de fontis attendu inférieur à 5 m, les recommandations suivantes sont à appliquer :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- aux maisons individuelles ne dépassant pas 4 niveaux,</li> <li>- aux bâtiments agricoles,</li> <li>- aux bâtiments peu fréquentés à condition qu'aucune partie du bâtiment ne se situe à une distance d'un autre bâtiment, ou d'une zone fréquentée, inférieure à une fois et demie la hauteur du bâtiment.</li> </ul> <p>En dehors de ces types de bâtiments, le projet devra faire l'objet d'une étude spécifique montrant que la structure résistera à une perte d'appui équivalente à un fontis de 5 m de diamètre.</p> <p>Pour les types de bâtiments pré-cités, il ne sera possible de déroger aux recommandations suivantes (notamment sur les formes simples) qu'à la suite d'une étude spécifique montrant que la structure résistera à une perte d'appui équivalente à un fontis de 5 m de diamètre.</p> <p>Les matériaux utilisés doivent être conformes aux normes de référence en vigueur.</p>	<p><b>Zone 1</b> : Pas de préconisation.  <b>Zone 2</b> : Étude spécifique pour bâtiments type 3 et 4.  <b>Zone 3</b> : Étude spécifique pour bâtiments type 2 collectifs et 4.                      Application des règles suivantes pour les bâtiments de type 2 individuels.</p>	<p>Les règles suivantes s'appliquent pour les habitations individuelles (et les « bâtiments scolaires simples ») en zone 3 sismiques et zone d'aléa effondrement localisé pour <math>D &lt; 5</math> m.</p>
Symétrie	<p>La distance entre les 2 murs les plus éloignés selon une direction ne doit pas être inférieure à 0,75 fois la dimension du bâtiment dans cette direction.</p> 		<p>La distance entre les 2 murs les plus éloignés selon une direction ne doit pas être inférieure à 0,75 fois la dimension du bâtiment dans cette direction.</p> 
Compacité	<p>La plus grande dimension ne doit pas dépasser 2 fois la plus petite dimension.</p> 		<p>La plus grande dimension ne doit pas dépasser 2 fois la plus petite dimension.</p> 
Retraits	<p>Les retraits par rapport au polygone convexe circonscrit au plancher ou à la charpente faisant office de diaphragme doivent respecter pour chaque niveau :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 retraits maximum,</li> </ul>		<p>Les retraits par rapport au polygone convexe circonscrit au plancher ou à la charpente faisant office de diaphragme doivent respecter pour chaque niveau :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 retraits maximum,</li> </ul>

	<p>- aucun retrait ne dépasse 10 % de la surface du plancher,  - la somme de tous les retraits ne dépasse pas 30 % de la surface du plancher.</p> 		<p>- aucun retrait ne dépasse 10 % de la surface du plancher,  - la somme de tous les retraits ne dépasse pas 30 % de la surface du plancher.</p> 
Murs	<p>Il faut au moins 2 murs parallèles dans chaque direction principale du bâtiment. La distance maxi entre 2 murs principaux successifs dans une direction ne doit pas dépasser 5 m. (Murs parallèles si angle ne dépasse pas 15°)</p> 		<p>Il faut au moins 2 murs parallèles dans chaque direction principale du bâtiment. La distance maxi entre 2 murs principaux successifs dans une direction ne doit pas dépasser 5 m. (Murs parallèles si angle ne dépasse pas 15°)</p> 
Étages	<p>Les porteurs verticaux sont continus de la fondation jusqu'à la toiture.  Si retraits successifs avec symétrie axiale, le retrait du n ne doit pas dépasser 20 % de la dimension du n-1.  Si retraits non symétriques :  - somme de retraits de tous les niveaux ne doit pas dépasser 30 % de la dimension du 1<sup>er</sup> niveau,  - chaque retrait de n ne doit pas dépasser 10 % de la dimension n-1.</p> 		<p>Les porteurs verticaux sont continus de la fondation jusqu'à la toiture.  Si retraits successifs avec symétrie axiale, le retrait du n ne doit pas dépasser 20 % de la dimension du n-1.  Si retraits non symétriques :  - somme de retraits de tous les niveaux ne doit pas dépasser 30 % de la dimension du 1<sup>er</sup> niveau,  - chaque retrait de n ne doit pas dépasser 10 % de la dimension n-1.</p> 
Implantation	<p><b>Recommandations :</b>  - la construction ne doit pas être proche d'un rebord de crête et d'un pied de talus de pente supérieure à 50 %.</p>	<p>S'éloigner des bords de falaise, pied de crête et pentes instables.</p>	<p>- la construction ne doit pas être proche d'un rebord de crête et d'un pied de talus de pente supérieure à 50 %.  En crête, distance minimale = 2 fois la hauteur du talus.</p>

	<p>En crête, distance minimale = 2 fois la hauteur du talus. En pied, distance minimale = 1 fois la hauteur du talus</p>  <p>- Les constructions accolées sont possibles si elles sont liées, sinon la distance séparant les constructions est au moins égale à la hauteur de la plus grande.</p> <p>- Si présence d'élément élancé, sa distance minimale par rapport au projet doit être au moins égale hauteur de l'élément.</p>		<p>En pied, distance minimale = 1 fois la hauteur du talus.</p>  <p>- Si les bâtiments sont accolés, ils doivent partager les mêmes fondations. Sinon ils doivent être éloignés l'un de l'autre d'une distance au moins égale à la hauteur du plus haut bâtiment.</p> <p>- Si présence d'élément élancé, sa distance minimale par rapport au projet doit être au moins égale hauteur de l'élément.</p>
Formes	<p><b>Plan :</b> Plan régulier (rectangle) <math>L/l \leq 2</math></p> <p><b>Élévation :</b> Porteurs verticaux continus sur la hauteur. Limitation du nombre d'étage mais non chiffrée. Elle est déduite de la limite de résistance des matériaux en cas d'aléa fontis, afin d'assurer une redistribution convenable des charges verticales aux parties qui sont en contact avec le sol.</p>	<p>Privilégier la compacité du bâtiment. Limiter les décrochements en plan et en élévation. Fractionner le bâtiment en blocs homogènes par des joints parasismiques continus.</p> <p>Distribuer les masses et les raideurs (murs poteaux, voiles...) de façon équilibrée. Assurer le contreventement horizontal et vertical de la structure. Superposer les éléments de contreventement. Créer des diaphragmes rigides à tous les niveaux.</p>	<p>Plan régulier (rectangle) <math>L/l \leq 2</math> Il faut au moins 2 murs parallèles dans chaque direction principale du bâtiment (Murs parallèles si angle ne dépasse pas <math>15^\circ</math>). Pas de séparation des blocs rigides (voir implantation)</p> <p>Porteurs verticaux continus sur la hauteur. Limitation du nombre d'étage déduite de la limite de résistance des matériaux en cas d'aléa fontis, afin d'assurer une redistribution convenable des charges verticales aux parties qui sont en contact avec le sol. Créer des diaphragmes rigides à tous les niveaux.</p>
Fondations	<p><b>Semelles filantes :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les semelles ne doivent pas, <u>dans la mesure du possible</u> descendre sous la cote hors gel,</li> <li>- si possible, les charges doivent être réparties au mieux sur l'ensemble des fondations et la contrainte au sol sera le plus homogène possible,</li> <li>- les semelles doivent être dimensionnées vis-à-vis de la contrainte de calcul du sol et doivent pouvoir reprendre la partie de charge engendrée par la perte d'appuis,</li> <li>- tous les porteurs verticaux doivent reposer sur des semelles de fondations,</li> <li>- les fondations doivent être filantes et constituer un système homogène. Les fondations isolées doivent être reliées aux autres fondations par des pontages pour redistribuer les charges au sol,</li> <li>- les semelles doivent avoir une longueur minimale de 2 fois le diamètre attendu du fontis majorée d'1 m, Le tableau des armatures minimales est en annexes du guide.</li> <li>- dans le cas des poteaux, les armatures peuvent être prises comme dans le cas d'un mur court.</li> </ul> <p><b>Fondations sur pieux sur substrat résistant :</b></p>	<p>Un chaînage horizontal au niveau des fondations ou au niveau du plancher si celui-ci est situé à moins de 1,2 m de l'assise de fondation.</p> <p>Pour les semelles filantes, le réseau doit être maillé et continu.</p> <p>Les semelles isolées doivent être liaisonnées.</p> <p>Les fondations et la superstructure doivent être liaisonnées par des recouvrements de chaînage.</p> <p>Les vides sanitaires doivent être entourés de murs fondés.</p> <p>Privilégier les sous-sols complets plutôt que partiels.</p>	<p>Le guide fontis préconise de limiter au maximum la profondeur des semelles. Ce n'est a priori pas pour mieux résister au phénomène mais peut-être pour limiter l'impact des contraintes du bâtiment en profondeur. Cet impact est généralement minime vu la profondeur des cavités.</p> <p><b>Généralités sur les principes de fondation :</b></p> <p><u>Fondations superficielles :</u></p> <p>Surdimensionner les semelles de manière à pouvoir reprendre les charges liées à la perte localisée d'appui suite à un potentiel fontis .</p> <p><u>Fondations profondes :</u> Les fondations sur pieux devront dans la mesure du possible reposer sur le substratum sous les vides pouvant occasionner les fontis (techniques de pieux tubés obligatoires avec annulation des résistances par frottement au-dessus des possibles vides). Sinon (pieux arrêtés au-dessus des vides), une certaine garde devra être respectée au-dessus de la cote théorique des vides</p>

Les fondations sur pieux devront dans la mesure du possible reposer sur le substratum sous les vides pouvant occasionner les fontis (techniques de pieux tubés obligatoires avec annulation des résistances par frottement au-dessus des possibles vides). Sinon (pieux arrêtés au-dessus des vides) une certaine garde devra être respectée au-dessus de la cote théorique des vides et un surdimensionnement de la portance et un réseau de longrine devront permettre de redistribuer les charges sur les pieux adjacents en cas de fontis.

#### **Radier :**

Cette solution est présentée comme la plus efficace dans les zones d'aléas fontis. Dans ce cas, rien n'est à prévoir en superstructures. Le guide déconseille les épaisseurs de moins de 40 cm et donne des éléments pour les calculs de solutions notamment pour les armatures.

#### **Dallages :**

Concevoir le dallage comme un plancher armé. L'épaisseur minimale 15cm, la distance entre joints au moins 2 fois le diamètre attendu du fontis, + idem plancher bas ou sur vide sanitaire.

#### **Murs de soubassement :**

À réaliser en béton armé à partir des fondations et jusqu'au premier niveau des chaînages horizontaux. Pas de joint prévu entre semelle et mur de soubassement. Les armatures de chaînages horizontaux doivent être calculées pour équilibrer les moments négatifs dans les semelles. La hauteur totale (semelle + soubassement) prise en compte dans le calcul est limitée à 1 m.

#### **Plancher bas ou sur vide sanitaire :**

Les planchers en béton peuvent être constitués par :  
- des éléments préfabriqués de poutrelles en béton armé ou précontraint et entrevous associés à une dalle de compression coulée en œuvre et armée par un treillis soudé,  
- des prédalles en béton armé ou précontraint associé à une dalle complémentaire coulée en œuvre,  
- une dalle coulée en place.  
Les autres types de planchers bétons doivent respecter les textes spécifiques les concernant.

La liaison aux éléments de structures est assurée par les

et un surdimensionnement de la portance et un réseau de longrine devront permettre de redistribuer les charges sur les pieux adjacents en cas de fontis.

Point réglementaire : Les différents types de fondations doivent à minima répondre aux règlements en vigueur : pour les fondations superficielles NF P 94-261 sauf dallage DTU 13,3 et pour les fondations profondes NF P 94-262.

#### **Profondeur des fondations**

Point réglementaire : carte de mise hors gel à respecter (0,5 à 0,9 selon la localisation et approfondissement de 5 cm tous les 200 m d'altitude) soit des profondeurs minimales dans le NPDC de 0,5 m à 0,7 m voire 0,75 m pour une altitude de 200m.

#### **Type de fondations :**

##### Semelles filantes et dalles :

- si possible, les charges doivent être réparties au mieux sur l'ensemble des fondations et la contrainte au sol sera le plus homogène possible,
- elles doivent pouvoir reprendre la partie de charge engendrée par la perte d'appuis,
- tous les porteurs verticaux doivent reposer sur des semelles de fondations,
- les fondations doivent être filantes et constituer un système homogène. Les fondations isolées doivent être reliées aux autres fondations par des pontages pour redistribuer les charges au sol,
- les semelles doivent avoir une longueur minimale de 2 fois le diamètre attendu du fontis majorée d'1 m,
- armatures minimales en annexes du guide CSTB...
- dans le cas des poteaux, les armatures peuvent être prises comme dans le cas d'un mur court,
- dans le cas des dalles, le dallage doit être conçu comme un plancher armé d'épaisseur minimale 15cm, distance entre joints au moins 2 fois le diamètre attendu du fontis.

##### Radier :

L'épaisseur est d'au moins 40 cm. Le dimensionnement doit être conforme aux préconisations du guide CSTB.

##### Plancher bas ou sur vide sanitaire :

Les planchers en béton peuvent être constitués par :  
- des éléments préfabriqués de poutrelles en béton armé ou précontraint et entrevous associés à une dalle de compression coulée en œuvre et armée par un treillis soudé,  
- des prédalles en béton armé ou précontraint associé à une dalle complémentaire coulée en œuvre,  
- une dalle coulée en place,

	<p>armatures.  Dans la zone courante, le plancher doit comporter une section d'acier de 0,6 cm<sup>2</sup>/ml dans les deux directions (au moins acier B500A).  L'espacement entre armatures ne doit pas dépasser :  - 25 cm dans le cas de planchers à, poutrelles et entrevous non résistants,  - 33 cm dans tous les autres cas.  Toutes les armatures doivent être ancrées dans les chaînages.</p> <p><u>Liaison du plancher aux éléments de structure et aux chaînages :</u>  Continuité du treillis soudé HA par un recouvrement de 50 diamètre ou par 3 soudures au moins du treillis au-dessus des appuis.  Pour les barres isolées, les longueurs de recouvrement et les longueurs d'ancrage sont d'au moins 50 diamètres.</p> <p><u>Plancher à poutrelles :</u>  La fonction diaphragme est assurée par une table de décompression coulée en œuvre sur toute la surface du plancher d'épaisseur minimale 4 cm pour les cas d'entrevous résistants en béton ou terre cuite et de 5 cm dans les autres cas.</p>		<p>- les dalles doivent être conçues comme un plancher armé d'épaisseur minimale 15cm, la distance entre joints au moins 2 fois le diamètre attendu du fontis.</p> <p>Les autres types de planchers bétons doivent respecter les textes spécifiques les concernant.</p> <p>La liaison aux éléments de structures est assurée par les armatures.  Dans la zone courante, le plancher doit comporter une section d'acier de 0,6 cm<sup>2</sup>/ml dans les deux directions (au moins acier B500A).  L'espacement entre armatures ne doit pas dépasser :  - 25 cm dans le cas de planchers à, poutrelles et entrevous non résistants,  - 33 cm dans tous les autres cas.  Toutes les armatures doivent être ancrées dans les chaînages.</p> <p><u>Liaison du plancher aux éléments de structure et aux chaînages :</u>  Continuité du treillis soudé HA par un recouvrement de 50 diamètre ou par 3 soudures au moins du treillis au-dessus des appuis.  Pour les barres isolées, les longueurs de recouvrement et les longueurs d'ancrage sont d'au moins 50 diamètres.</p> <p><u>Plancher à poutrelles :</u>  La fonction diaphragme est assurée par une table de décompression coulée en œuvre sur toute la surface du plancher d'épaisseur minimale 4 cm pour les cas d'entrevous résistants en béton ou terre cuite et de 5 cm dans les autres cas.</p>
Murs en maçonnerie	<p><b>Généralités :</b>  - épaisseur d'au moins 150 mm,  - si le mur est maintenu au sommet, la hauteur est limitée à 30 fois l'épaisseur</p> <p><b>Recommandations :</b>  - murs de contreventement sans ouvertures de plus de 0,04m<sup>2</sup>. Distance minimale entre l'ouverture et le bord le plus proche 1 m.  - remplir les joints verticaux avec mortier de jointoiment.</p> <p><u>Pourcentage total des porteurs verticaux :</u>  - si murs dont la longueur dépasse le diamètre du fontis + 0,5 m, il faut disposer un pourcentage minimal de la totalité des surfaces prises par les porteurs verticaux dans les 2 directions du bâtiment (limite la contrainte de compression dans les bielles).  - pourcentage total minimal des porteurs verticaux =</p>		<p>- épaisseur d'au moins 150 mm,  - si le mur est maintenu au sommet la hauteur est limitée à 30 fois l'épaisseur  - murs de contreventement sans ouvertures de plus de 0,04m<sup>2</sup>. Distance minimale entre l'ouverture et le bord le plus proche 1 m.  - remplir les joints verticaux avec mortier de jointoiment.</p> <p><u>Pourcentage total des porteurs verticaux :</u>  - si murs dont la longueur dépasse le diamètre du fontis + 0,5 m, il faut disposer un pourcentage minimal de la totalité des surfaces prises par les porteurs verticaux dans les 2 directions du bâtiment (limite la contrainte de compression dans les bielles).  - pourcentage total minimal des porteurs verticaux = section horizontale / surface totale de l'étage.</p>

section horizontale / surface totale de l'étage.

Niveaux	Toiture lourde			Toiture légère		
	1	2	3	1	2	3
Diamètre [m]						
2	2.2%	5.7%	9.1%	0.8%	4.3%	7.8%
3	3.6%	9.4%		1.4%	7.2%	
4	4.4%	11.3%		1.7%	8.6%	
5	5.1%			1.9%	10.1%	

**Chaînages :**

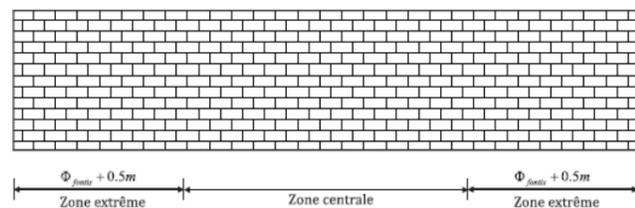
- chaînages horizontaux et verticaux liés entre eux et ancrés aux éléments du système structural principal,
- béton des chaînages doit être coulé après exécution de la maçonnerie,
- section transversale des chaînages H et V pas inférieure à 150 mm,
- % d'armatures longitudinales dans la section du chaînage pas inférieur à 1 % de la section du béton du chaînage,
- cadres en HA5 au minimum et espacés de 400mm maxi autour des armatures longitudinales, recouvrements au minimum de 50 fois le diamètre des armatures soit 500 mm pour des barres HA10 et 600 mm pour des barres HA12.

**Les chaînages verticaux sont placés :**

- aux bords libres de chaque élément de mur de la structure,
- à l'intérieur des murs dont la longueur dépasse 1,5m,
- à chaque intersection de murs.

**Prescriptions chaînages verticaux :**

- si chaînages sur plusieurs niveaux, ils sont rectilignes,
- la section des chaînages est constante sur toute la hauteur de la construction,
- les armatures longitudinales sont rectilignes et rendues continues par recouvrement,
- en partie inférieure, les chaînages sont ancrés dans les fondations
- décalage des joints verticaux (harpage) conservé le long des bords verticaux du chaînage.
- si murs longs  $L > 2 * D$  du fontis + 1,5 m, distance minimale entre les chaînages 1,5 m en partie extrême et 3 m dans la partie centrale



- pour murs courts, distance minimale entre chaînage 1,5 m.

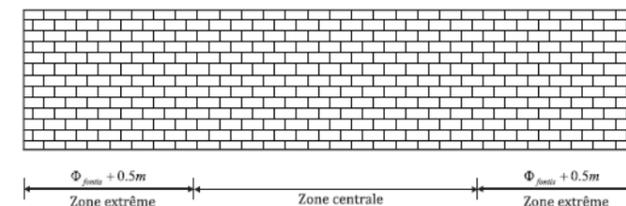
Niveaux	Toiture lourde			Toiture légère		
	1	2	3	1	2	3
Diamètre [m]						
2	2.2%	5.7%	9.1%	0.8%	4.3%	7.8%
3	3.6%	9.4%		1.4%	7.2%	
4	4.4%	11.3%		1.7%	8.6%	
5	5.1%			1.9%	10.1%	

**Chaînages :**

- chaînages horizontaux et verticaux liés entre eux et ancrés aux éléments du système structural principal,
- béton des chaînages doit être coulé après exécution de la maçonnerie,
- section transversale des chaînages H et V pas inférieure à 150 mm,
- % d'armatures longitudinales dans la section du chaînage pas inférieur à 1 % de la section du béton du chaînage,
- cadres en HA5 au minimum et espacés de 400mm maxi autour des armatures longitudinales, recouvrements au minimum de 50 fois le diamètre des armatures soit 500 mm pour des barres HA10 et 600 mm pour des barres HA12.

**Les chaînages verticaux sont placés :**

- aux bords libres de chaque élément de mur de la structure,
- à l'intérieur des murs dont la longueur dépasse 1,5m,
- à chaque intersection de murs.
- si chaînages sur plusieurs niveaux, ils sont rectilignes,
- la section des chaînages est constante sur toute la hauteur de la construction,
- les armatures longitudinales sont rectilignes et rendues continues par recouvrement,
- en partie inférieure, les chaînages sont ancrés dans les fondations
- décalage des joints verticaux (harpage) conservé le long des bords verticaux du chaînage.
- si murs longs  $L > 2 * D$  du fontis + 1,5 m, distance minimale entre les chaînages 1,5 m en partie extrême et 3 m dans la partie centrale



- pour murs courts, distance minimale entre chaînage 1,5 m.

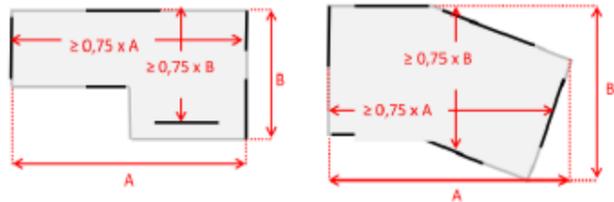
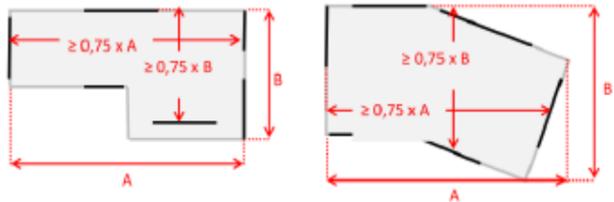
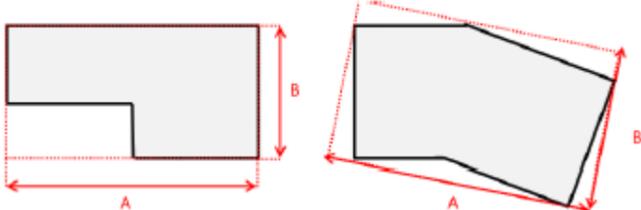
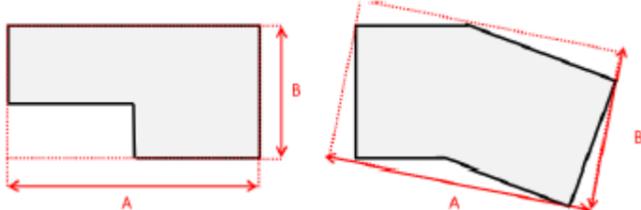
**Les chaînages horizontaux sont placés :**

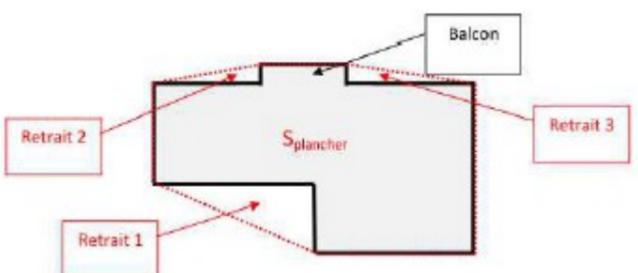
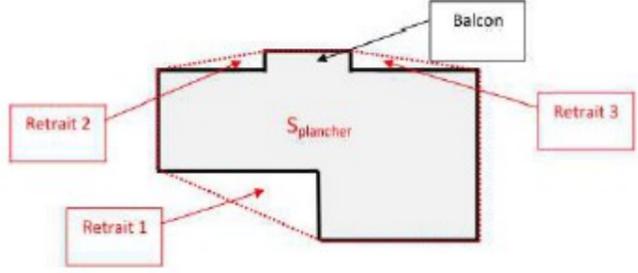
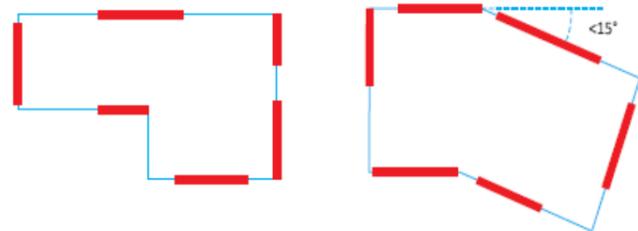
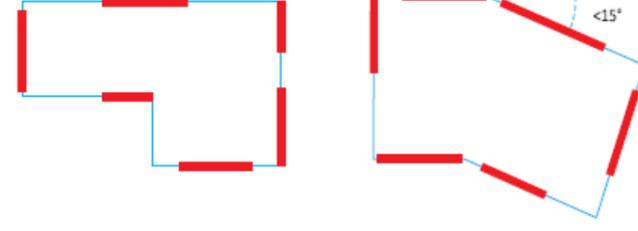
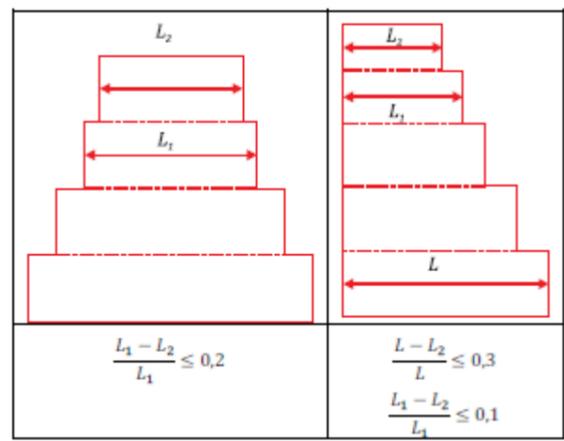
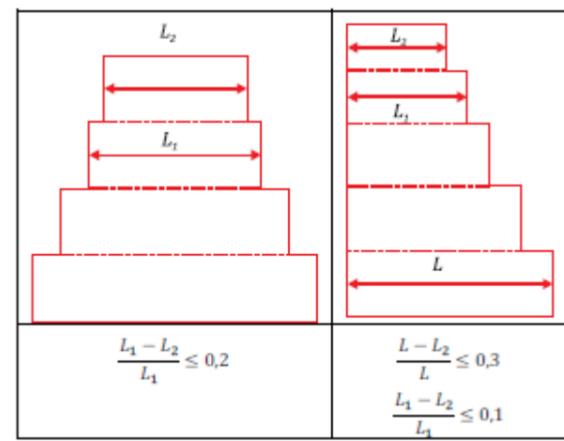
- dans le plan du mur,
- au niveau de chaque plancher,

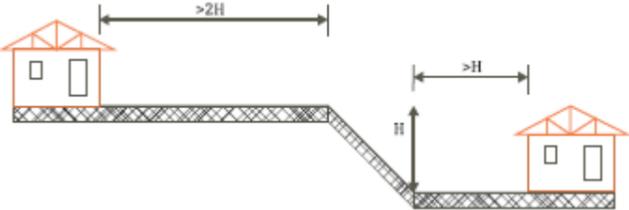
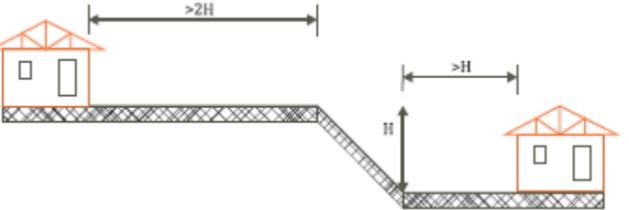
	<p><i>Les chaînages horizontaux sont placés :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- dans le plan du mur,</li> <li>- au niveau de chaque plancher,</li> <li>- au niveau du couronnement des combles,</li> <li>- au niveau des fondations,</li> <li>- au niveau de l'appui d'une charpente en tête de mur si pas de plancher à ce niveau.</li> </ul> <p>L'espacement vertical des chaînages H pas supérieur à 4 m.</p> <p><i>Liaison des chaînages :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- continuité et recouvrement des chaînages concourant en un même nœud assurés dans les trois directions,</li> <li>- les dispositions adoptées ne doivent donner lieu à aucune poussée au vide,</li> <li>- recouvrement mini de 50 fois le diamètre des armatures.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- au niveau du couronnement des combles,</li> <li>- au niveau des fondations,</li> <li>- au niveau de l'appui d'une charpente en tête de mur si pas de plancher à ce niveau.</li> </ul> <p>L'espacement vertical des chaînages H pas supérieur à 4 m.</p> <p><i>Liaison des chaînages :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- continuité et recouvrement des chaînages concourant en un même nœud assurés dans les trois directions,</li> <li>- les dispositions adoptées ne doivent donner lieu à aucune poussée au vide,</li> <li>- recouvrement mini de 50 fois le diamètre des armatures</li> </ul>
Murs béton banché	Tableau avec armatures minimales. Distance entre les chaînages verticaux 3 m.		Les armatures minimales doivent être conformes aux préconisations du guide du CSTB. Distance entre les chaînages verticaux 3 m.
Ouvertures	Les ouvertures de plus d'1 m2 doivent être encadrées, sur leur pourtour par une section d'armatures mini équivalente à 2HA8		Les ouvertures de plus d'1 m2 doivent être encadrées, sur leur pourtour par une section d'armatures mini équivalente à 2HA8
Escaliers	<p>Éviter :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>les escaliers en voûte,</li> <li>les escaliers avec crémaillère,</li> <li>les escaliers hélicoïdaux</li> <li>les escaliers à marches en consoles encastrées dans un mur en maçonnerie.</li> </ul> <p>Les limons ou volées des escaliers en béton armé doivent présenter des liaisons par armatures avec les planchers auxquels ils sont reliés. Au RDC, les limons ou les paillasses doivent être liés au réseau des semelles de fondations (directement ou par pontage)</p>		<p>Éviter :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>les escaliers en voûte,</li> <li>les escaliers avec crémaillère,</li> <li>les escaliers hélicoïdaux</li> <li>les escaliers à marches en consoles encastrées dans un mur en maçonnerie.</li> </ul> <p>Les limons ou volées des escaliers en béton armé doivent présenter des liaisons par armatures avec les planchers auxquels ils sont reliés. Au RDC, les limons ou les paillasses doivent être liés au réseau des semelles de fondations (directement ou par pontage)</p>
Conduits de fumée	<p><b>Prescriptions :</b></p> <p>Cheminées pourvues de raidisseurs métalliques à chaque angle du terminal (les souches peuvent être aussi munies de haubanage).</p> <p><b>Recommandations :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mise en place de ceinture en plat en acier,</li> <li>- conduits adossés aux murs intérieurs sans affaiblir la section résistante du mur,</li> <li>- à l'intérieur, les conduits doivent être liaisonnés à la charpente et à chaque plancher par des attaches métalliques.</li> <li>- implanter les cheminées à proximité du faîtage.</li> </ul>	Assurer une liaison efficace des cheminées, des éléments de bardages...	<p>Cheminées pourvues de raidisseurs métalliques à chaque angle du terminal (les souches peuvent être aussi munies de haubanage).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mise en place de ceinture en plat en acier,</li> <li>- conduits adossés aux murs intérieurs sans affaiblir la section résistante du mur,</li> <li>- à l'intérieur, les conduits doivent être liaisonnés à la charpente et à chaque plancher par des attaches métalliques.</li> <li>- implanter les cheminées à proximité du faîtage.</li> </ul>
Cloisons	Cloisons de distributions fixée aux structures principales	Fixer les éléments non structuraux (cloisons, plafonds)	Fixer les éléments non structuraux

	par des attaches et des cadres. Portes lourdes ou fragiles attachées aux cadres ou aux chaînages.	suspendus, luminaires, équipement technique lourds).	Portes lourdes ou fragiles attachées aux cadres ou aux chaînages.
--	--	--	---

## Croisement entre l'aléa effondrement localisé minier et l'aléa tassements miniers

Aléas	Aléa effondrement localisé minier	Aléa tassements miniers	Aléas effondrement localisé minier (D<5 m) et retrait gonflement des argiles.
Guide	<i>Guide de dispositions constructives pour le bâti neuf situé en zone d'aléa de fontis</i> CSTB 29/10/2012	Adaptation du guide retrait gonflement.	Constructible aux conditions suivantes :
Généralités	<p>Dans le cas d'un diamètre de fontis attendu inférieur à 5 m, les recommandations suivantes sont à appliquer :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- aux maisons individuelles ne dépassant pas 4 niveaux,</li> <li>- aux bâtiments agricoles,</li> <li>- aux bâtiments peu fréquentés à condition qu'aucune partie du bâtiment ne se situe à une distance d'un autre bâtiment, ou d'une zone fréquentée, inférieure à une fois et demie la hauteur du bâtiment.</li> </ul> <p>En dehors de ces types de bâtiments, le projet devra faire l'objet d'une étude spécifique montrant que la structure résistera à une perte d'appui équivalente à un fontis de 5 m de diamètre.</p> <p>Pour les types de bâtiments pré-cités, il ne sera possible de déroger aux recommandations suivantes (notamment sur les formes simples) qu'à la suite d'une étude spécifique montrant que la structure résistera à une perte d'appui équivalente à un fontis de 5 m de diamètre.</p> <p>Les matériaux utilisés doivent être conformes aux normes de référence en vigueur.</p>	Le mouvement des tassements est similaire au retrait.	<p>Le guide retrait gonflement, traite des maisons neuves. Les bâtiments plus importants sont généralement peu sensibles au phénomène.</p> <p>Le guide fontis sépare les ouvrages complexes et les maisons régulières.</p> <p>Si les deux aléas sont associés, pour les ouvrages complexes, il faudra suivre les dispositions du guide fontis qui donne « les incontournables » et impose des études pour le dimensionnement précis.</p>
Symétrie	<p>La distance entre les 2 murs les plus éloignés selon une direction ne doit pas être inférieure à 0,75 fois la dimension du bâtiment dans cette direction.</p> 		<p>La distance entre les 2 murs les plus éloignés selon une direction ne doit pas être inférieure à 0,75 fois la dimension du bâtiment dans cette direction.</p> 
Compacité	<p>La plus grande dimension ne doit pas dépasser 2 fois la plus petite dimension.</p> 		<p>La plus grande dimension ne doit pas dépasser 2 fois la plus petite dimension.</p> 
Retraits	<p>Les retraits par rapport au polygone convexe circonscrit au plancher ou à la charpente faisant office de diaphragme doivent respecter pour chaque niveau :</p>		<p>Les retraits par rapport au polygone convexe circonscrit au plancher ou à la charpente faisant office de diaphragme doivent respecter pour chaque niveau :</p>

	<p>- 3 retraits maximum,  - aucun retrait ne dépasse 10 % de la surface du plancher,  - la somme de tous les retraits ne dépasse pas 30 % de la surface du plancher.</p> 		<p>- 3 retraits maximum,  - aucun retrait ne dépasse 10 % de la surface du plancher,  - la somme de tous les retraits ne dépasse pas 30 % de la surface du plancher.</p> 								
Murs	<p>Il faut au moins 2 murs parallèles dans chaque direction principale du bâtiment. La distance maxi entre 2 murs principaux successifs dans une direction ne doit pas dépasser 5 m. (Murs parallèles si angle ne dépasse pas 15°)</p> 		<p>Il faut au moins 2 murs parallèles dans chaque direction principale du bâtiment. La distance maxi entre 2 murs principaux successifs dans une direction ne doit pas dépasser 5 m. (Murs parallèles si angle ne dépasse pas 15°)</p> 								
Étages	<p>Les porteurs verticaux sont continus de la fondation jusqu'à la toiture.  Si retraits successifs avec symétrie axiale, le retrait du n ne doit pas dépasser 20 % de la dimension du n-1.  Si retraits non symétriques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- somme de retraits de tous les niveaux ne doit pas dépasser 30 % de la dimension du 1<sup>er</sup> niveau,</li> <li>- chaque retrait de n ne doit pas dépasser 10 % de la dimension n-1.</li> </ul>  <table border="1" data-bbox="341 1396 905 1837"> <tr> <td><math>\frac{L_1 - L_2}{L_1} \leq 0,2</math></td> <td><math>\frac{L - L_2}{L} \leq 0,3</math></td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>\frac{L_1 - L_2}{L_1} \leq 0,1</math></td> </tr> </table>	$\frac{L_1 - L_2}{L_1} \leq 0,2$	$\frac{L - L_2}{L} \leq 0,3$		$\frac{L_1 - L_2}{L_1} \leq 0,1$		<p>Les porteurs verticaux sont continus de la fondation jusqu'à la toiture.  Si retraits successifs avec symétrie axiale, le retrait du n ne doit pas dépasser 20 % de la dimension du n-1.  Si retraits non symétriques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- somme de retraits de tous les niveaux ne doit pas dépasser 30 % de la dimension du 1<sup>er</sup> niveau,</li> <li>- chaque retrait de n ne doit pas dépasser 10 % de la dimension n-1.</li> </ul>  <table border="1" data-bbox="1988 1396 2552 1837"> <tr> <td><math>\frac{L_1 - L_2}{L_1} \leq 0,2</math></td> <td><math>\frac{L - L_2}{L} \leq 0,3</math></td> </tr> <tr> <td></td> <td><math>\frac{L_1 - L_2}{L_1} \leq 0,1</math></td> </tr> </table>	$\frac{L_1 - L_2}{L_1} \leq 0,2$	$\frac{L - L_2}{L} \leq 0,3$		$\frac{L_1 - L_2}{L_1} \leq 0,1$
$\frac{L_1 - L_2}{L_1} \leq 0,2$	$\frac{L - L_2}{L} \leq 0,3$										
	$\frac{L_1 - L_2}{L_1} \leq 0,1$										
$\frac{L_1 - L_2}{L_1} \leq 0,2$	$\frac{L - L_2}{L} \leq 0,3$										
	$\frac{L_1 - L_2}{L_1} \leq 0,1$										
Implantation	<p><b>Recommandations :</b>  - la construction ne doit pas être proche d'un rebord de</p>	<p>Les bâtiments accolés et fondés différemment doivent être désolidarisés par un joint de rupture.</p>	<p>- la construction ne doit pas être proche d'un rebord de crête</p>								

	<p>crête et d'un pied de talus de pente supérieure à 50 %. En crête, distance minimale = 2 fois la hauteur du talus. En pied, distance minimale = 1 fois la hauteur du talus</p>  <p>- Les constructions accolées sont possibles si elles sont liées, sinon la distance séparant les constructions est au moins égale à la hauteur de la plus grande.</p> <p>- si présence d'élément élancé, sa distance minimale par rapport au projet doit être au moins égale hauteur de l'élément.</p>		<p>et d'un pied de talus de pente supérieure à 50 %. En crête, distance minimale = 2 fois la hauteur du talus. En pied, distance minimale = 1 fois la hauteur du talus.</p>  <p>- Si les bâtiments sont accolés, ils doivent partager les mêmes fondations. Sinon ils doivent être éloignés l'un de l'autre d'une distance au moins égale à la hauteur du plus haut bâtiment.</p>
Formes	<p><b>Plan :</b> Plan régulier (rectangle) <math>L/l \leq 2</math></p> <p><b>Élévation :</b> Porteurs verticaux continus sur la hauteur. Limitation du nombre d'étage mais non chiffrée. Elle est déduite de la limite de résistance des matériaux en cas d'aléa fontis, afin d'assurer une redistribution convenable des charges verticales aux parties qui sont en contact avec le sol.</p>	<p>Découpage de la construction en blocs rigides séparés par des joints de ruptures dont la géométrie est régulière (rectangle) avec <math>L/l \leq 2</math>. Il faut au moins 2 murs parallèles dans chaque direction principale du bâtiment (Murs parallèles si angle ne dépasse pas 15°).</p> <p>Porteurs verticaux continus sur la hauteur. Lorsque les niveaux de la construction n'ont pas la même géométrie, l'écart entre les surfaces de plancher de deux niveaux successifs ne doit pas dépasser 20 %. Si cette règle n'est pas respectée, il faut désolidariser les parties de structures fondées différemment.</p>	<p>Plan régulier (rectangle) <math>L/l \leq 2</math> Il faut au moins 2 murs parallèles dans chaque direction principale du bâtiment (Murs parallèles si angle ne dépasse pas 15°). Pas de séparation des blocs rigides (voir implantation)</p> <p>Porteurs verticaux continus sur la hauteur. Limitation du nombre d'étage mais non chiffrée. Elle est déduite de la limite de résistance des matériaux en cas d'aléa fontis, afin d'assurer une redistribution convenable des charges verticales aux parties qui sont en contact avec le sol. Lorsque les niveaux de la construction n'ont pas la même géométrie, l'écart entre les surfaces de plancher de deux niveaux successifs ne doit pas dépasser 20 %.</p>
Fondations	<p><b>Semelles filantes :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les semelles ne doivent pas, <u>dans la mesure du possible</u> descendre sous la cote hors gel,</li> <li>- si possible, les charges doivent être réparties au mieux sur l'ensemble des fondations et la contrainte au sol sera le plus homogène possible,</li> <li>- les semelles doivent être dimensionnées vis-à-vis de la contrainte de calcul du sol et doivent pouvoir reprendre la partie de charge engendrée par la perte d'appuis,</li> <li>- tous les porteurs verticaux doivent reposer sur des semelles de fondations,</li> <li>- les fondations doivent être filantes et constituer un système homogène. Les fondations isolées doivent être reliées aux autres fondations par des pontages pour redistribuer les charges au sol,</li> <li>les semelles doivent avoir une longueur minimale de 2 fois le diamètre attendu du fontis majorée d'1 m,</li> <li>- le tableau fixant les armatures minimales est en annexes du guide.</li> </ul>	<p>La conception des fondations doit respecter quelques grands principes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- adopter une profondeur suffisante, à adapter en fonction de la portance du sol et de la profondeur de pénétration du gel ;</li> <li>- éviter toute dissymétrie dans la profondeur des semelles de fondation ;</li> <li>- recourir à des fondations continues et armées, bétonnées en pleine fouille sur toute leur hauteur (les fondations coffrées sont toutefois possibles bien que de réalisation plus complexe).</li> </ul> <p>Pour bénéficier d'un sol de même nature à la base des différentes fondations, il est préférable, lorsque la pente le permet et si la géologie le nécessite, d'avoir recours à des fondations à des niveaux différents (suivant la ligne de pente) plutôt que de procéder par déblai ou déblai/remblai pour fonder sur un même niveau. La norme DTU 13.12 stipule que, pour des fondations à des niveaux différents, les niveaux des fondations successives doivent</p>	<p>Le guide fontis préconise de limiter au maximum la profondeur des semelles. Ce n'est a priori pas pour mieux résister au phénomène mais peut-être pour limiter l'impact des contraintes du bâtiment en profondeur. Cet impact est généralement minime vu la profondeur des cavités.</p> <p>Dans le cas des aléas fontis et retrait gonflement simultanés :</p> <p><b>Généralités sur les principes de fondation :</b></p> <p><u>Fondations superficielles :</u> Fonder les semelles de l'ensemble de la structure sur un sol de même nature (tassements différentiels). Surdimensionner les semelles de manière à pouvoir reprendre les charges liées à la perte localisée d'appui suite à un potentiel fontis .</p> <p><u>Fondations profondes :</u> Les fondations sur pieux devront dans la mesure du possible</p>

<p>- dans le cas des poteaux, les armatures peuvent être prises comme dans le cas d'un mur court.</p> <p><b>Fondations sur pieux sur substrat résistant :</b></p> <p>Les fondations sur pieux devront dans la mesure du possible reposer sur le substratum sous les vides pouvant occasionner les fontis (techniques de pieux tubés obligatoires avec annulation des résistances par frottement au-dessus des possibles vides). Sinon (pieux arrêtés au-dessus des vides), une certaine garde devra être respectée au-dessus de la cote théorique des vides et un surdimensionnement de la portance et un réseau de longrine devront permettre de redistribuer les charges sur les pieux adjacents en cas de fontis.</p> <p><b>Radier :</b></p> <p>Cette solution est présentée comme la plus efficace dans les zones d'aléas fontis. Dans ce cas, rien n'est à prévoir en superstructures. Le guide déconseille les épaisseurs de moins de 40 cm et donne des éléments pour les calculs de solutions notamment pour les armatures.</p> <p><b>Dallages :</b></p> <p>Concevoir le dallage comme un plancher armé. L'épaisseur minimale est de 15cm, la distance entre joints au moins de 2 fois le diamètre attendu du fontis, + idem plancher bas ou sur vide sanitaire</p> <p><b>Murs de soubassement :</b></p> <p>À réaliser en béton armé à partir des fondations et jusqu'au premier niveau des chaînages horizontaux. Pas de joint prévu entre semelle et mur de soubassement. Les armatures de chaînages horizontaux doivent être calculées pour équilibrer les moments négatifs dans les semelles. La hauteur totale (semelle + soubassement) prise en compte dans le calcul est limitée à 1 m.</p> <p><b>Plancher bas ou sur vide sanitaire :</b></p> <p>Les planchers en béton peuvent être constitués par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- des éléments préfabriqués de poutrelles en béton armé ou précontraint et entrevous associés à une dalle de compression coulée en œuvre et armée par un treillis soudé,</li> <li>- des prédalles en béton armé ou précontraint associé à une dalle complémentaire coulée en œuvre,</li> <li>- une dalle coulée en place.</li> </ul>	<p>être tels qu'une pente maximale de 3 de base pour 2 de hauteur relie les arêtes des semelles les plus voisines.</p> <p><u>Encastrement des fondations superficielles :</u> Étude géotechnique spécifique pour déterminer précisément l'amplitude du tassement et ainsi déterminer la profondeur d'encastrement. La profondeur minimale par rapport au niveau final du terrain extérieur est fixée à 0,8 m. Les fondations doivent être encastrées de manière homogène sur tout le pourtour du bâtiment. Les fondations filantes sur terrain plat ne doivent pas avoir de redan. Sur terrain en pente, les redans sont par contre nécessaires. Si les sols sont hétérogènes, il faut fonder à la profondeur du sol homogène ou adapter les fondations.</p> <p>Les murs inférieurs peuvent être conçus solidaires sur tout ou partie de la hauteur, de la semelle sur laquelle ils reposent pour former un soubassement monobloc.</p> <p>Les semelles doivent être armées dans toutes les directions au ferrailage minimal assurant la condition de non-fragilité.</p>	<p>reposer sur le substratum sous les vides pouvant occasionner les fontis (techniques de pieux tubés obligatoires avec annulation des résistances par frottement au-dessus des possibles vides). Sinon (pieux arrêtés au-dessus des vides), une certaine garde devra être respectée au-dessus de la cote théorique des vides et un surdimensionnement de la portance et un réseau de longrine devront permettre de redistribuer les charges sur les pieux adjacents en cas de fontis.</p> <p><u>Point réglementaire :</u> Les différents types de fondations doivent à minima répondre aux règlements en vigueur : pour les fondations superficielles NF P 94-261 sauf dallage DTU 13,3 et pour les fondations profondes NF P 94-262.</p> <p><b>Profondeur des fondations</b> <u>Point réglementaire :</u> carte de mise hors gel à respecter (0,5 à 0,9 selon la localisation et approfondissement de 5 cm tous les 200 m d'altitude) soit des profondeurs minimales dans le NPDC de 0,5 m à 0,7 m voire 0,75 m pour une altitude de 200m.</p> <p><u>Encastrement des fondations superficielles :</u> Étude géotechnique spécifique pour déterminer précisément l'amplitude du tassement et ainsi déterminer la profondeur d'encastrement. La profondeur minimale par rapport au niveau final du terrain extérieur est fixée à 0,8 m. Elles doivent être encastrées de manière homogène sur tout le pourtour du bâtiment. Les fondations filantes sur terrain plat ne doivent pas avoir de redan. Sur terrain en pente, les redans sont par contre nécessaires. Si les sols sont hétérogènes, il faut fonder à la profondeur du sol homogène ou adapter les fondations.</p> <p><b>Type de fondations :</b></p> <p><u>Semelles filantes et dalles :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- si possible, les charges doivent être réparties au mieux sur l'ensemble des fondations et la contrainte au sol sera le plus homogène possible,</li> <li>- elles doivent pouvoir reprendre la partie de charge engendrée par la perte d'appuis,</li> <li>- tous les porteurs verticaux doivent reposer sur des semelles de fondations,</li> <li>- les fondations doivent être filantes et constituer un système homogène. Les fondations isolées doivent être reliées aux autres fondations par des pontages pour redistribuer les charges au sol,</li> <li>- les semelles doivent avoir une longueur minimale de 2 fois le diamètre attendu du fontis majorée d'1 m,</li> </ul>
---	---	---

	<p>Les autres types de planchers bétons doivent respecter les textes spécifiques les concernant.</p> <p>La liaison aux éléments de structures est assurée par les armatures.  Dans la zone courante, le plancher doit comporter une section d'acier de 0,6 cm<sup>2</sup>/ml dans les deux directions (au moins acier B500A).  L'espacement entre armatures ne doit pas dépasser :  - 25 cm dans le cas de planchers à, poutrelles et entrevous non résistants,  - 33 cm dans tous les autres cas.  Toutes les armatures doivent être ancrées dans les chaînages.</p> <p><u>Liaison du plancher aux éléments de structure et aux chaînages :</u>  Continuité du treillis soudé HA par un recouvrement de 50 diamètre ou par 3 soudures au moins du treillis au-dessus des appuis.  Pour les barres isolées, les longueurs de recouvrement et les longueurs d'ancrage sont d'au moins 50 diamètres.</p> <p><u>Plancher à poutrelles :</u>  La fonction diaphragme est assurée par une table de décompression coulée en œuvre sur toute la surface du plancher d'épaisseur minimale 4 cm pour les cas d'entrevous résistants en béton ou terre cuite et de 5 cm dans les autres cas.</p>		<p>- armatures minimales en annexes du guide CSTB...  - dans le cas des poteaux, les armatures peuvent être prises comme dans le cas d'un mur court.</p> <p><u>Radier :</u>  L'épaisseur est d'au moins 40 cm. Le dimensionnement doit être conforme aux préconisations du guide CSTB.</p> <p><u>Plancher bas ou sur vide sanitaire :</u>  Les planchers en béton peuvent être constitués par :  - des éléments préfabriqués de poutrelles en béton armé ou précontraint et entrevous associés à une dalle de compression coulée en œuvre et armée par un treillis soudé,  - des prédalles en béton armé ou précontraint associé à une dalle complémentaire coulée en œuvre,  - une dalle coulée en place,  les dalles doivent être conçues comme un plancher armé d'épaisseur minimale 15cm, avec une distance entre joints au moins de 2 fois le diamètre attendu du fontis.</p> <p>Les autres types de planchers bétons doivent respecter les textes spécifiques les concernant.</p> <p>La liaison aux éléments de structures est assurée par les armatures.  Dans la zone courante, le plancher doit comporter une section d'acier de 0,6 cm<sup>2</sup>/ml dans les deux directions (au moins acier B500A).  L'espacement entre armatures ne doit pas dépasser :  - 25 cm dans le cas de planchers à, poutrelles et entrevous non résistants,  - 33 cm dans tous les autres cas.  Toutes les armatures doivent être ancrées dans les chaînages.</p> <p><u>Liaison du plancher aux éléments de structure et aux chaînages :</u>  Continuité du treillis soudé HA par un recouvrement de 50 diamètre ou par 3 soudures au moins du treillis au-dessus des appuis.  Pour les barres isolées, les longueurs de recouvrement et les longueurs d'ancrage sont d'au moins 50 diamètres.</p> <p><u>Plancher à poutrelles :</u>  La fonction diaphragme est assurée par une table de décompression coulée en œuvre sur toute la surface du plancher d'épaisseur minimale 4 cm pour les cas d'entrevous résistants en béton ou terre cuite et de 5 cm dans les autres cas.</p>
Murs en	<b>Généralités :</b>	Pour ce type de structure, les charges sont transmises au sol par	- épaisseur d'au moins 150 mm,

maçonnerie

- épaisseur d'au moins 150 mm,
- si mur maintenu au sommet la hauteur est limitée à 30 fois l'épaisseur

**Recommandations :**

- murs de contreventement sans ouvertures de plus de 0,04m2. Distance minimale entre ouverture et bord le plus proche 1 m.
- remplir les joints verticaux avec mortier de jointolement.

Pourcentage total des porteurs verticaux :

- si il y a des murs dont la longueur dépasse le diamètre du fontis + 0,5 m, il faut disposer un pourcentage minimal de la totalité des surfaces prises par les porteurs verticaux dans les 2 directions du bâtiment (limite la contrainte de compression dans les bielles).
- pourcentage total minimal des porteurs verticaux = section horizontale / surface totale de l'étage.

Niveaux	Toiture lourde			Toiture légère			
	Diamètre [m]	1	2	3	1	2	3
2		2.2%	5.7%	9.1%	0.8%	4.3%	7.8%
3		3.6%	9.4%		1.4%	7.2%	
4		4.4%	11.3%		1.7%	8.6%	
5		5.1%			1.9%	10.1%	

Chaînages :

- chaînages horizontaux et verticaux liés entre eux et ancrés aux éléments du système structural principal,
- béton des chaînages doit être coulé après exécution de la maçonnerie,
- section transversale des chaînages H et V pas inférieure à 150 mm,
- % d'armatures longitudinales dans la section du chaînage pas inférieur à 1 % de la section du béton du chaînage,
- cadres en HA5 au minimum et espacés de 400mm maxi autour des armatures longitudinales, recouvrements au minimum de 50 fois le diamètre des armatures soit 500 mm pour des barres HA10 et 600 mm pour des barres HA12.

Les chaînages verticaux sont placés :

- aux bords libres de chaque élément de mur de la structure,
- à l'intérieur des murs dont la longueur dépasse 1,5m,
- à chaque intersection de murs.

**Prescriptions chaînages verticaux :**

- si chaînages sur plusieurs niveaux, ils sont rectilignes,

des semelles superficielles isolées placées sous les poteaux. Les semelles superficielles isolées rendent ces constructions particulièrement sensibles au phénomène de retrait-gonflement. Pour une structure à ossature et remplissages de maçonnerie, un retrait localisé sous une semelle isolée provoque une déformation de l'ossature qui peut se traduire par des désordres dans l'ossature elle-même ou dans les maçonneries de remplissage qui ne sont pas prévues pour supporter des efforts. Les structures à ossatures et remplissages doivent faire l'objet d'une étude spécifique.

Une règle de base est de construire une maison avec l'armature nécessaire dans la structure et les semelles de fondation. La rigidification de la structure du bâtiment nécessite la mise en œuvre de chaînages horizontaux (haut et bas) et verticaux (poteaux d'angle) pour les murs porteurs liaisonnés.

Le dispositif de rigidification mis en œuvre pour la structure doit suivre les préconisations formulées dans la norme NF DTU 20.1 :

- « les murs en maçonnerie porteuse et les murs en maçonnerie de remplissage doivent être ceinturés à chaque étage, au niveau des planchers, ainsi qu'en couronnement, par un chaînage horizontal en béton armé, continu, fermé ; ce chaînage ceinture les façades et les relie au droit de chaque refend ». Cette mesure s'applique notamment pour les murs pignons au niveau du rampant de la couverture ;
- « les chaînages verticaux doivent être réalisés au moins dans les angles saillants et rentrant des maçonneries, ainsi que de part et d'autre des joints de fractionnement du bâtiment ».

Les liaisons entre les différents chaînages sont conçues pour assurer le transfert des efforts de traction. Elles doivent faire l'objet d'une attention particulière. Elles doivent satisfaire aux conditions suivantes :

- la continuité et le recouvrement des divers chaînages concourant en un même nœud doivent être assurés dans les trois directions ;
- les recouvrements doivent être au minimum de 50 fois le diamètre des armatures ;
- les dispositions adoptées ne doivent donner lieu à aucune poussée au vide (l'intérieur d'un coude doit toujours être orienté vers la pleine masse de béton, jamais vers la paroi proche).

- si mur maintenu au sommet la hauteur est limitée à 30 fois l'épaisseur
- murs de contreventement sans ouvertures de plus de 0,04m2. Distance minimale entre ouverture et bord le plus proche 1 m.
- remplir les joints verticaux avec mortier de jointolement.

Pourcentage total des porteurs verticaux :

- si il y a des murs dont la longueur dépasse le diamètre du fontis + 0,5 m, il faut disposer un pourcentage minimal de la totalité des surfaces prises par les porteurs verticaux dans les 2 directions du bâtiment (limite la contrainte de compression dans les bielles).
- pourcentage total minimal des porteurs verticaux = section horizontale / surface totale de l'étage.

Niveaux	Toiture lourde			Toiture légère			
	Diamètre [m]	1	2	3	1	2	3
2		2.2%	5.7%	9.1%	0.8%	4.3%	7.8%
3		3.6%	9.4%		1.4%	7.2%	
4		4.4%	11.3%		1.7%	8.6%	
5		5.1%			1.9%	10.1%	

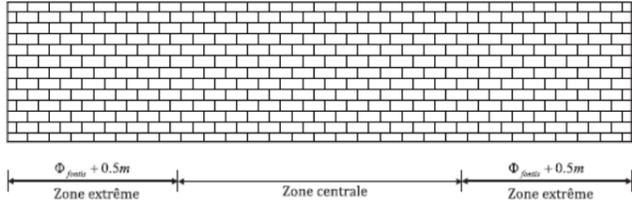
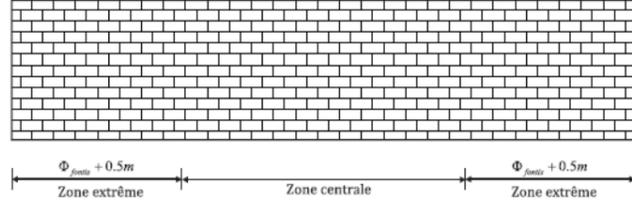
Chaînages :

- chaînages horizontaux et verticaux liés entre eux et ancrés aux éléments du système structural principal,
- béton des chaînages doit être coulé après exécution de la maçonnerie,
- section transversale des chaînages H et V pas inférieure à 150 mm,
- % d'armatures longitudinales dans la section du chaînage pas inférieur à 1 % de la section du béton du chaînage,
- cadres en HA5 au minimum et espacés de 400mm maxi autour des armatures longitudinales, recouvrements au minimum de 50 fois le diamètre des armatures soit 500 mm pour des barres HA10 et 600 mm pour des barres HA12.

Les chaînages verticaux sont placés :

- aux bords libres de chaque élément de mur de la structure,
- à l'intérieur des murs dont la longueur dépasse 1,5m,
- à chaque intersection de murs.

- si chaînages sur plusieurs niveaux, ils sont rectilignes,
- section des chaînages constante sur toute la hauteur de la construction,
- armatures longitudinales rectilignes et rendues continues par recouvrement,
- en partie inférieure, chaînages ancrés dans les fondations
- décalage des joints verticaux (harpage) conservé le long des bords verticaux du chaînage.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- section des chaînages constante sur toute la hauteur de la construction,</li> <li>- armatures longitudinales rectilignes et rendues continues par recouvrement,</li> <li>- en partie inférieure, chaînages ancrés dans les fondations</li> <li>- décalage des joints verticaux (harpage) conservé le long des bords verticaux du chaînage.</li> <li>- si murs longs <math>L &gt; 2 \cdot D</math> du fontis + 1,5 m, distance minimale entre les chaînages 1,5 m en partie extrême et 3 m dans la partie centrale</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- pour murs courts, distance minimale entre chaînage 1,5 m.</li> </ul> <p><i>Les chaînages horizontaux sont placés :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- dans le plan du mur,</li> <li>- au niveau de chaque plancher,</li> <li>- au niveau du couronnement des combles,</li> <li>- au niveau des fondations,</li> <li>- au niveau de l'appui d'une charpente en tête de mur si pas de plancher à ce niveau.</li> </ul> <p>L'espacement vertical des chaînages H n'est pas supérieur à 4 m.</p> <p><i>Liaison des chaînages :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- continuité et recouvrement des chaînages concourant en un même nœud assurés dans les trois directions,</li> <li>- les dispositions adoptées ne doivent donner lieu à aucune poussée au vide, recouvrement mini de 50 fois le diamètre des armatures.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- si murs longs <math>L &gt; 2 \cdot D</math> du fontis + 1,5 m, distance minimale entre les chaînages 1,5 m en partie extrême et 3 m dans la partie centrale</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- pour murs courts, distance minimale entre chaînage 1,5 m.</li> </ul> <p><i>Les chaînages horizontaux sont placés :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- dans le plan du mur,</li> <li>- au niveau de chaque plancher,</li> <li>- au niveau du couronnement des combles,</li> <li>- au niveau des fondations,</li> <li>- au niveau de l'appui d'une charpente en tête de mur si pas de plancher à ce niveau.</li> </ul> <p>L'espacement vertical des chaînages H n'est pas supérieur à 4 m.</p> <p><i>Liaison des chaînages :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- continuité et recouvrement des chaînages concourant en un même nœud assurés dans les trois directions,</li> <li>- les dispositions adoptées ne doivent donner lieu à aucune poussée au vide, recouvrement mini de 50 fois le diamètre des armatures</li> </ul>
Murs béton banché	Tableau avec armatures minimales. Distance entre les chaînages verticaux 3 m.		Les armatures minimales doivent être conformes aux préconisations du guide du CSTB. Distance entre les chaînages verticaux 3 m.
Ouvertures	Les ouvertures de plus d'1 m <sup>2</sup> doivent être encadrées, sur leur pourtour par une section d'armatures mini équivalente à 2HA8	La réalisation de linteaux au-dessus des ouvertures est nécessaire.	La réalisation de linteaux au-dessus des ouvertures est nécessaire. Les ouvertures de plus d'1 m <sup>2</sup> doivent être encadrées, sur leur pourtour par une section d'armatures mini équivalente à 2HA8
Escaliers	Éviter : les escaliers en voûte, les escaliers avec crémaillère,		Éviter : les escaliers en voûte, les escaliers avec crémaillère,

	<p>les escaliers hélicoïdaux les escaliers à marches en consoles encastrées dans un mur en maçonnerie.</p> <p>Les limons ou volées des escaliers en béton armé doivent présenter des liaisons par armatures avec les planchers auxquels ils sont reliés. Au RDC, les limons ou les paillasses doivent être liés au réseau des semelles de fondations (directement ou par pontage)</p>		<p>les escaliers hélicoïdaux les escaliers à marches en consoles encastrées dans un mur en maçonnerie.</p> <p>Les limons ou volées des escaliers en béton armé doivent présenter des liaisons par armatures avec les planchers auxquels ils sont reliés. Au RDC, les limons ou les paillasses doivent être liés au réseau des semelles de fondations (directement ou par pontage)</p>
Conduits de fumée	<p><b>Prescriptions :</b> Cheminées pourvues de raidisseurs métalliques à chaque angle du terminal (les souches peuvent être aussi munies de haubanage).</p> <p><b>Recommandations :</b> - mise en place de ceinture en plat en acier, - conduits adossés aux murs intérieurs sans affaiblir la section résistante du mur, - à l'intérieur, les conduits doivent être liaisonnés à la charpente et à chaque plancher par des attaches métalliques. - planter les cheminées à proximité du faîtage.</p>		<p>Cheminées pourvues de raidisseurs métalliques à chaque angle du terminal (les souches peuvent être aussi munies de haubanage).</p> <p>- mise en place de ceinture en plat en acier, - conduits adossés aux murs intérieurs sans affaiblir la section résistante du mur, - à l'intérieur, les conduits doivent être liaisonnés à la charpente et à chaque plancher par des attaches métalliques. - planter les cheminées à proximité du faîtage.</p>
Cloisons	<p>Cloisons de distributions fixée aux structures principales par des attaches et des cadres. Portes lourdes ou fragiles attachées aux cadres ou aux chaînages.</p>		<p>Cloisons de distributions fixée aux structures principales par des attaches et des cadres. Portes lourdes ou fragiles attachées aux cadres ou aux chaînages.</p>
Eau	<p>Le but est de limiter les infiltrations d'eau aux abords du bâtiment. Il faut :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- raccorder tous les réseaux d'eau au réseau collectif,</li> <li>- s'assurer de l'absence de fuite sur les réseaux et minimiser les risques de rupture. Les matériaux utilisés devront être non fragiles, aussi flexibles que possible avec des joints souples aux raccordements. Elles ? ne devront pas être bloquées dans le gros œuvre. Les entrées et sorties se feront perpendiculairement aux murs,</li> <li>- ceinturer la construction par un réseau de drains ou tranchées drainantes pour éviter les ruissellements et la stagnation d'eau aux abords du bâtiment.</li> </ul>		<p>Le but est de limiter les infiltrations d'eau aux abords du bâtiment. Il faut :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- raccorder tous les réseaux d'eau au réseau collectif,</li> <li>- s'assurer de l'absence de fuite sur les réseaux et minimiser les risques de rupture. Les matériaux utilisés devront être non fragiles, aussi flexibles que possible avec des joints souples aux raccordements. Les conduites ne devront pas être bloquées dans le gros œuvre. Les entrées et sorties se feront perpendiculairement aux murs,</li> <li>- ceinturer la construction par un réseau de drains ou tranchées drainantes pour éviter les ruissellements et la stagnation d'eau aux abords du bâtiment.</li> </ul>

## Croisement entre l'aléa retrait gonflement des argiles et l'aléa affaissement minier de la veine Saint-George à Vieux-Condés.

Aléas	Aléa retrait gonflement	Aléa affaissement progressif minier	Aléas retrait gonflement et affaissement																	
Guide	<p><i>Retrait et gonflement des argiles – 2</i>  <i>Protéger sa maison de la sécheresse – Conseils aux constructeurs de maisons neuves</i> IFSTTAR et CSTB diffusion prévue juin 2015                      Le retrait gonflement des argiles – Comment prévenir les désordres dans l'habitat individuel ? Août 2007.</p>	<p><i>Guide de dispositions constructives pour le bâti neuf situé en zone d'aléa de type affaissement progressif</i> CSTB 17/11/2011</p>	<p>Pour simplifier la lecture, les rappels aux normes concernant les matériaux à utiliser ne sont pas repris.</p>																	
Généralités	<p>Les désordres sont dus aux tassements différentiels. Les préconisations permettront de diminuer la sensibilité des maisons neuves.                      Des solutions alternatives peuvent exister mais nécessitent l'intervention des études spécifiques.</p> <p>Les mesures à adopter dépendent de l'aléa et des conditions environnementales.</p> <p style="text-align: center;">Tableau 2. Mesures à adopter, selon les conditions croisées «sol-environnement», liées au niveau d'aléa du tableau 1]</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Sol sous la construction</th> <th colspan="2">Conditions environnementales</th> </tr> <tr> <th>Favorables</th> <th>Défavorables</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Non sensible</td> <td>E0 + S0</td> <td>E0 + S0</td> </tr> <tr> <td>Peu sensible</td> <td>E0 + E1 + S1</td> <td>E0 + E1 + E2 + S1</td> </tr> <tr> <td>Sensible</td> <td>E0 + E1 + S2</td> <td>E0 + E1 + E2 + S2</td> </tr> <tr> <td>Très sensible</td> <td>E0 + E1 + S3</td> <td>E0 + E1 + E2 + S3</td> </tr> </tbody> </table> <p>Pour un même niveau d'aléa, les mesures peuvent être différentes selon les conditions environnementales.</p> <p>Le guide ne reprend pas la carte d'aléa du BRGM mais un aléa à déterminer grâce à une étude documentaire, une visite de site et éventuellement des études géotechniques (sondages, essais...).</p> <p>Il faut noter que S0 correspond à un sol non sensible. Il s'agit donc d'un rappel des règles de l'art.</p>	Sol sous la construction	Conditions environnementales		Favorables	Défavorables	Non sensible	E0 + S0	E0 + S0	Peu sensible	E0 + E1 + S1	E0 + E1 + E2 + S1	Sensible	E0 + E1 + S2	E0 + E1 + E2 + S2	Très sensible	E0 + E1 + S3	E0 + E1 + E2 + S3	<p>Les préconisations de dispositions constructives concernent 5 types de bâtiments renforcés structurellement à hauteur d'un surcoût limité à :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 15 % dans un premier cas (bâtiment fortement renforcé,</li> <li>- 6 % dans un deuxième cas (bâtiment faiblement renforcé).</li> </ul> <p>Les ouvrages particuliers ne font pas partie de l'étude.                      Pour les types de bâtiments étudiés, le document définit le niveau d'endommagement sous l'effet :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- déformation verticale du sol,</li> <li>- l'inclinaison.</li> </ul> <p>Dans le cadre des PPRM du Nord Pas-de-Calais, le niveau d'endommagement maximum accepté est le niveau 3. À ce niveau, la structure subit des dommages mais ne menace pas les occupants.</p> <p>Pour chaque type de bâtiments étudiés, le guide donne les niveaux d'endommagement en fonction de degrés de renforcement et de la pente de l'affaissement. Les niveaux seuils de pente varient donc en fonction du type de bâtiment, du degré de renforcement, et du niveau d'endommagement. <b>Il n'y a pas de lien avec le niveau d'aléa</b> (pour le guide PPR, les classes d'intensité de l'aléa affaissement sont déterminées par l'effet de mise en pente. Les seuils retenus sont en % 1 -3 et 6.).</p> <p>Avec</p> <p><b>bâtiments type 1</b> : RDC à ossature béton et façade ouverte (annexe, garage, abri)</p> <p><b>bâtiments type 2</b> : RDC et étage partiel à ossature béton (salle des fêtes, cantine, petit ERP)</p> <p><b>bâtiment type 3</b> : R+1 à ossature béton (maison individuelle)</p> <p><b>bâtiment de type 4</b> : R+3 à ossature béton (habitation collective, bureau)</p> <p><b>bâtiment de type 5</b> : RDC à ossature métallique (entrepôt, bâtiment d'activité)</p>	<p>Les différentes incompatibilités conduisent à :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>pas de construction en zone d'affaissement minier très sensible au retrait gonflement,</b></li> <li>- <b>pas de bâtiment fortement renforcé selon le guide affaissement minier.</b></li> </ul> <p>Les possibilités restantes sont donc :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- construction en zone non sensible, peu sensible et sensible au retrait gonflement correspondant aux préconisations E0 à E2 et S0 à S2,</li> <li>- constructions en intensité très limitée, limitée et modérée aux affaissements miniers correspondant aux bâtiments faiblement renforcés.</li> </ul>
Sol sous la construction	Conditions environnementales																			
	Favorables	Défavorables																		
Non sensible	E0 + S0	E0 + S0																		
Peu sensible	E0 + E1 + S1	E0 + E1 + E2 + S1																		
Sensible	E0 + E1 + S2	E0 + E1 + E2 + S2																		
Très sensible	E0 + E1 + S3	E0 + E1 + E2 + S3																		

Pour le Nord Pas-de-Calais, la seule valeur de pente attendue définie est celle de la **Veine Saint-Georges à Vieux Condés**. Elle est fixée à 2 %.

Les niveaux d'endommagement provoqués par un affaissement avec une pente à 2 % sont les suivants :

Bâtiments	Fortement renforcé	Faiblement renforcé
Type 1	N1	N2
Type 2	N2	N2
Type 3	N1	N2
Type 4	N2	N2
Type 5	N2	N3

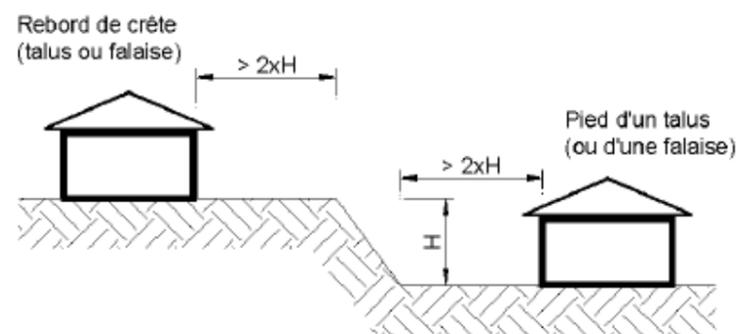
Tous les types de bâtiments sont donc réalisables même s'ils ne sont que faiblement renforcés. Dans certains cas, passer en fortement renforcé permet de réduire le niveau d'endommagement.

Implantation

**S0 :**  
Les bâtiments accolés et fondés différemment doivent être désolidarisés par un joint de rupture.

**E2 :**  
Les arbres pompent l'eau du sol et provoquent la dessiccation des sols argileux.  
- les arbres doivent être éloignés de la maison d'une distance au moins égale à leur hauteur à maturité,  
- les haies doivent être distantes de 1,5 fois leur taille adulte de toute construction y compris les ouvrages annexes,  
- si les points précédents ne sont pas possibles, il faudra un écran anti-racines au plus près des arbres. La profondeur minimale est de 2 m.

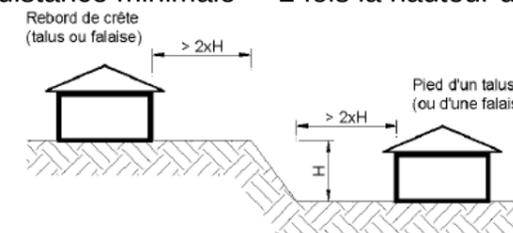
**Recommandations :**  
- la construction ne doit pas être proche d'un rebord de crête et d'un pied de talus de pente supérieure à 10 %.  
En crête, distance minimale = 2 fois la hauteur du talus.  
En pied, distance minimale = 2 fois la hauteur du talus



- en dehors des terrains de pente moyenne supérieure à 10 %  
- en dehors des zones inondables par la nappe en cas d'affaissement

**Prescriptions :**  
- si maisons accolées, prévoir un joint d'affaissement (vide entre chaque maison)  
La largeur du joint dépend de la pente attendue lors de l'affaissement.

**Recommandations :**  
- la construction ne doit pas être proche d'un rebord de crête et d'un pied de talus de pente supérieure à 10 %.  
En crête, distance minimale = 2 fois la hauteur du talus.  
En pied, distance minimale = 2 fois la hauteur du talus



- en dehors des terrains de pente moyenne supérieure à 10 %  
- en dehors des zones inondables par la nappe en cas d'affaissement.

**Prescriptions :**  
- si maisons accolées, prévoir un joint d'affaissement (vide entre chaque maison)  
La largeur du joint dépend de la pente attendue lors de l'affaissement.

**E2 :**  
Les arbres pompent l'eau du sol et provoquent la dessiccation des sols argileux.  
- les arbres doivent être éloignés de la maison d'une distance au moins égale à leur hauteur à maturité,  
- les haies doivent être distantes de 1,5 fois leur taille adulte de toute construction y compris les ouvrages annexes,  
- si les points précédents ne sont pas possibles, il faudra un écran anti-racines au plus près des arbres. La profondeur

			minimale est de 2 m.
Matériaux	<b>S0</b> : Respecter DTU et normes NF ou EN. Être couverts par un Avis Technique pour les matériaux innovants.	Les matériaux utilisés doivent être conformes aux normes de référence en vigueur.	Les matériaux utilisés doivent être conformes aux normes de référence en vigueur.
	<p><b>S0</b> : <u>Pour le béton</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- en cas de béton prêt à l'emploi, la résistance minimale à la compression à 28 jours doit être de 25 MPa (BCN B 25 ou du C25/30 selon la dénomination Eurocode). Pour les ouvrages de faibles épaisseurs, la consistance doit être très plastique (norme NFP 18-305) pour obtenir une mise en place optimale. Dans ce cas, l'ajout d'eau sur chantier est à proscrire,</li> <li>- dans le cas de béton fait sur chantier, le dosage minimal en ciment doit être de 350 kg/m<sup>3</sup>,</li> <li>- les aciers pour armatures doivent être à haute adhérence, de nuance Fe E 500 (limite élastique à 500 MPa) et disposer d'un allongement garanti sous charge maxi d'au moins 5 %. (armature de classe B).</li> </ul> <p><b>S0</b> : <u>Pour la maçonnerie</u> :</p> <p>Les éléments de maçonnerie peuvent être pleins ou creux. Ils doivent être conformes aux prescriptions de la norme NF DTU 20.1</p>	<p><b>Prescriptions :</b></p> <p><u>Pour le béton</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- le sable de rivière doit être lavé,</li> <li>- en cas de béton prêt à l'emploi, la résistance minimale à la compression à 28 jours doit être de 25 MPa (BCN B 25). Pour les ouvrages de faibles épaisseurs, la consistance doit être très plastique (norme NFP 18-305) pour obtenir une mise en place optimale. Dans ce cas, l'ajout d'eau sur chantier est à proscrire,</li> <li>- dans le cas de béton fait sur chantier, le dosage minimal en ciment doit être de 350 kg/m<sup>3</sup>,</li> <li>- les aciers pour armatures doivent être à haute adhérence, de nuance Fe E 500 (limite élastique à 500 MPa) et disposer d'un allongement garanti sous charge maxi d'au moins 5 %.</li> <li>- pour les armatures, les distances d'enrobage des aciers vis-à-vis de la paroi la plus voisine doivent respecter les dispositions constructives définies dans les documents normatifs.</li> </ul> <p><u>Pour les charpentes métalliques</u> :</p> <p>Aciers utilisés doivent disposer d'une nuance minimale Fe E 235 (limite élastique à 235 MPa).</p> <p><u>Pour la maçonnerie</u> :</p> <p>Pas de pierre naturelle ou manufacturée</p> <p><u>Mortier</u> :</p> <p>Les grains de sable ne doivent pas dépasser 5 mm L'épaisseur des joints ne doit pas être inférieure à 15 mm.</p> <p><b>Recommandations :</b></p> <p><u>Pour le béton</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sable de mer à éviter,</li> <li>- sable de pouzzolane =&gt; mouillage préalable pour qu'il n'absorbe pas l'eau de gâchage,</li> <li>- pour les bétons de structure, les gravillons sont de granulométrie 5/15,</li> </ul> <p><u>Pour la maçonnerie</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les blocs creux doivent comporter une cloison intermédiaire parallèle au mur et être d'une épaisseur mini de 20 cm,</li> <li>- les éléments de béton doivent avoir des résistances de 6 MPA pour les blocs creux de 20 cm (B60 ou B80) et de 12 MPA pour les blocs pleins ou perforés de 15 cm (B120 et B160),</li> <li>- les briques de terre cuite doivent avoir en résistance, 6 MPa</li> </ul>	<p><b>Prescriptions :</b></p> <p><u>Pour la maçonnerie</u> :</p> <p>Pas de pierre naturelle ou manufacturée</p> <p><u>Mortier</u> :</p> <p>Les grains de sable ne doivent pas dépasser 5 mm L'épaisseur des joints ne doit pas être inférieure à 15 mm.</p> <p><b>Recommandations :</b></p> <p><u>Pour le béton</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sable de mer à éviter,</li> <li>- sable de pouzzolane =&gt; mouillage préalable pour qu'il n'absorbe pas l'eau de gâchage,</li> <li>- pour les bétons de structure, les gravillons sont de granulométrie 5/15,</li> </ul> <p><u>Pour la maçonnerie</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les blocs creux doivent comporter une cloison intermédiaire parallèle au mur et être d'une épaisseur minimum de 20 cm,</li> <li>- les éléments de béton doivent avoir des résistances de 6 MPA pour les blocs creux de 20 cm (B60 ou B80) et de 12 MPA pour les blocs pleins ou perforés de 15 cm (B120 et B160),</li> <li>- les briques de terre cuite doivent avoir en résistance, 6 MPa pour les briques creuses de terre cuite de 20 cm (BCTC20-60 et BCTC20-80), 6 MPa pour les briques pleines en blocs perforés de terre cuite de 20 cm min, 12 MPa pour les blocs perforés de terre cuite de 15 cm.</li> </ul> <p><u>Mortier</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mortier aussi plastique et souple que possible,</li> <li>- liant chargé à la chaux</li> </ul>

		<p>pour les briques creuses de terre cuite de 20 cm (BCTC20-60 et BCTC20-80), 6 MPa pour les briques pleines en blocs perforés de terre cuite de 20 cm min, 12 MPa pour les blocs perforés de terre cuite de 15 cm.</p> <p><u>Mortier :</u>  - mortier aussi plastique et souple que possible,  - liant chargé à la chaux</p>																																																	
Formes	<p><b>S2 :</b> Découpage de la construction en blocs rigides séparés par des joints de ruptures dont la géométrie est régulière (rectangle) avec <math>L/l \leq 2</math>.  Il faut au moins 2 murs parallèles dans chaque direction principale du bâtiment (Murs parallèles si angle ne dépasse pas 15°).  Porteurs verticaux continus sur la hauteur.  Lorsque les niveaux de la construction n'ont pas la même géométrie, l'écart entre les surfaces de plancher de deux niveaux successifs ne doit pas dépasser 20 %. Si cette règle n'est pas respectée, il faut désolidariser les parties de structures fondées différemment.</p>	<p><b>Plan :</b>  Plan régulier (rectangle) <math>L/l \leq 2</math></p> <p>Dimensions maximales par type de bâtiments  Pas de décrochement au sol. Si formes complexes, éléments simples indépendants en fondations et en superstructure.</p> <table border="1" data-bbox="1231 688 1878 951"> <thead> <tr> <th>Dimensions maximales</th> <th>Longueur L (m)</th> <th>Largeur l (m)</th> <th>Hauteur H (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Type 1 Annexe non habitable</td> <td>8</td> <td>4</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Type 2 Petit ERP</td> <td>20</td> <td>12</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Type 3 Maison individuelle</td> <td>14</td> <td>9</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Type 4 Bâtiment d'habitation collectif</td> <td>25</td> <td>15</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Type 5 Bâtiment d'activité</td> <td>30</td> <td>18</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><i>Dimensions maximales des types de bâtiment</i></p> <p><b>Élévation :</b> Hauteur maxi donné par type de bâtiment.  Pas d'infrastructure (sous-sol) même partiel</p>	Dimensions maximales	Longueur L (m)	Largeur l (m)	Hauteur H (m)	Type 1 Annexe non habitable	8	4	3	Type 2 Petit ERP	20	12	7	Type 3 Maison individuelle	14	9	6	Type 4 Bâtiment d'habitation collectif	25	15	12	Type 5 Bâtiment d'activité	30	18	5	<p><b>Plan :</b>  Plan régulier (rectangle) <math>L/l \leq 2</math>  Dimensions maximales par type de bâtiments  Pas de décrochement au sol. Si formes complexes, éléments simples indépendants en fondations et en superstructure.</p> <table border="1" data-bbox="1997 621 2801 951"> <thead> <tr> <th>Dimensions maximales</th> <th>Longueur L (m)</th> <th>Largeur l (m)</th> <th>Hauteur H (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Type 1 Annexe non habitable</td> <td>8</td> <td>4</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Type 2 Petit ERP</td> <td>20</td> <td>12</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Type 3 Maison individuelle</td> <td>14</td> <td>9</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Type 4 Bâtiment d'habitation collectif</td> <td>25</td> <td>15</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Type 5 Bâtiment d'activité</td> <td>30</td> <td>18</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><i>Dimensions maximales des types de bâtiment</i></p> <p>Hauteur maxi donné par type de bâtiment (guide affaissement)  Pas d'infrastructure (sous-sol) même partiel</p> <p><b>S2 :</b> Porteurs verticaux continus sur la hauteur.  Lorsque les niveaux de la construction n'ont pas la même géométrie, l'écart entre les surfaces de plancher de deux niveaux successifs ne doit pas dépasser 20 %. Si cette règle n'est pas respectée, il faut désolidariser les parties de structures fondées différemment.</p>	Dimensions maximales	Longueur L (m)	Largeur l (m)	Hauteur H (m)	Type 1 Annexe non habitable	8	4	3	Type 2 Petit ERP	20	12	7	Type 3 Maison individuelle	14	9	6	Type 4 Bâtiment d'habitation collectif	25	15	12	Type 5 Bâtiment d'activité	30	18	5
Dimensions maximales	Longueur L (m)	Largeur l (m)	Hauteur H (m)																																																
Type 1 Annexe non habitable	8	4	3																																																
Type 2 Petit ERP	20	12	7																																																
Type 3 Maison individuelle	14	9	6																																																
Type 4 Bâtiment d'habitation collectif	25	15	12																																																
Type 5 Bâtiment d'activité	30	18	5																																																
Dimensions maximales	Longueur L (m)	Largeur l (m)	Hauteur H (m)																																																
Type 1 Annexe non habitable	8	4	3																																																
Type 2 Petit ERP	20	12	7																																																
Type 3 Maison individuelle	14	9	6																																																
Type 4 Bâtiment d'habitation collectif	25	15	12																																																
Type 5 Bâtiment d'activité	30	18	5																																																
Fondations	<p><b>S0 :</b>  Même sur un sol réputé non sensible, la conception des fondations doit respecter quelques grands principes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- adopter une profondeur suffisante, à adapter en fonction de la portance du sol et de la profondeur de pénétration du gel ;</li> <li>- éviter toute dissymétrie dans la profondeur des semelles de fondation ;</li> <li>- recourir à des fondations continues et armées, bétonnées en pleine fouille sur toute leur hauteur (les fondations coffrées sont toutefois possibles bien que de réalisation plus complexe).</li> </ul> <p><b>Pour bénéficier d'un sol de même nature à la base des différentes fondations, il est préférable, lorsque la pente le permet et si la géologie le nécessite, d'avoir recours</b></p>	<p><b>- toutes les fondations doivent être fondées sur un même niveau, aucun décrochement vertical n'est permis. Elles doivent être superficielles et ne pas descendre plus bas que la côte hors gel.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- si possible, les charges doivent être réparties au mieux sur l'ensemble des fondations et la contrainte au sol sera le plus homogène possible,</li> <li>- elles doivent être dimensionnées au plus juste vis-à-vis de la contrainte de calcul du sol</li> <li>- les fondations doivent être filantes et constituer un système homogène. Les fondations isolées doivent être reliées aux autres fondations par des longrines interdisant tout déplacement relatif</li> </ul>	<p><b>S0 :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- adopter une profondeur suffisante en fonction de la portance du sol et de la profondeur de la côte hors gel,</li> <li>- éviter toute dissymétrie dans la profondeur des semelles de fondation ;</li> <li>- recourir à des fondations continues et armées, bétonnées en pleine fouille sur toute leur hauteur (les fondations coffrées sont toutefois possibles bien que de réalisation plus complexe),</li> <li>- si possible, les charges doivent être réparties au mieux sur l'ensemble des fondations et la contrainte au sol sera le plus homogène possible,</li> <li>- les fondations doivent être filantes et constituer un système homogène. Les fondations isolées doivent être reliées aux autres fondations par des longrines interdisant tout déplacement relatif,</li> <li>- l'ensemble des fondations doit être ferrillé conformément</li> </ul>																																																

**à des fondations à des niveaux différents (suivant la ligne de pente) plutôt que de procéder par déblai ou déblai/remblai pour fonder sur un même niveau.**

La norme DTU 13.12 stipule que, pour des fondations à des niveaux différents, les niveaux des fondations successives doivent être tels qu'une pente maximale de 3 de base pour 2 de hauteur relie les arêtes des semelles les plus voisines.

**S1 : Encastrement des fondations superficielles :**

Étude géotechnique spécifique pour déterminer précisément l'amplitude de retrait gonflement et ainsi déterminer la profondeur d'encastrement.

**La profondeur minimale par rapport au niveau final du terrain extérieur est fixée à 0,8 m.**

Elles doivent être encadrées de manière homogène sur tout le pourtour du bâtiment.

Les fondations filantes sur terrain plat ne doivent pas avoir de redan. Sur terrain en pente, les redans sont par contre nécessaires.

**Si les sols sont hétérogènes, il faut fonder à la profondeur du sol homogène ou adapter les fondations.**

**S2 et S3 : Profondeur d'encastrement minimale de 1,2 m**

**S1 :Dallages**

Les dallages présentent une sensibilité accrue aux mouvements de sol. Il faut mener une étude particulière et adapter les précautions de mise en œuvre.

Il faut préférer un plancher en béton porté au-dessus d'un vide sanitaire largement dimensionné pour qu'un gonflement ne puisse le combler.

Ils peuvent être constitués de :

- éléments préfabriqués de poutrelles en béton armé ou précontraint et entrevous associés à une dalle de compression coulée en œuvre et armée par un treillis soudé,
- des prédalles en béton armé ou précontraint associé à une dalle complémentaire coulée en œuvre,
- une dalle coulée en place.

Les autres types de planchers bétons doivent respecter les textes spécifiques les concernant (DTU ou DTA).

**S3 : Les murs inférieurs peuvent être conçus solidaires sur tout ou partie de la hauteur, de la semelle sur laquelle ils reposent pour former un soubassement monobloc.**

Les semelles doivent être armées dans toutes les directions au ferrailage minimal assurant la condition de non-fragilité.

- l'ensemble des fondations doit être ferrillé aux références normatives en vigueur sous combinaisons accidentelles pour résister à un effort de traction égale à  $P*0,35$ , selon les deux axes du bâtiment.

- les fondations d'avoisinant doivent être indépendantes et désolidarisées de l'ouvrage principal,

- les fondations doivent être entourée d'une tranchée d'éléments très compressibles le plus proche possible du bâtiment et descendu au niveau des fondations.

**Bâtiment fortement renforcé :**

Pour un bâtiment fortement renforcé, le réseau de fondations doit avoir la forme d'un caisson de maille maxi 5\*5 m.

**Les soubassements doivent être rigidifiés, un joint de glissement désolidarise la semelle et mur de soubassement rigidifié.**

**Les fondations doivent être coulées sur le sol avec interposition d'une couche de sable de 10 cm d'épaisseur minimum.**

Le plancher bas doit être sur vide sanitaire, accessible et liaisonné aux soubassements par des armatures de rive.

aux eurocodes (eurocode 2), sous combinaisons accidentelles pour résister à un effort de traction égale à  $P*0,35$ , selon les deux axes du bâtiment,

- les fondations d'avoisinant doivent être indépendantes et désolidarisées de l'ouvrage principal,

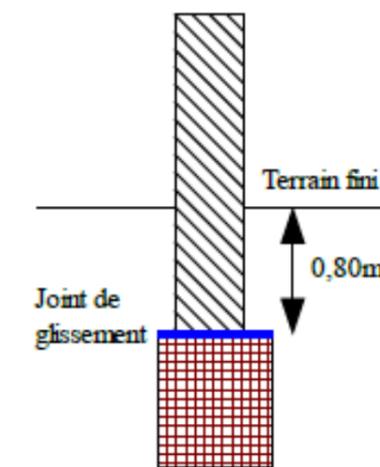
- les fondations doivent être entourées d'une tranchée d'éléments très compressibles le plus proche possible du bâtiment et descendu au niveau des fondations.

**Il y a une incompatibilité pour les profondeurs d'encastrement :**

**- pour les affaissements, les encastresments ne doivent pas descendre sous la côté hors gel (les différentes côtes hors gel de la région sont à moins de 0,8 m de profondeur),**

**- les préconisations S1, S2 et S3 du retrait gonflement fixent des profondeurs d'encastrement minimale à 0,8 m et 1,2 m.**

A la demande de la DDT57, le CSTB a travaillé à pallier cette incompatibilité. Il en résulte le dispositif suivant :



La profondeur de l'encastrement est libre. Un joint de glissement est placé à la profondeur de la côté hors gel (0,8 m dans l'exemple). **Par contre cette configuration n'est pas possible pour le S3 du retrait gonflement où « Les murs inférieurs peuvent être conçus solidaires sur tout ou partie de la hauteur, de la semelle sur laquelle ils reposent pour former un soubassement monobloc. »**

**Si le site est de sensibilité S3 au retrait gonflement, il s'avère donc impossible de suivre les prescriptions pour les affaissements miniers.**

**Dans le cas de terrains en pente ou de sols hétérogènes, pour le retrait gonflement, il est conseillé de fonder à des niveaux différents pour s'adapter à la géologie. Le guide affaissement préconise un seul et même niveau de**

**fondation.**

**Dans la partie implantation, le guide affaissement exclut les constructions sur ou à proximité des pentes supérieures à 10 %. Sauf cas très exceptionnels à traiter par une étude spécifique, les fondations pourront donc être au même niveau.**

**S1 : Encastrement des fondations superficielles :**

Étude géotechnique spécifique pour déterminer précisément l'amplitude de retrait gonflement et ainsi déterminer la profondeur d'encastrement.

La profondeur minimale par rapport au niveau final du terrain extérieur est fixée à 0,8 m.

Elles doivent être encadrées de manière homogène sur tout le pourtour du bâtiment.

Les fondations filantes sur terrain plat ne doivent pas avoir de redan.

**S2 et S3 : Profondeur d'encastrement minimale de 1,2 m**

**S1 :Dallages**

Les dallages présentent une sensibilité accrue aux mouvements de sol. Il faut mener une étude particulière et adapter les précautions de mise en œuvre.

Il faut préférer un plancher en béton porté au-dessus d'un vide sanitaire largement dimensionné pour qu'un gonflement ne puisse le combler.

Ils peuvent être constitués de :

- éléments préfabriqués de poutrelles en béton armé ou précontraint et entrevous associés à une dalle de compression coulée en œuvre et armée par un treillis soudé,
- des prédalles en béton armé ou précontraint associé à une dalle complémentaire coulée en œuvre,
- une dalle coulée en place.

Les autres types de planchers bétons doivent respecter les textes spécifiques les concernant (DTU ou DTA).

*Bâtiment fortement renforcé :*

Pour un bâtiment fortement renforcé, le réseau de fondations doit avoir la forme d'un caisson de maille maxi 5\*5 m

**Les soubassements doivent être rigidifiés, un joint de glissement désolidarise la semelle et mur de soubassement rigidifié.**

**Les fondations doivent être coulées sur le sol avec interposition d'une couche de sable de 10 cm d'épaisseur minimum.**

Le plancher bas doit être sur vide sanitaire, accessible et liaisonné aux soubassements par des armatures de rive.

**Selon la profondeur de la côte hors gel et la profondeur**

			<p><b>de la fondation, le joint n'est pas toujours entre le mur de soubassement et la semelle. Le soubassement n'est donc pas rigidifié.</b></p> <p><b><u>Il n'est donc pas possible de construire des bâtiments fortement renforcés</u></b></p>
Poteaux poutres	<p><b>S1 :</b> Pour ce type de structure, les charges sont transmises au sol par des semelles superficielles isolées placées sous les poteaux. Les semelles superficielles isolées rendent ces constructions particulièrement sensibles au phénomène de retrait-gonflement. Pour une structure à ossature et remplissages de maçonnerie, un retrait localisé sous une semelle isolée provoque une déformation de l'ossature qui peut se traduire par des désordres dans l'ossature elle-même ou dans les maçonneries de remplissage qui ne sont pas prévues pour supporter des efforts. Les structures à ossatures et remplissages doivent faire l'objet d'une étude spécifique.</p> <p><b>S0 :</b> Les liaisons entre les différents chaînages sont conçues pour assurer le transfert des efforts de traction. Elles doivent faire l'objet d'une attention particulière. Elles doivent satisfaire aux conditions suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la continuité et le recouvrement des divers chaînages concourant en un même nœud doivent être assurés dans les trois directions ;</li> <li>- les recouvrements doivent être au minimum de 50 fois le diamètre des armatures ;</li> <li>- les dispositions adoptées ne doivent donner lieu à aucune poussée au vide (l'intérieur d'un coude doit toujours être orienté vers la pleine masse de béton, jamais vers la paroi proche).</li> </ul>	<p><b><u>Bâtiments fortement renforcés :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les 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, à toutes les intersections des murs et planchers.</li> <li>- les poteaux doivent avoir une capacité portante d'au moins 1,4 fois celle de la somme des poutres aboutissant au nœud poteau-poutre.</li> </ul> <p>Pour les constructions métalliques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les pieds de poteaux sont articulés plutôt qu'encastés,</li> <li>- les assemblages sont boulonnés plutôt que soudés.</li> <li>- les planchers sont plans sur toute la surface du bâtiment sans décaissés,</li> <li>- les éléments maçonnés de grande dimension doivent être recoupés d'un chaînage vertical tous les 3 m au maximum.</li> <li>- éléments maçonnés de grande dimension doivent être recoupés d'un chaînage vertical tous les 3 m maxi.</li> </ul>	<p><b>S1 :</b> Les structures à ossatures et remplissages doivent faire l'objet d'une étude spécifique.</p> <p><b>S0 :</b> Les liaisons entre les différents chaînages sont conçues pour assurer le transfert des efforts de traction. Elles doivent faire l'objet d'une attention particulière. Elles doivent satisfaire aux conditions suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la continuité et le recouvrement des divers chaînages concourant en un même nœud doivent être assurés dans les trois directions ;</li> <li>- les recouvrements doivent être au minimum de 50 fois le diamètre des armatures ;</li> <li>- les dispositions adoptées ne doivent donner lieu à aucune poussée au vide (l'intérieur d'un coude doit toujours être orienté vers la pleine masse de béton, jamais vers la paroi proche).</li> </ul> <p><b><u>Bâtiments fortement renforcés :</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les 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, à toutes les intersections des murs et planchers.</li> <li>- les poteaux doivent avoir une capacité portante d'au moins 1,4 fois celle de la somme des poutres aboutissant au nœud poteau-poutre.</li> </ul> <p>Pour les constructions métalliques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les pieds de poteaux sont articulés plutôt qu'encastés,</li> <li>- les assemblages sont boulonnés plutôt que soudés.</li> <li>- les planchers sont plans sur toute la surface du bâtiment sans décaissés,</li> <li>- les éléments maçonnés de grande dimension doivent être recoupés d'un chaînage vertical tous les 3 m au maximum.</li> </ul>
Ouvertures	<p><b>S0 :</b> La réalisation de linteaux au-dessus des ouvertures est nécessaire.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- les ouvertures sont aussi petites que possible et placées afin de conserver des pans de murs d'au moins 1,5 m sans ouverture sur chaque façade.</li> </ul>	<p><b>S0 :</b> La réalisation de linteaux au-dessus des ouvertures est nécessaire.</p>

		<p><b>Bâtiments fortement renforcés :</b> Toutes les ouvertures doivent être encadrées de chaînages</p>	<p>- les ouvertures sont aussi petites que possible et placées afin de conserver des pans de murs d'au moins 1,5 m sans ouverture sur chaque façade.</p> <p><b>Bâtiments fortement renforcés :</b> Toutes les ouvertures doivent être encadrées de chaînages</p>
Éléments non structurant		<p><b>Prescriptions :</b> Les escaliers maçonnés et escalier sur voûtes sarrasine interdits Les marches en console dans les murs proscrites.</p>	<p><b>Prescriptions :</b> Les escaliers maçonnés et escalier sur voûtes sarrasine interdits Les marches en console dans les murs proscrites.</p>
		<p>Cheminées pourvues de raidisseurs métalliques à chaque angle du terminal (les souches peuvent être aussi munies de haubanage).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mise en place de ceinture en plat en acier,</li> <li>- conduits adossés aux murs intérieurs sans affaiblir la section résistante du mur,</li> <li>- à l'intérieur, les conduits doivent être liaisonnés à la charpente et à chaque plancher par des attaches métalliques.</li> <li>- implanter les cheminées à proximité du faîtage.</li> </ul>	<p>Cheminées pourvues de raidisseurs métalliques à chaque angle du terminal (les souches peuvent être aussi munies de haubanage).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mise en place de ceinture en plat en acier,</li> <li>- conduits adossés aux murs intérieurs sans affaiblir la section résistante du mur,</li> <li>- à l'intérieur, les conduits doivent être liaisonnés à la charpente et à chaque plancher par des attaches métalliques.</li> <li>- implanter les cheminées à proximité du faîtage.</li> </ul>
		<p><b>Prescriptions :</b></p> <p><u>Cloison en carreaux de plâtre :</u></p> <p>Ne pas utiliser pour les bâtiments à ossatures métalliques</p> <p><b>Recommandations :</b></p> <p><u>Cloisons en maçonnerie :</u> Les cloisons en maçonnerie sont solidarisiées avec le plancher supérieur pour les cloisons de hauteur d'étage. Si les cloisons n'atteignent pas le plafond, il faut les encadrées par des éléments de béton armé, métal ou bois solidarisiés entre eux et liés au gros œuvre. Si l'épaisseur est supérieure à 10 cm, la superficie entre raidisseurs ne doit pas dépasser 20 m2. Si l'épaisseur est inférieure ou égale à 10 cm, la superficie entre raidisseurs ne doit pas dépasser 14 m2.</p> <p><u>Cloison en carreaux de plâtre :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- elles sont désolidarisiées de la structure par joint périphérique</li> <li>- la stabilité est assurée par des lisses ou attaches. Il faut des raidisseurs tous les 5 m en parties courantes, aux extrémités en épi et en partie haute si elles ne règnent pas sur toute la hauteur de l'étage,</li> <li>- les huisseries de portes sont liées à la cloison par des pattes de scellement tous les joints horizontaux de cloisons. Les montants de huisserie ne doivent pas être scellés en partie</li> </ul>	<p><b>Prescriptions :</b></p> <p><u>Cloison en carreaux de plâtre :</u></p> <p>Ne pas utiliser pour les bâtiments à ossatures métalliques</p> <p><b>Recommandations :</b></p> <p><u>Cloisons en maçonnerie :</u> Les cloisons en maçonnerie sont solidarisiées avec le plancher supérieur pour les cloisons de hauteur d'étage. Si les cloisons n'atteignent pas le plafond, il faut les encadrées par des éléments de béton armé, métal ou bois solidarisiés entre eux et liés au gros œuvre. Si l'épaisseur est supérieure à 10 cm, la superficie entre raidisseurs ne doit pas dépasser 20 m2. Si l'épaisseur est inférieure ou égale à 10 cm, la superficie entre raidisseurs ne doit pas dépasser 14 m2.</p> <p><u>Cloison en carreaux de plâtre :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- elles sont désolidarisiées de la structure par joint périphérique</li> <li>- la stabilité est assurée par des lisses ou attaches. Il faut des raidisseurs tous les 5 m en parties courantes, aux extrémités en épi et en partie haute si elles ne règnent pas sur toute la hauteur de l'étage,</li> <li>- les huisseries de portes sont liées à la cloison par des pattes de scellement tous les joints horizontaux de cloisons. Les montants de huisserie ne doivent pas être scellés en partie</li> </ul>

		<p>haute.</p> <p><u>Cloison en plaque de plâtre :</u>  - elles sont recommandées en cas d'affaissement important,  - l'ossature de la cloison est dans un profil solidaire de la structure porteuse,  - elles ne sont pas liaisonnées sur le profil.</p>	<p>haute.</p> <p><u>Cloison en plaque de plâtre :</u>  - elles sont recommandées en cas d'affaissement important,  - l'ossature de la cloison est dans un profil solidaire de la structure porteuse,  - elles ne sont pas liaisonnées sur le profil.</p>
		<p><b>Prescriptions :</b>  Le format des ouvertures est sensiblement carré et limité à 1,5 m de côté. Donc pas d'ouvrant coulissant.</p> <p>Pour les habitations, sont autorisés :  les ouvrants à la française et ouvrants oscillo-battants.</p> <p>Pour les petits ERP et les locaux d'activité, sont autorisés :  les ouvrant à l'italienne ou basculants</p> <p>Il faut désolidariser la menuiserie du gros œuvre.</p>	<p><b>Prescriptions :</b>  Le format des ouvertures est sensiblement carré et limité à 1,5 m de côté. Donc pas d'ouvrant coulissant.</p> <p>Pour les habitations, sont autorisés :  les ouvrants à la française et ouvrants oscillo-battants.</p> <p>Pour les petits ERP et les locaux d'activité, sont autorisés :  les ouvrant à l'italienne ou basculants</p> <p>Il faut désolidariser la menuiserie du gros œuvre.</p>
		<p><b>Prescriptions :</b>  Les façades légères sont à éviter.</p>	<p><b>Prescriptions :</b>  Les façades légères sont à éviter.</p>
		<p><b>Prescriptions :</b>  Les éléments en maçonnerie doivent être encadrés par des chaînages espacés tous les 3 m et liés à la structure porteuse.</p> <p><b>Recommandations :</b>  Pour les gardes corps, préférer les matériaux légers</p>	<p><b>Prescriptions :</b>  Les éléments en maçonnerie doivent être encadrés par des chaînages espacés tous les 3 m et liés à la structure porteuse.</p> <p><b>Recommandations :</b>  Pour les gardes corps, préférer les matériaux légers</p>
		<p>Tenir compte de la pente après l'affaissement pour continuer à assurer l'étanchéité</p>	<p>Tenir compte de la pente après l'affaissement pour continuer à assurer l'étanchéité</p>
Réseaux	<p>Le but est de limiter les variations de teneur en eau aux abords du bâtiment.</p> <p>- il faut raccorder tous les réseaux d'eau au réseau collectif,  - s'assurer de l'absence de fuite sur les réseaux et minimiser les risques de rupture. Les matériaux utilisés devront être non fragiles, aussi flexibles que possible avec des joints souples aux raccordements. Elles ne devront pas être bloquées dans le gros œuvre. Les entrées et sorties se feront perpendiculairement aux murs,  - la présence dans le sous-sol d'une source de chaleur importante devra être accompagnée d'un dispositif d'isolation thermique des murs se trouvant à proximité,  - ceinturer la construction par un réseau de drains ou tranchées drainantes pour éviter les ruissellements et la stagnation d'eau aux abords du bâtiment.</p>	<p><b>Prescriptions :</b>  - la pénétration des canalisations dans le bâtiment est assurée par un dispositif souple,  - pas de canalisation dans les joints d'affaissement,  - pas de canalisation dans les chaînages et dans les panneaux de contreventement.</p> <p><b>Recommandations :</b>  La fixation des canalisations extérieures est prévue par un dispositif qui ne maintient pas solidement au mur,  Les liaisons entre les réseaux extérieurs et le bâtiment et entre l'égout et le bâtiment sont situées au milieu de la façade avant,  Les canalisations secondaires adoptent une inclinaison supérieure à celle des normes en vigueur.</p>	<p>- il faut raccorder tous les réseaux d'eau au réseau collectif, s'assurer de l'absence de fuite sur les réseaux,  - la fixation des canalisations extérieures est prévue par un dispositif qui ne maintient pas solidement au mur,  - les liaisons entre les réseaux extérieurs et le bâtiment et entre l'égout et le bâtiment sont situées au milieu de la façade avant,  - les canalisations secondaires adoptent une inclinaison supérieure à celle des normes en vigueur.  - la pénétration des canalisations dans le bâtiment est assurée par un dispositif souple,  - pas de canalisation dans les joints d'affaissement,  - pas de canalisation dans les chaînages et dans les panneaux de contreventement.  - les entrées et sorties se feront perpendiculairement aux murs,  - la présence dans le sous-sol d'une source de chaleur importante devra être accompagnée d'un dispositif d'isolation thermique des murs se trouvant à proximité,  - ceinturer la construction par un réseau de drains ou tranchées drainantes pour éviter les ruissellements et la stagnation d'eau aux abords du bâtiment.</p>

<p>Environnant</p>	<p><b>E1 :</b>          Limiter les infiltrations et l'évaporation d'eau à proximité du bâtiment permettra de limiter les variations de teneur en eau des sols.          Entourer la construction d'un système étanche e plus large possible (1,50m à 2,50 m selon la vulnérabilité de la construction), pour protéger sa périphérie immédiate de l'évaporation et éloigner les eaux de ruissellement du pied des façades. Les possibilités sont :          - trottoir périphérique en béton armé posé sur polyane. Il faut alors réaliser l'étanchéité trottoir maison,          - mise en place de géomembrane raccordée aux façades par un système de couvre-joint ou de bande soline.</p>		<p><b>E1 :</b>          Limiter les infiltrations et l'évaporation d'eau à proximité du bâtiment permettra de limiter les variations de teneur en eau des sols.          Entourer la construction d'un système étanche e plus large possible (1,50m à 2,50 m selon la vulnérabilité de la construction), pour protéger sa périphérie immédiate de l'évaporation et éloigner les eaux de ruissellement du pied des façades. Les possibilités sont :          - trottoir périphérique en béton armé posé sur polyane. Il faut alors réaliser l'étanchéité trottoir maison,          - mise en place de géomembrane raccordée aux façades par un système de couvre-joint ou de bande soline.</p>
--------------------	---	--	---

## Croisement entre l'aléa sismique et l'aléa affaissement minier de la veine Saint-George à Vieux-Condés.

Aléas	Aléa sismique	Aléa affaissement progressif minier	Aléas sismique et affaissement (p=2%)
Guide	Réglementation parasismique PS-MI	<i>Guide de dispositions constructives pour le bâti neuf situé en zone d'aléa de type affaissement progressif CSTB 17/11/2011</i>	Pour simplifier la lecture, les rappels aux normes concernant les matériaux à utiliser ne sont pas repris.
Généralités	<p><b>Zone 1</b> : Pas de préconisation.</p> <p><b>Zone 2</b> : Étude spécifique pour bâtiments type 3 et 4.</p> <p><b>Zone 3</b> : Étude spécifique pour bâtiments type 2 collectifs et 4. Application des règles suivantes pour les bâtiments de type 2 individuels.</p>	<p>Les préconisations de dispositions constructives concernent 5 types de bâtiments renforcés structurellement à hauteur d'un surcoût limité à :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 15 % dans un premier cas (bâtiment fortement renforcé,</li> <li>- 6 % dans un deuxième cas (bâtiment faiblement renforcé).</li> </ul> <p>Les ouvrages particuliers ne font pas partie de l'étude.            Pour les types de bâtiments étudiés, le document définit le niveau d'endommagement sous l'effet :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- de la déformation verticale du sol,</li> <li>- de l'inclinaison.</li> </ul> <p>Dans le cadre des PPRM du Nord Pas-de-Calais, le niveau d'endommagement maximum accepté est le niveau 3. À ce niveau, la structure subit des dommages mais ne menace pas les occupants.</p> <p>Pour chaque type de bâtiments étudiés, le guide donne les niveaux d'endommagement en fonction de degrés de renforcement et de la pente de l'affaissement. Les niveaux seuils de pente varient donc en fonction du type de bâtiment, du degré de renforcement, et du niveau d'endommagement. <b>Il n'y a pas de lien avec le niveau d'aléa</b> (pour le guide PPR, les classes d'intensité de l'aléa affaissement sont déterminées par l'effet de mise en pente. Les seuils retenus sont en % 1 -3 et 6.).</p> <p>Avec</p> <p><b>bâtiments type 1</b> : RDC à ossature béton et façade ouverte (annexe, garage, abri)</p> <p><b>bâtiments type 2</b> : RDC et étage partiel à ossature béton (salle des fêtes, cantine, petit ERP)</p> <p><b>bâtiment type 3</b> : R+1 à ossature béton (maison individuelle)</p> <p><b>bâtiment de type 4</b> : R+3 à ossature béton (habitation collective, bureau)</p> <p><b>bâtiment de type 5</b> : RDC à ossature métallique (entrepôt, bâtiment d'activité)</p> <p><i>Pour le Nord Pas-de-Calais, la seule valeur de pente attendue définie est celle de la <b>Veine Saint-Georges à Vieux Condés</b>. Elle est fixée à 2 %.</i></p>	<p>Dans la zone de la veine Saint-Georges qui est une zone 3 d'aléa sismique et dont l'affaissement pourrait provoquer une pente de 2 %, les règles constructives pour les bâtiments de type 2 individuels sont les suivantes.</p>

Les niveaux d'endommagement provoqués par un affaissement avec une pente à 2 % sont les suivants :

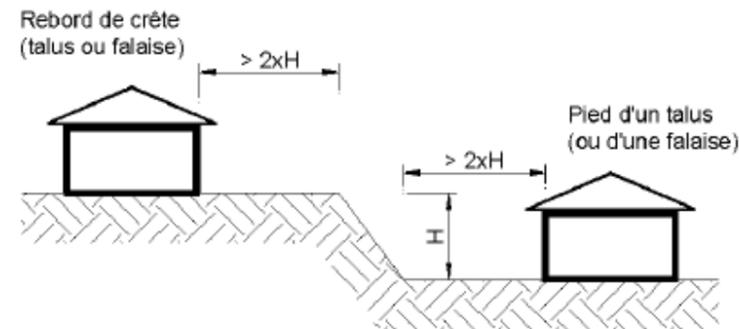
Bâtiments	Fortement renforcé	Faiblement renforcé
Type 1	N1	N2
Type 2	N2	N2
Type 3	N1	N2
Type 4	N2	N2
Type 5	N2	N3

Tous les types de bâtiments sont donc réalisables même s'ils ne sont que faiblement renforcés. Dans certains cas, passer en fortement renforcé permettrait de réduire le niveau d'endommagement.

Implantation S'éloigner des bords de falaise, pied de crête et pentes instables.

**Recommandations :**

- la construction ne doit pas être proche d'un rebord de crête et d'un pied de talus de pente supérieure à 10 %.
- En crête, distance minimale = 2 fois la hauteur du talus.
- En pied, distance minimale = 2 fois la hauteur du talus



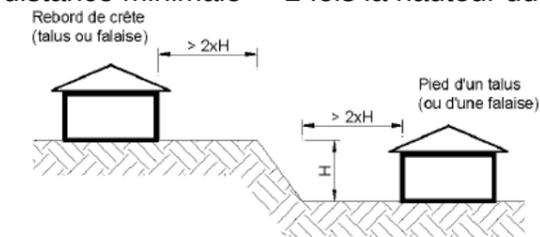
- en dehors des terrains de pente moyenne supérieure à 10 %
- en dehors des zones inondables par la nappe en cas d'affaissement

**Prescriptions :**

- si maisons accolées, prévoir un joint d'affaissement (vide entre chaque maison)
- La largeur du joint dépend de la pente attendue lors de l'affaissement.

**Recommandations :**

- la construction ne doit pas être proche d'un rebord de crête et d'un pied de talus de pente supérieure à 10 %.
- En crête, distance minimale = 2 fois la hauteur du talus.
- En pied, distance minimale = 2 fois la hauteur du talus



- en dehors des terrains de pente moyenne supérieure à 10 %
- en dehors des zones inondables par la nappe en cas d'affaissement.

**Prescriptions :**

- si maisons accolées, prévoir un joint d'affaissement (vide entre chaque maison)
- La largeur du joint dépend de la pente attendue lors de l'affaissement.

Matériaux

Les matériaux utilisés doivent être conformes aux normes de référence en vigueur.

Les matériaux utilisés doivent être conformes aux normes de référence en vigueur.

**Prescriptions :**

Pour le béton :

- le sable de rivière doit être lavé,
- en cas de béton prêt à l'emploi, la résistance minimale à la compression à 28 jours doit être de 25 MPa (BCN B 25). Pour les ouvrages de faibles épaisseurs, la consistance doit être très plastique (norme NFP 18-305) pour obtenir une mise en

**Prescriptions :**

Pour la maçonnerie :

Pas de pierre naturelle ou manufacturée

Mortier :

		<p>place optimale. Dans ce cas, l'ajout d'eau sur chantier est à proscrire,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- dans le cas de béton fait sur chantier, le dosage minimal en ciment doit être de 350 kg/m<sup>3</sup>,</li> <li>- les aciers pour armatures doivent être à haute adhérence, de nuance Fe E 500 (limite élastique à 500 MPa) et disposer d'un allongement garanti sous charge maxi d'au moins 5 %.</li> <li>- pour les armatures, les distances d'enrobage des aciers vis-à-vis de la paroi la plus voisine doivent respecter les dispositions constructives définies dans les documents normatifs.</li> </ul> <p><u>Pour les charpentes métalliques :</u> Aciers utilisés doivent disposer d'une nuance minimale Fe E 235 (limite élastique à 235 MPa).</p> <p><u>Pour la maçonnerie :</u></p> <p>Pas de pierre naturelle ou manufacturée</p> <p><u>Mortier :</u> Les grains de sable ne doivent pas dépasser 5 mm. L'épaisseur des joints ne doit pas être inférieure à 15 mm.</p> <p><b>Recommandations :</b></p> <p><u>Pour le béton :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sable de mer à éviter,</li> <li>- sable de pouzzolane =&gt; mouillage préalable pour qu'il n'absorbe pas l'eau de gâchage,</li> <li>- pour les bétons de structure, les gravillons sont de granulométrie 5/15.</li> </ul> <p><u>Pour la maçonnerie :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les blocs creux doivent comporter une cloison intermédiaire parallèle au mur et être d'une épaisseur mini de 20 cm,</li> <li>- les éléments de béton doivent avoir des résistances de 6 MPa pour les blocs creux de 20 cm (B60 ou B80) et de 12 MPa pour les blocs pleins ou perforés de 15 cm (B120 et B160),</li> <li>- les briques de terre cuite doivent avoir en résistance, 6 MPa pour les briques creuses de terre cuite de 20 cm (BCTC20-60 et BCTC20-80), 6 MPa pour les briques pleines en blocs perforés de terre cuite de 20 cm min, 12 MPa pour les blocs perforés de terre cuite de 15 cm.</li> </ul> <p><u>Mortier :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mortier aussi plastique et souple que possible,</li> <li>- liant chargé à la chaux</li> </ul>	<p>Les grains de sable ne doivent pas dépasser 5 mm L'épaisseur des joints ne doit pas être inférieure à 15 mm.</p> <p><b>Recommandations :</b></p> <p><u>Pour le béton :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sable de mer à éviter,</li> <li>- sable de pouzzolane =&gt; mouillage préalable pour qu'il n'absorbe pas l'eau de gâchage,</li> <li>- pour les bétons de structure, les gravillons sont de granulométrie 5/15,</li> </ul> <p><u>Pour la maçonnerie :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les blocs creux doivent comporter une cloison intermédiaire parallèle au mur et être d'une épaisseur minimum de 20 cm,</li> <li>- les éléments de béton doivent avoir des résistances de 6 MPa pour les blocs creux de 20 cm (B60 ou B80) et de 12 MPa pour les blocs pleins ou perforés de 15 cm (B120 et B160),</li> <li>- les briques de terre cuite doivent avoir en résistance, 6 MPa pour les briques creuses de terre cuite de 20 cm (BCTC20-60 et BCTC20-80), 6 MPa pour les briques pleines en blocs perforés de terre cuite de 20 cm min, 12 MPa pour les blocs perforés de terre cuite de 15 cm.</li> </ul> <p><u>Mortier :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mortier aussi plastique et souple que possible,</li> <li>- liant chargé à la chaux</li> </ul>
Formes	<p>Privilégier la compacité du bâtiment. Limiter les décrochements en plan et en élévation. Fractionner le bâtiment en blocs homogènes par des joints</p>	<p><b>Plan :</b> Plan régulier (rectangle) L/l &lt;= 2 Dimensions maximales par type de bâtiments</p>	<p><b>Plan :</b> Plan régulier (rectangle) L/l &lt;= 2 Dimensions maximales par type de bâtiments</p>

	<p>parasismiques continus.</p>	<p>Pas de décrochement au sol. Si formes complexes, éléments simples indépendants en fondations et en superstructure.</p> <table border="1" data-bbox="1231 226 1878 489"> <thead> <tr> <th>Dimensions maximales</th> <th>Longueur L (m)</th> <th>Largeur l (m)</th> <th>Hauteur H (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Type 1 Annexe non habitable</td> <td>8</td> <td>4</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Type 2 Petit ERP</td> <td>20</td> <td>12</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Type 3 Maison individuelle</td> <td>14</td> <td>9</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Type 4 Bâtiment d'habitation collectif</td> <td>25</td> <td>15</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Type 5 Bâtiment d'activité</td> <td>30</td> <td>18</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><i>Dimensions maximales des types de bâtiment</i></p> <p><b>Élévation</b> : Hauteur maxi donné par type de bâtiment. Pas d'infrastructure (sous-sol) même partiel</p>	Dimensions maximales	Longueur L (m)	Largeur l (m)	Hauteur H (m)	Type 1 Annexe non habitable	8	4	3	Type 2 Petit ERP	20	12	7	Type 3 Maison individuelle	14	9	6	Type 4 Bâtiment d'habitation collectif	25	15	12	Type 5 Bâtiment d'activité	30	18	5	<p>Pas de décrochement au sol.</p> <table border="1" data-bbox="1997 195 2801 520"> <thead> <tr> <th>Dimensions maximales</th> <th>Longueur L (m)</th> <th>Largeur l (m)</th> <th>Hauteur H (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Type 1 Annexe non habitable</td> <td>8</td> <td>4</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Type 2 Petit ERP</td> <td>20</td> <td>12</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Type 3 Maison individuelle</td> <td>14</td> <td>9</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Type 4 Bâtiment d'habitation collectif</td> <td>25</td> <td>15</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Type 5 Bâtiment d'activité</td> <td>30</td> <td>18</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><i>Dimensions maximales des types de bâtiment</i></p> <p>Hauteur maxi donné par type de bâtiment (guide affaissement) Pas d'infrastructure (sous-sol) même partiel</p> <p>Fractionner le bâtiment en blocs homogènes par des joints parasismiques continus.</p>	Dimensions maximales	Longueur L (m)	Largeur l (m)	Hauteur H (m)	Type 1 Annexe non habitable	8	4	3	Type 2 Petit ERP	20	12	7	Type 3 Maison individuelle	14	9	6	Type 4 Bâtiment d'habitation collectif	25	15	12	Type 5 Bâtiment d'activité	30	18	5
Dimensions maximales	Longueur L (m)	Largeur l (m)	Hauteur H (m)																																																
Type 1 Annexe non habitable	8	4	3																																																
Type 2 Petit ERP	20	12	7																																																
Type 3 Maison individuelle	14	9	6																																																
Type 4 Bâtiment d'habitation collectif	25	15	12																																																
Type 5 Bâtiment d'activité	30	18	5																																																
Dimensions maximales	Longueur L (m)	Largeur l (m)	Hauteur H (m)																																																
Type 1 Annexe non habitable	8	4	3																																																
Type 2 Petit ERP	20	12	7																																																
Type 3 Maison individuelle	14	9	6																																																
Type 4 Bâtiment d'habitation collectif	25	15	12																																																
Type 5 Bâtiment d'activité	30	18	5																																																
Fondations	<p>Il faut un chaînage horizontal au niveau des fondations ou au niveau du plancher si celui-ci est situé à moins de 1,2 m de l'assise de fondation.</p> <p>Pour les semelles filantes, le réseau doit être maillé et continu.</p> <p>Les semelles isolées doivent être liaisonnées.</p> <p>Les fondations et la superstructure doivent être liaisonnées par des recouvrements de chaînage.</p> <p>Les vides sanitaires doivent être entourés de murs fondés.</p> <p>Privilégier les sous-sols complets plutôt que partiels.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- toutes les fondations doivent être fondées sur un même niveau, aucun décrochement vertical n'est permis. Elles doivent être superficielles et ne pas descendre plus bas que la côte hors gel.</li> <li>- si possible, les charges doivent être réparties au mieux sur l'ensemble des fondations et la contrainte au sol sera le plus homogène possible,</li> <li>- elles doivent être dimensionnées au plus juste vis-à-vis de la contrainte de calcul du sol</li> <li>- les fondations doivent être filantes et constituer un système homogène. Les fondations isolées doivent être reliées aux autres fondations par des longrines interdisant tout déplacement relatif</li> <li>- l'ensemble des fondations doit être ferrailé conformément aux références normatives en vigueur sous combinaisons accidentelles pour résister à un effort de traction égale à <math>P*0,35</math>, selon les deux axes du bâtiment.</li> <li>- les fondations d'avoisinant doivent être indépendantes et désolidarisées de l'ouvrage principal,</li> <li>- les fondations doivent être entourée d'une tranchée d'éléments très compressibles le plus proche possible du bâtiment et descendu au niveau des fondations.</li> </ul> <p><u>Bâtiment fortement renforcé :</u></p> <p>Pour un bâtiment fortement renforcé, le réseau de fondations doit avoir la forme d'un caisson de maille maxi 5*5 m</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- toutes les fondations doivent être fondées sur un même niveau, aucun décrochement vertical n'est permis. Elles doivent être superficielles et ne pas descendre plus bas que la côte hors gel.</li> <li>- Il faut un chaînage horizontal au niveau des fondations ou au niveau du plancher si celui-ci est situé à moins de 1,2 m de l'assise de fondation.</li> <li>- les charges doivent être réparties au mieux sur l'ensemble des fondations et la contrainte au sol sera le plus homogène possible,</li> <li>- elles doivent être dimensionnées au plus juste vis-à-vis de la contrainte de calcul du sol</li> <li>- les fondations doivent être filantes et constituer un système homogène. Les fondations isolées doivent être reliées aux autres fondations par des longrines interdisant tout déplacement relatif</li> <li>- l'ensemble des fondations doit être ferrailé conformément aux références normatives en vigueur sous combinaisons accidentelles pour résister à un effort de traction égale à <math>P*0,35</math>, selon les deux axes du bâtiment.</li> <li>- les fondations d'avoisinant doivent être indépendantes et désolidarisées de l'ouvrage principal,</li> <li>- les fondations doivent être entourée d'une tranchée d'éléments très compressibles le plus proche possible du bâtiment et descendu au niveau des fondations.</li> <li>- Les vides sanitaires doivent être entourés de murs fondés.</li> </ul>																																																

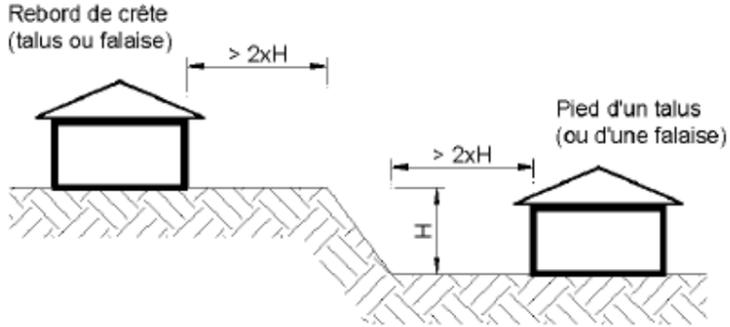
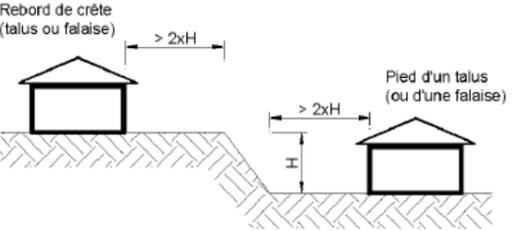
		<p>Les soubassements doivent être rigidifiés, un joint de glissement désolidarise la semelle et le mur de soubassement rigidifié.</p> <p>Les fondations doivent être coulées sur le sol avec interposition d'une couche de sable de 10 cm d'épaisseur minimum.</p> <p>Le plancher bas doit être sur vide sanitaire, accessible et liaisonné aux soubassements par des armatures de rive.</p>	<p>- Les fondations et la superstructure doivent être liaisonnées</p> <p><u>Bâtiment fortement renforcé :</u></p> <p>Pour un bâtiment fortement renforcé, le réseau de fondations doit avoir la forme d'un caisson de maille maxi 5*5 m</p> <p>Les soubassements doivent être rigidifiés, un joint de glissement désolidarise la semelle et le mur de soubassement rigidifié.</p> <p>Les fondations doivent être coulées sur le sol avec interposition d'une couche de sable de 10 cm d'épaisseur minimum.</p> <p>Le plancher bas doit être sur vide sanitaire, accessible et liaisonné aux soubassements par des armatures de rive.</p>
Poteaux poutres	<p>Distribuer les masses et les raideurs (murs poteaux, voiles...) de façon équilibrée.</p> <p>Assurer le contreventement horizontal et vertical de la structure.</p> <p>Superposer les éléments de contreventement.</p> <p>Créer des diaphragmes rigides à tous les niveaux.</p>	<p><u>Bâtiments fortement renforcés :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les 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, à toutes les intersections des murs et planchers.</li> <li>- les poteaux doivent avoir une capacité portante d'au moins 1,4 fois celle de la somme des poutres aboutissant au nœud poteau-poutre.</li> </ul> <p>Pour les constructions métalliques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les pieds de poteaux sont articulés plutôt qu'encastés,</li> <li>- les assemblages sont boulonnés plutôt que soudés.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les planchers sont plans sur toute la surface du bâtiment sans décaissés,</li> <li>- les éléments maçonnés de grande dimension doivent être recoupés d'un chaînage vertical tous les 3 m au maximum.</li> </ul>	<p>Distribuer les masses et les raideurs (murs poteaux, voiles...) de façon équilibrée.</p> <p>Assurer le contreventement horizontal et vertical de la structure.</p> <p>Superposer les éléments de contreventement.</p> <p>Créer des diaphragmes rigides à tous les niveaux.</p> <p><u>Bâtiments fortement renforcés :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les 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, à toutes les intersections des murs et planchers.</li> <li>- les poteaux doivent avoir une capacité portante d'au moins 1,4 fois celle de la somme des poutres aboutissant au nœud poteau-poutre.</li> </ul> <p>Pour les constructions métalliques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les pieds de poteaux sont articulés plutôt qu'encastés,</li> <li>- les assemblages sont boulonnés plutôt que soudés.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les planchers sont plans sur toute la surface du bâtiment sans décaissés,</li> <li>- les éléments maçonnés de grande dimension doivent être recoupés d'un chaînage vertical tous les 3 m maxi.</li> </ul>
Ouvertures		<ul style="list-style-type: none"> <li>- les ouvertures sont aussi petites que possible et placées afin de conserver des pans de murs d'au moins 1,5 m sans ouverture sur chaque façade.</li> </ul> <p><b>Bâtiments fortement renforcés :</b> Toutes les ouvertures doivent être encadrées de chaînages</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- les ouvertures sont aussi petites que possible et placées afin de conserver des pans de murs d'au moins 1,5 m sans ouverture sur chaque façade.</li> </ul> <p><b>Bâtiments fortement renforcés :</b> Toutes les ouvertures doivent être encadrées de chaînages</p>

Éléments non structurant	Fixer les éléments non structuraux (cloisons, plafonds suspendus, luminaires, équipement technique lourds. Assurer une liaison efficace des cheminées, des éléments de bardages...	<b>Prescriptions :</b> Les escaliers maçonnés et escalier sur voûtes sarrasine interdits Les marches en console dans les murs proscrites.	<b>Prescriptions :</b> Les escaliers maçonnés et escalier sur voûtes sarrasine interdits Les marches en console dans les murs proscrites.  Fixer les éléments non structuraux (cloisons, plafonds suspendus, luminaires, équipement technique lourds. Assurer une liaison efficace des cheminées, des éléments de bardages...
		Cheminées pourvues de raidisseurs métalliques à chaque angle du terminal (les souches peuvent être aussi munies de haubanage).  - mise en place de ceinture en plat en acier, - conduits adossés aux murs intérieurs sans affaiblir la section résistante du mur, - à l'intérieur, les conduits doivent être liaisonnés à la charpente et à chaque plancher par des attaches métalliques. - implanter les cheminées à proximité du faîtage.	Cheminées pourvues de raidisseurs métalliques à chaque angle du terminal (les souches peuvent être aussi munies de haubanage).  - mise en place de ceinture en plat en acier, - conduits adossés aux murs intérieurs sans affaiblir la section résistante du mur, - à l'intérieur, les conduits doivent être liaisonnés à la charpente et à chaque plancher par des attaches métalliques. - implanter les cheminées à proximité du faîtage.
		<b>Prescriptions :</b>  <u>Cloison en carreaux de plâtre :</u>  Ne pas utiliser pour les bâtiments à ossatures métalliques  <b>Recommandations :</b>  <u>Cloisons en maçonnerie :</u> Les cloisons en maçonnerie sont solidarisées avec le plancher supérieur pour les cloisons de hauteur d'étage. Si les cloisons n'atteignent pas le plafond, il faut les encadrées par des éléments de béton armé, métal ou bois solidarisés entre eux et liés au gros œuvre. Si l'épaisseur est supérieure à 10 cm, la superficie entre raidisseurs ne doit pas dépasser 20 m2. Si l'épaisseur est inférieure ou égale à 10 cm, la superficie entre raidisseurs ne doit pas dépasser 14 m2.  <u>Cloison en carreaux de plâtre :</u> - elles sont désolidarisées de la structure par joint périphérique - la stabilité est assurée par des lisses ou attaches. Il faut des raidisseurs tous les 5 m en parties courantes, aux extrémités en épi et en partie haute si elles ne règnent pas sur toute la hauteur de l'étage, - les huisseries de portes sont liées à la cloison par des pattes de scellement tous les joints horizontaux de cloisons. Les montants de huisserie ne doivent pas être scellés en partie haute.  <u>Cloison en plaque de plâtre :</u>	<b>Prescriptions :</b>  <u>Cloison en carreaux de plâtre :</u>  Ne pas utiliser pour les bâtiments à ossatures métalliques  <b>Recommandations :</b>  <u>Cloisons en maçonnerie :</u> Les cloisons en maçonnerie sont solidarisées avec le plancher supérieur pour les cloisons de hauteur d'étage. Si les cloisons n'atteignent pas le plafond, il faut les encadrées par des éléments de béton armé, métal ou bois solidarisés entre eux et liés au gros œuvre. Si l'épaisseur est supérieure à 10 cm, la superficie entre raidisseurs ne doit pas dépasser 20 m2. Si l'épaisseur est inférieure ou égale à 10 cm, la superficie entre raidisseurs ne doit pas dépasser 14 m2.  <u>Cloison en carreaux de plâtre :</u> - elles sont désolidarisées de la structure par joint périphérique - la stabilité est assurée par des lisses ou attaches. Il faut des raidisseurs tous les 5 m en parties courantes, aux extrémités en épi et en partie haute si elles ne règnent pas sur toute la hauteur de l'étage, - les huisseries de portes sont liées à la cloison par des pattes de scellement tous les joints horizontaux de cloisons. Les montants de huisserie ne doivent pas être scellés en partie haute.  <u>Cloison en plaque de plâtre :</u>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- elles sont recommandées en cas d'affaissement important,</li> <li>- l'ossature de la cloison est dans un profil solidaire de la structure porteuse,</li> <li>- elles ne sont pas liaisonnées sur le profil.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- elles sont recommandées en cas d'affaissement important,</li> <li>- l'ossature de la cloison est dans un profil solidaire de la structure porteuse,</li> <li>- elles ne sont pas liaisonnées sur le profil.</li> </ul>
		<p><b>Prescriptions :</b> Le format des ouvertures est sensiblement carré et limité à 1,5 m de côté. Donc pas d'ouvrant coulissant.</p> <p>Pour les habitations, sont autorisés : les ouvrants à la française et ouvrants oscillo-battants.</p> <p>Pour les petits ERP et les locaux d'activité, sont autorisés : les ouvrant à l'italienne ou basculants</p> <p>Il faut désolidariser la menuiserie du gros œuvre.</p>	<p><b>Prescriptions :</b> Le format des ouvertures est sensiblement carré et limité à 1,5 m de côté. Donc pas d'ouvrant coulissant.</p> <p>Pour les habitations, sont autorisés : les ouvrants à la française et ouvrants oscillo-battants.</p> <p>Pour les petits ERP et les locaux d'activité, sont autorisés : les ouvrant à l'italienne ou basculants</p> <p>Il faut désolidariser la menuiserie du gros œuvre.</p>
		<p><b>Prescriptions :</b> Les façades légères sont à éviter.</p>	<p><b>Prescriptions :</b> Les façades légères sont à éviter.</p>
		<p><b>Prescriptions :</b> Les éléments en maçonnerie doivent être encadrés par des chaînages espacés tous les 3 m et liés à la structure porteuse.</p> <p><b>Recommandations :</b> Pour les gardes corps, préférer les matériaux légers</p>	<p><b>Prescriptions :</b> Les éléments en maçonnerie doivent être encadrés par des chaînages espacés tous les 3 m et liés à la structure porteuse.</p> <p><b>Recommandations :</b> Pour les gardes corps, préférer les matériaux légers</p>
		<p>Tenir compte de la pente après l'affaissement pour continuer à assurer l'étanchéité de la toiture.</p>	<p>Tenir compte de la pente après l'affaissement pour continuer à assurer l'étanchéité l'étanchéité de la toiture.</p>
Réseaux		<p><b>Prescriptions :</b> - la pénétration des canalisations dans le bâtiment est assurée par un dispositif souple, - pas de canalisation dans les joints d'affaissement, - pas de canalisation dans les chaînages et dans les panneaux de contreventement.</p> <p><b>Recommandations :</b> La fixation des canalisations extérieures est prévue par un dispositif qui ne maintient pas solidement au mur, Les liaisons entre les réseaux extérieurs et le bâtiment et entre l'égout et le bâtiment sont situées au milieu de la façade avant, Les canalisations secondaires adoptent une inclinaison supérieure à celle des normes en vigueur.</p>	<p><b>Prescriptions :</b> - la pénétration des canalisations dans le bâtiment est assurée par un dispositif souple, - pas de canalisation dans les joints d'affaissement, - pas de canalisation dans les chaînages et dans les panneaux de contreventement.</p> <p><b>Recommandations :</b> La fixation des canalisations extérieures est prévue par un dispositif qui ne maintient pas solidement au mur, Les liaisons entre les réseaux extérieurs et le bâtiment et entre l'égout et le bâtiment sont situées au milieu de la façade avant, Les canalisations secondaires adoptent une inclinaison supérieure à celle des normes en vigueur.</p>

## Croisement entre l'aléa tassement et l'aléa affaissement minier de la veine Saint-George à Vieux-Condés.

Aléas	Aléa tassement assimilé à un retrait	Aléa affaissement progressif minier	Aléas tassement et affaissement
Guide	<p><i>Retrait et gonflement des argiles – 2</i>  <i>Protéger sa maison de la sécheresse – Conseils aux constructeurs de maisons neuves</i> IFSTTAR et CSTB diffusion prévue juin 2015                      Le retrait gonflement des argiles – Comment prévenir les désordres dans l'habitat individuel ? Août 2007.</p>	<p><i>Guide de dispositions constructives pour le bâti neuf situé en zone d'aléa de type affaissement progressif</i> CSTB 17/11/2011</p>	<p>Pour simplifier la lecture, les rappels aux normes concernant les matériaux à utiliser ne sont pas repris.</p>
Généralités	<p>Le mouvement de tassement est assimilé à celui du retrait. Les dispositions constructives seront donc identiques à l'exception de celles portant sur la végétation.</p>	<p>Les préconisations de dispositions constructives concernent 5 types de bâtiments renforcés structurellement à hauteur d'un surcoût limité à :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 15 % dans un premier cas (bâtiment fortement renforcé,</li> <li>- 6 % dans un deuxième cas (bâtiment faiblement renforcé).</li> </ul> <p>Les ouvrages particuliers ne font pas partie de l'étude. Pour les types de bâtiments étudiés, le document définit le niveau d'endommagement sous l'effet :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- déformation verticale du sol,</li> <li>- l'inclinaison.</li> </ul> <p>Dans le cadre des PPRM du Nord Pas-de-Calais, le niveau d'endommagement maximum accepté est le niveau 3. À ce niveau, la structure subit des dommages mais ne menace pas les occupants.</p> <p>Pour chaque type de bâtiments étudiés, le guide donne les niveaux d'endommagement en fonction de degrés de renforcement et de la pente de l'affaissement. Les niveaux seuils de pente varient donc en fonction du type de bâtiment, du degré de renforcement, et du niveau d'endommagement. <b>Il n'y a pas de lien avec le niveau d'aléa</b> (pour le guide PPR, les classes d'intensité de l'aléa affaissement sont déterminées par l'effet de mise en pente. Les seuils retenus sont en % 1 -3 et 6.).</p> <p>Avec</p> <p><b>bâtiments type 1</b> : RDC à ossature béton et façade ouverte (annexe, garage, abri)</p> <p><b>bâtiments type 2</b> : RDC et étage partiel à ossature béton (salle des fêtes, cantine, petit ERP)</p> <p><b>bâtiment type 3</b> : R+1 à ossature béton (maison individuelle)</p> <p><b>bâtiment de type 4</b> : R+3 à ossature béton (habitation collective, bureau)</p> <p><b>bâtiment de type 5</b> : RDC à ossature métallique (entrepôt, bâtiment d'activité)</p>	<p>Les différentes incompatibilités conduisent à :</p> <p><b>- pas de bâtiment fortement renforcé selon le guide affaissement minier.</b></p> <p>Les possibilités restantes sont donc :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- constructions en intensité très limitée, limitée et modérée aux affaissements miniers correspondant aux bâtiments faiblement renforcés.</li> </ul>

		<p>Pour le Nord Pas-de-Calais, la seule valeur de pente attendue définie est celle de la <b>Veine Saint-Georges à Vieux Condés</b>. Elle est fixée à 2 %.</p> <p>Les niveaux d'endommagement provoqués par un affaissement avec une pente à 2 % sont les suivants :</p> <table border="1" data-bbox="1145 352 1964 646"> <thead> <tr> <th>Bâtiments</th> <th>Fortement renforcé</th> <th>Faiblement renforcé</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Type 1</td> <td>N1</td> <td>N2</td> </tr> <tr> <td>Type 2</td> <td>N2</td> <td>N2</td> </tr> <tr> <td>Type 3</td> <td>N1</td> <td>N2</td> </tr> <tr> <td>Type 4</td> <td>N2</td> <td>N2</td> </tr> <tr> <td>Type 5</td> <td>N2</td> <td>N3</td> </tr> </tbody> </table> <p>Tous les types de bâtiments sont donc réalisables même s'ils ne sont que faiblement renforcés. Dans certains cas, passer en fortement renforcé permet de réduire le niveau d'endommagement.</p>	Bâtiments	Fortement renforcé	Faiblement renforcé	Type 1	N1	N2	Type 2	N2	N2	Type 3	N1	N2	Type 4	N2	N2	Type 5	N2	N3	
Bâtiments	Fortement renforcé	Faiblement renforcé																			
Type 1	N1	N2																			
Type 2	N2	N2																			
Type 3	N1	N2																			
Type 4	N2	N2																			
Type 5	N2	N3																			
Implantation	Les bâtiments accolés et fondés différemment doivent être désolidarisés par un joint de rupture.	<p><b>Recommandations :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la construction ne doit pas être proche d'un rebord de crête et d'un pied de talus de pente supérieure à 10 %.</li> <li>En crête, distance minimale = 2 fois la hauteur du talus.</li> <li>En pied, distance minimale = 2 fois la hauteur du talus</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- en dehors des terrains de pente moyenne supérieure à 10 %</li> <li>- en dehors des zones inondables par la nappe en cas d'affaissement</li> </ul> <p><b>Prescriptions :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- si maisons accolées, prévoir un joint d'affaissement (vide entre chaque maison)</li> <li>La largeur du joint dépend de la pente attendue lors de l'affaissement.</li> </ul>	<p><b>Recommandations :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la construction ne doit pas être proche d'un rebord de crête et d'un pied de talus de pente supérieure à 10 %.</li> <li>En crête, distance minimale = 2 fois la hauteur du talus.</li> <li>En pied, distance minimale = 2 fois la hauteur du talus</li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>- en dehors des terrains de pente moyenne supérieure à 10 %</li> <li>- en dehors des zones inondables par la nappe en cas d'affaissement.</li> </ul> <p><b>Prescriptions :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- si maisons accolées, prévoir un joint d'affaissement (vide entre chaque maison)</li> <li>La largeur du joint dépend de la pente attendue lors de l'affaissement.</li> </ul>																		
Matériaux	Respecter DTU et normes NF ou EN. Être couverts par un Avis Technique pour les matériaux innovants.	Les matériaux utilisés doivent être conformes aux normes de référence en vigueur.	Les matériaux utilisés doivent être conformes aux normes de référence en vigueur.																		
	<p><u>Pour le béton :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- en cas de béton prêt à l'emploi, la résistance minimale à la compression à 28 jours doit être de 25 MPa (BCN B 25 ou</li> </ul>	<p><b>Prescriptions :</b></p> <p><u>Pour le béton :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- - le sable de rivière doit être lavé,</li> </ul>	<p><b>Prescriptions :</b></p> <p><u>Pour la maçonnerie :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas de pierre naturelle ou manufacturée</li> </ul>																		

du C25/30 selon la dénomination Eurocode). Pour les ouvrages de faibles épaisseurs, la consistance doit être très plastique (norme NFP 18-305) pour obtenir une mise en place optimale. Dans ce cas, l'ajout d'eau sur chantier est à proscrire,  
- dans le cas de béton fait sur chantier, le dosage minimal en ciment doit être de 350 kg/m<sup>3</sup>,  
- les aciers pour armatures doivent être à haute adhérence, de nuance Fe E 500 (limite élastique à 500 MPa) et disposer d'un allongement garanti sous charge maxi d'au moins 5 %. (armature de classe B).

Pour la maçonnerie :

Les éléments de maçonnerie peuvent être pleins ou creux. Ils doivent être conformes aux prescriptions de la norme NF DTU 20.1

- en cas de béton prêt à l'emploi, la résistance minimale à la compression à 28 jours doit être de 25 MPa (BCN B 25). Pour les ouvrages de faibles épaisseurs, la consistance doit être très plastique (norme NFP 18-305) pour obtenir une mise en place optimale. Dans ce cas, l'ajout d'eau sur chantier est à proscrire,  
- dans le cas de béton fait sur chantier, le dosage minimal en ciment doit être de 350 kg/m<sup>3</sup>,  
- les aciers pour armatures doivent être à haute adhérence, de nuance Fe E 500 (limite élastique à 500 MPa) et disposer d'un allongement garanti sous charge maxi d'au moins 5 %.  
- pour les armatures, les distances d'enrobage des aciers vis-à-vis de la paroi la plus voisine doivent respecter les dispositions constructives définies dans les documents normatifs.

Pour les charpentes métalliques :

Aciers utilisés doivent disposer d'une nuance minimale Fe E 235 (limite élastique à 235 MPa).

Pour la maçonnerie :

Pas de pierre naturelle ou manufacturée

Mortier :

Les grains de sable ne doivent pas dépasser 5 mm  
L'épaisseur des joints ne doit pas être inférieure à 15 mm.

**Recommandations :**

Pour le béton :

- sable de mer à éviter,  
- sable de pouzzolane => mouillage préalable pour qu'il n'absorbe pas l'eau de gâchage,  
- pour les bétons de structure, les gravillons sont de granulométrie 5/15,

Pour la maçonnerie :

- les blocs creux doivent comporter une cloison intermédiaire parallèle au mur et être d'une épaisseur mini de 20 cm,  
- les éléments de béton doivent avoir des résistances de 6 MPa pour les blocs creux de 20 cm (B60 ou B80) et de 12 MPa pour les blocs pleins ou perforés de 15 cm (B120 et B160),  
- les briques de terre cuite doivent avoir en résistance, 6 MPa pour les briques creuses de terre cuite de 20 cm (BCTC20-60 et BCTC20-80), 6 MPa pour les briques pleines en blocs perforés de terre cuite de 20 cm min, 12 MPa pour les blocs perforés de terre cuite de 15 cm.

Mortier :

- mortier aussi plastique et souple que possible,  
- liant chargé à la chaux

Mortier :

Les grains de sable ne doivent pas dépasser 5 mm  
L'épaisseur des joints ne doit pas être inférieure à 15 mm.

**Recommandations :**

Pour le béton :

- sable de mer à éviter,  
- sable de pouzzolane => mouillage préalable pour qu'il n'absorbe pas l'eau de gâchage,  
- pour les bétons de structure, les gravillons sont de granulométrie 5/15,

Pour la maçonnerie :

- les blocs creux doivent comporter une cloison intermédiaire parallèle au mur et être d'une épaisseur minimum de 20 cm,  
- les éléments de béton doivent avoir des résistances de 6 MPa pour les blocs creux de 20 cm (B60 ou B80) et de 12 MPa pour les blocs pleins ou perforés de 15 cm (B120 et B160),  
- les briques de terre cuite doivent avoir en résistance, 6 MPa pour les briques creuses de terre cuite de 20 cm (BCTC20-60 et BCTC20-80), 6 MPa pour les briques pleines en blocs perforés de terre cuite de 20 cm min, 12 MPa pour les blocs perforés de terre cuite de 15 cm.

Mortier :

- mortier aussi plastique et souple que possible,  
- liant chargé à la chaux

<p>Formes</p>	<p>Découpage de la construction en blocs rigides séparés par des joints de ruptures dont la géométrie est régulière (rectangle) avec <math>L/l \leq 2</math>.  Il faut au moins 2 murs parallèles dans chaque direction principale du bâtiment (Murs parallèles si angle ne dépasse pas <math>15^\circ</math>).  Porteurs verticaux continus sur la hauteur.  Lorsque les niveaux de la construction n'ont pas la même géométrie, l'écart entre les surfaces de plancher de deux niveaux successifs ne doit pas dépasser 20 %. Si cette règle n'est pas respectée, il faut désolidariser les parties de structures fondées différemment.</p>	<p><b>Plan :</b>  Plan régulier (rectangle) <math>L/l \leq 2</math></p> <p>Dimensions maximales par type de bâtiments  Pas de décrochement au sol. Si formes complexes, éléments simples indépendants en fondations et en superstructure.</p> <table border="1" data-bbox="1231 363 1878 625"> <thead> <tr> <th>Dimensions maximales</th> <th>Longueur L (m)</th> <th>Largeur l (m)</th> <th>Hauteur H (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Type 1 Annexe non habitable</td> <td>8</td> <td>4</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Type 2 Petit ERP</td> <td>20</td> <td>12</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Type 3 Maison individuelle</td> <td>14</td> <td>9</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Type 4 Bâtiment d'habitation collectif</td> <td>25</td> <td>15</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Type 5 Bâtiment d'activité</td> <td>30</td> <td>18</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><i>Dimensions maximales des types de bâtiment</i></p> <p><b>Élévation :</b> Hauteur maxi donné par type de bâtiment.  Pas d'infrastructure (sous-sol) même partiel</p>	Dimensions maximales	Longueur L (m)	Largeur l (m)	Hauteur H (m)	Type 1 Annexe non habitable	8	4	3	Type 2 Petit ERP	20	12	7	Type 3 Maison individuelle	14	9	6	Type 4 Bâtiment d'habitation collectif	25	15	12	Type 5 Bâtiment d'activité	30	18	5	<p><b>Plan :</b>  Plan régulier (rectangle) <math>L/l \leq 2</math>  Dimensions maximales par type de bâtiments  Pas de décrochement au sol. Si formes complexes, éléments simples indépendants en fondations et en superstructure.</p> <table border="1" data-bbox="1997 331 2798 657"> <thead> <tr> <th>Dimensions maximales</th> <th>Longueur L (m)</th> <th>Largeur l (m)</th> <th>Hauteur H (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Type 1 Annexe non habitable</td> <td>8</td> <td>4</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Type 2 Petit ERP</td> <td>20</td> <td>12</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Type 3 Maison individuelle</td> <td>14</td> <td>9</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Type 4 Bâtiment d'habitation collectif</td> <td>25</td> <td>15</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Type 5 Bâtiment d'activité</td> <td>30</td> <td>18</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><i>Dimensions maximales des types de bâtiment</i></p> <p>Hauteur maxi donné par type de bâtiment (guide affaissement)  Pas d'infrastructure (sous-sol) même partiel</p> <p>Porteurs verticaux continus sur la hauteur.  Lorsque les niveaux de la construction n'ont pas la même géométrie, l'écart entre les surfaces de plancher de deux niveaux successifs ne doit pas dépasser 20 %. Si cette règle n'est pas respectée, il faut désolidariser les parties de structures fondées différemment.</p>	Dimensions maximales	Longueur L (m)	Largeur l (m)	Hauteur H (m)	Type 1 Annexe non habitable	8	4	3	Type 2 Petit ERP	20	12	7	Type 3 Maison individuelle	14	9	6	Type 4 Bâtiment d'habitation collectif	25	15	12	Type 5 Bâtiment d'activité	30	18	5
Dimensions maximales	Longueur L (m)	Largeur l (m)	Hauteur H (m)																																																
Type 1 Annexe non habitable	8	4	3																																																
Type 2 Petit ERP	20	12	7																																																
Type 3 Maison individuelle	14	9	6																																																
Type 4 Bâtiment d'habitation collectif	25	15	12																																																
Type 5 Bâtiment d'activité	30	18	5																																																
Dimensions maximales	Longueur L (m)	Largeur l (m)	Hauteur H (m)																																																
Type 1 Annexe non habitable	8	4	3																																																
Type 2 Petit ERP	20	12	7																																																
Type 3 Maison individuelle	14	9	6																																																
Type 4 Bâtiment d'habitation collectif	25	15	12																																																
Type 5 Bâtiment d'activité	30	18	5																																																
<p>Fondations</p>	<p>Même sur un sol réputé non sensible, la conception des fondations doit respecter quelques grands principes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- adopter une profondeur suffisante, à adapter en fonction de la portance du sol et de la profondeur de pénétration du gel ;</li> <li>- éviter toute dissymétrie dans la profondeur des semelles de fondation ;</li> <li>- recourir à des fondations continues et armées, bétonnées en pleine fouille sur toute leur hauteur (les fondations coffrées sont toutefois possibles bien que de réalisation plus complexe).</li> </ul> <p><b>Pour bénéficier d'un sol de même nature à la base des différentes fondations, il est préférable, lorsque la pente le permet et si la géologie le nécessite, d'avoir recours à des fondations à des niveaux différents (suivant la ligne de pente) plutôt que de procéder par déblai ou déblai/remblai pour fonder sur un même niveau.</b>  La norme DTU 13.12 stipule que, pour des fondations à des niveaux différents, les niveaux des fondations successives doivent être tels qu'une pente maximale de 3 de base pour 2 de hauteur relie les arêtes des semelles les plus voisines.</p> <p><u>Encastrement des fondations superficielles :</u>  Étude géotechnique spécifique pour déterminer</p>	<p><b>- toutes les fondations doivent être fondées sur un même niveau, aucun décrochement vertical n'est permis. Elles doivent être superficielles et ne pas descendre plus bas que la côte hors gel.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- si possible, les charges doivent être réparties au mieux sur l'ensemble des fondations et la contrainte au sol sera le plus homogène possible,</li> <li>- elles doivent être dimensionnées au plus juste vis-à-vis de la contrainte de calcul du sol</li> <li>- les fondations doivent être filantes et constituer un système homogène. Les fondations isolées doivent être reliées aux autres fondations par des longrines interdisant tout déplacement relatif</li> <li>- l'ensemble des fondations doit être ferrailé aux références normatives en vigueur sous combinaisons accidentelles pour résister à un effort de traction égale à <math>P \cdot 0,35</math>, selon les deux axes du bâtiment.</li> <li>- les fondations d'avoisinant doivent être indépendantes et désolidarisées de l'ouvrage principal,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- adopter une profondeur suffisante en fonction de la portance du sol et de la profondeur de la côte hors gel,</li> <li>- éviter toute dissymétrie dans la profondeur des semelles de fondation ;</li> <li>- recourir à des fondations continues et armées, bétonnées en pleine fouille sur toute leur hauteur (les fondations coffrées sont toutefois possibles bien que de réalisation plus complexe),</li> <li>- si possible, les charges doivent être réparties au mieux sur l'ensemble des fondations et la contrainte au sol sera le plus homogène possible,</li> <li>- les fondations doivent être filantes et constituer un système homogène. Les fondations isolées doivent être reliées aux autres fondations par des longrines interdisant tout déplacement relatif,</li> <li>- l'ensemble des fondations doit être ferrailé conformément aux eurocodes (eurocode 2), sous combinaisons accidentelles pour résister à un effort de traction égale à <math>P \cdot 0,35</math>, selon les deux axes du bâtiment,</li> <li>- les fondations d'avoisinant doivent être indépendantes et désolidarisées de l'ouvrage principal,</li> <li>- les fondations doivent être entourées d'une tranchée d'éléments très compressibles le plus proche possible du bâtiment et descendu au niveau des fondations.</li> </ul>																																																

précisément l'amplitude de retrait gonflement et ainsi déterminer la profondeur d'encastrement.

**La profondeur minimale par rapport au niveau final du terrain extérieur est fixée à 0,8 m.**

Elles doivent être encastrées de manière homogène sur tout le pourtour du bâtiment.

Les fondations filantes sur terrain plat ne doivent pas avoir de redan. Sur terrain en pente, les redans sont par contre nécessaires.

**Si les sols sont hétérogènes, il faut fonder à la profondeur du sol homogène ou adapter les fondations.**

#### Dallages

Les dallages présentent une sensibilité accrue aux mouvements de sol. Il faut mener une étude particulière et adapter les précautions de mise en œuvre.

Il faut préférer un plancher en béton porté au-dessus d'un vide sanitaire largement dimensionné pour qu'un gonflement ne puisse le combler.

Ils peuvent être constitués de :

- éléments préfabriqués de poutrelles en béton armé ou précontraint et entrevous associés à une dalle de compression coulée en œuvre et armée par un treillis soudé,
- des prédalles en béton armé ou précontraint associé à une dalle complémentaire coulée en œuvre,
- une dalle coulée en place.

Les autres types de planchers bétons doivent respecter les textes spécifiques les concernant (DTU ou DTA).

**Les murs inférieurs peuvent être conçus solidaires sur tout ou partie de la hauteur, de la semelle sur laquelle ils reposent pour former un soubassement monobloc.**

Les semelles doivent être armées dans toutes les directions au ferrailage minimal assurant la condition de non-fragilité.

- les fondations doivent être entourée d'une tranchée d'éléments très compressibles le plus proche possible du bâtiment et descendu au niveau des fondations.

#### Bâtiment fortement renforcé :

Pour un bâtiment fortement renforcé, le réseau de fondations doit avoir la forme d'un caisson de maille maxi 5\*5 m.

**Les soubassements doivent être rigidifiés, un joint de glissement désolidarise la semelle et mur de soubassement rigidifié.**

**Les fondations doivent être coulées sur le sol avec interposition d'une couche de sable de 10 cm d'épaisseur minimum.**

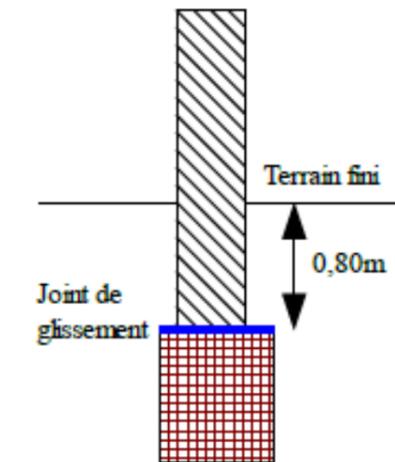
Le plancher bas doit être sur vide sanitaire, accessible et liaisonné aux soubassements par des armatures de rive.

**Il y a une incompatibilité pour les profondeurs d'encastrement :**

**- pour les affaissements, les encastresments ne doivent pas descendre sous la cote hors gel (les différentes cotes hors gel de la région sont à moins de 0,8 m de profondeur),**

**- les préconisations du retrait gonflement fixent des profondeurs d'encastrement minimale à 0,8 m.**

A la demande de la DDT57, le CSTB a travaillé à pallier cette incompatibilité. Il en résulte le dispositif suivant :



La profondeur de l'encastrement est libre. Un joint de glissement est placé à la profondeur de la cote hors gel (0,8 m dans l'exemple).

**Dans le cas de terrains en pente ou de sols hétérogènes, pour le retrait gonflement, il est conseillé de fonder à des niveaux différents pour s'adapter à la géologie. Le guide affaissement préconise un seul et même niveau de fondation.**

**Dans la partie implantation, le guide affaissement exclut les constructions sur ou à proximité des pentes supérieures à 10 %. Sauf cas très exceptionnels à traiter par une étude spécifique, les fondations pourront donc être au même niveau.**

#### Encastrement des fondations superficielles :

Étude géotechnique spécifique pour déterminer précisément l'amplitude de retrait gonflement et ainsi déterminer la profondeur d'encastrement.

La profondeur minimale par rapport au niveau final du terrain extérieur est fixée à 0,8 m.

Elles doivent être encastrées de manière homogène sur tout le pourtour du bâtiment.

Les fondations filantes sur terrain plat ne doivent pas avoir de redan.

			<p><b>Dallages</b>  Les dallages présentent une sensibilité accrue aux mouvements de sol. Il faut mener une étude particulière et adapter les précautions de mise en œuvre.  Il faut préférer un plancher en béton porté au-dessus d'un vide sanitaire largement dimensionné pour qu'un gonflement ne puisse le combler.  Ils peuvent être constitués de :  - éléments préfabriqués de poutrelles en béton armé ou précontraint et entrevous associés à une dalle de compression coulée en œuvre et armée par un treillis soudé,  - des prédalles en béton armé ou précontraint associé à une dalle complémentaire coulée en œuvre,  - une dalle coulée en place.  Les autres types de planchers bétons doivent respecter les textes spécifiques les concernant (DTU ou DTA).</p> <p><u>Bâtiment fortement renforcé :</u></p> <p>Pour un bâtiment fortement renforcé, le réseau de fondations doit avoir la forme d'un caisson de maille maxi 5*5 m</p> <p><b>Les soubassements doivent être rigidifiés, un joint de glissement désolidarise la semelle et mur de soubassement rigidifié.</b>  <b>Les fondations doivent être coulées sur le sol avec interposition d'une couche de sable de 10 cm d'épaisseur minimum.</b>  Le plancher bas doit être sur vide sanitaire, accessible et liaisonné aux soubassements par des armatures de rive.</p> <p><b>Selon la profondeur de la côte hors gel et la profondeur de la fondation, le joint n'est pas toujours entre le mur de soubassement et la semelle. Le soubassement n'est donc pas rigidifié.</b>  <b><u>Il n'est donc pas possible de construire des bâtiments fortement renforcés</u></b></p>
Poteaux poutres	<p>Pour ce type de structure, les charges sont transmises au sol par des semelles superficielles isolées placées sous les poteaux. Les semelles superficielles isolées rendent ces constructions particulièrement sensibles au phénomène de retrait-gonflement. Pour une structure à ossature et remplissages de maçonnerie, un retrait localisé sous une semelle isolée provoque une déformation de l'ossature qui peut se traduire par des désordres dans l'ossature elle-même ou dans les maçonneries de remplissage qui ne sont pas prévues pour supporter des efforts. Les structures à ossatures et remplissages doivent faire l'objet d'une étude spécifique.</p> <p>Les liaisons entre les différents chaînages sont conçues pour</p>	<p><u>Bâtiments fortement renforcés :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les 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, à toutes les intersections des murs et planchers.</li> <li>- les poteaux doivent avoir une capacité portante d'au moins 1,4 fois celle de la somme des poutres aboutissant au nœud poteau-poutre.</li> </ul>	<p>Les structures à ossatures et remplissages doivent faire l'objet d'une étude spécifique.</p> <p>Les liaisons entre les différents chaînages sont conçues pour assurer le transfert des efforts de traction. Elles doivent faire l'objet d'une attention particulière. Elles doivent satisfaire aux conditions suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la continuité et le recouvrement des divers chaînages concourant en un même nœud doivent être assurés dans les trois directions ;</li> <li>- les recouvrements doivent être au minimum de 50 fois le diamètre des armatures ;</li> </ul>

	<p>assurer le transfert des efforts de traction. Elles doivent faire l'objet d'une attention particulière. Elles doivent satisfaire aux conditions suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la continuité et le recouvrement des divers chaînages concourant en un même nœud doivent être assurés dans les trois directions ;</li> <li>- les recouvrements doivent être au minimum de 50 fois le diamètre des armatures ;</li> <li>- les dispositions adoptées ne doivent donner lieu à aucune poussée au vide (l'intérieur d'un coude doit toujours être orienté vers la pleine masse de béton, jamais vers la paroi proche).</li> </ul>	<p>Pour les constructions métalliques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les pieds de poteaux sont articulés plutôt qu'encastés,</li> <li>- les assemblages sont boulonnés plutôt que soudés.</li> </ul> <p>- les planchers sont plans sur toute la surface du bâtiment sans décaissés,</p> <p>- les éléments maçonnés de grande dimension doivent être recoupés d'un chaînage vertical tous les 3 m au maximum.</p> <p>- éléments maçonnés de grande dimension doivent être recoupés d'un chaînage vertical tous les 3 m maxi.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- les dispositions adoptées ne doivent donner lieu à aucune poussée au vide (l'intérieur d'un coude doit toujours être orienté vers la pleine masse de béton, jamais vers la paroi proche).</li> </ul> <p><u>Bâtiments fortement renforcés :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les 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, à toutes les intersections des murs et planchers.</li> <li>- les poteaux doivent avoir une capacité portante d'au moins 1,4 fois celle de la somme des poutres aboutissant au nœud poteau-poutre.</li> </ul> <p>Pour les constructions métalliques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les pieds de poteaux sont articulés plutôt qu'encastés,</li> <li>- les assemblages sont boulonnés plutôt que soudés.</li> </ul> <p>- les planchers sont plans sur toute la surface du bâtiment sans décaissés,</p> <p>- les éléments maçonnés de grande dimension doivent être recoupés d'un chaînage vertical tous les 3 m au maximum.</p>
Ouvertures	La réalisation de linteaux au-dessus des ouvertures est nécessaire.	<p>- les ouvertures sont aussi petites que possible et placées afin de conserver des pans de murs d'au moins 1,5 m sans ouverture sur chaque façade.</p> <p><b>Bâtiments fortement renforcés :</b> Toutes les ouvertures doivent être encadrées de chaînages</p>	<p>La réalisation de linteaux au-dessus des ouvertures est nécessaire.</p> <p>- les ouvertures sont aussi petites que possible et placées afin de conserver des pans de murs d'au moins 1,5 m sans ouverture sur chaque façade.</p> <p><b>Bâtiments fortement renforcés :</b> Toutes les ouvertures doivent être encadrées de chaînages</p>
Éléments non structurant		<p><b>Prescriptions :</b> Les escaliers maçonnés et escalier sur voûtes sarrasine interdits Les marches en console dans les murs proscrites.</p>	<p><b>Prescriptions :</b> Les escaliers maçonnés et escalier sur voûtes sarrasine interdits Les marches en console dans les murs proscrites.</p>
		<p>Cheminées pourvues de raidisseurs métalliques à chaque angle du terminal (les souches peuvent être aussi munies de haubanage).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mise en place de ceinture en plat en acier,</li> <li>- conduits adossés aux murs intérieurs sans affaiblir la section résistante du mur,</li> <li>- à l'intérieur, les conduits doivent être liaisonnés à la charpente et à chaque plancher par des attaches métalliques.</li> </ul>	<p>Cheminées pourvues de raidisseurs métalliques à chaque angle du terminal (les souches peuvent être aussi munies de haubanage).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mise en place de ceinture en plat en acier,</li> <li>- conduits adossés aux murs intérieurs sans affaiblir la section résistante du mur,</li> <li>- à l'intérieur, les conduits doivent être liaisonnés à la charpente et à chaque plancher par des attaches métalliques.</li> </ul>

		- implanter les cheminées à proximité du faîtage.	- implanter les cheminées à proximité du faîtage.
		<p><b>Prescriptions :</b></p> <p><u>Cloison en carreaux de plâtre :</u></p> <p>Ne pas utiliser pour les bâtiments à ossatures métalliques</p> <p><b>Recommandations :</b></p> <p><u>Cloisons en maçonnerie :</u> Les cloisons en maçonnerie sont solidarisées avec le plancher supérieur pour les cloisons de hauteur d'étage. Si les cloisons n'atteignent pas le plafond, il faut les encadrées par des éléments de béton armé, métal ou bois solidarisés entre eux et liés au gros œuvre. Si l'épaisseur est supérieure à 10 cm, la superficie entre raidisseurs ne doit pas dépasser 20 m2. Si l'épaisseur est inférieure ou égale à 10 cm, la superficie entre raidisseurs ne doit pas dépasser 14 m2.</p> <p><u>Cloison en carreaux de plâtre :</u> - elles sont désolidarisées de la structure par joint périphérique - la stabilité est assurée par des lisses ou attaches. Il faut des raidisseurs tous les 5 m en parties courantes, aux extrémités en épi et en partie haute si elles ne règnent pas sur toute la hauteur de l'étage, - les huisseries de portes sont liées à la cloison par des pattes de scellement tous les joints horizontaux de cloisons. Les montants de huisserie ne doivent pas être scellés en partie haute.</p> <p><u>Cloison en plaque de plâtre :</u> - elles sont recommandées en cas d'affaissement important, - l'ossature de la cloison est dans un profil solidaire de la structure porteuse, - elles ne sont pas liaisonnées sur le profil.</p>	<p><b>Prescriptions :</b></p> <p><u>Cloison en carreaux de plâtre :</u></p> <p>Ne pas utiliser pour les bâtiments à ossatures métalliques</p> <p><b>Recommandations :</b></p> <p><u>Cloisons en maçonnerie :</u> Les cloisons en maçonnerie sont solidarisées avec le plancher supérieur pour les cloisons de hauteur d'étage. Si les cloisons n'atteignent pas le plafond, il faut les encadrées par des éléments de béton armé, métal ou bois solidarisés entre eux et liés au gros œuvre. Si l'épaisseur est supérieure à 10 cm, la superficie entre raidisseurs ne doit pas dépasser 20 m2. Si l'épaisseur est inférieure ou égale à 10 cm, la superficie entre raidisseurs ne doit pas dépasser 14 m2.</p> <p><u>Cloison en carreaux de plâtre :</u> - elles sont désolidarisées de la structure par joint périphérique - la stabilité est assurée par des lisses ou attaches. Il faut des raidisseurs tous les 5 m en parties courantes, aux extrémités en épi et en partie haute si elles ne règnent pas sur toute la hauteur de l'étage, - les huisseries de portes sont liées à la cloison par des pattes de scellement tous les joints horizontaux de cloisons. Les montants de huisserie ne doivent pas être scellés en partie haute.</p> <p><u>Cloison en plaque de plâtre :</u> - elles sont recommandées en cas d'affaissement important, - l'ossature de la cloison est dans un profil solidaire de la structure porteuse, - elles ne sont pas liaisonnées sur le profil.</p>
		<p><b>Prescriptions :</b></p> <p>Le format des ouvertures est sensiblement carré et limité à 1,5 m de côté. Donc pas d'ouvrant coulissant.</p> <p>Pour les habitations, sont autorisés : les ouvrants à la française et ouvrants oscillo-battants.</p> <p>Pour les petits ERP et les locaux d'activité, sont autorisés : les ouvrant à l'italienne ou basculants</p> <p>Il faut désolidariser la menuiserie du gros œuvre.</p>	<p><b>Prescriptions :</b></p> <p>Le format des ouvertures est sensiblement carré et limité à 1,5 m de côté. Donc pas d'ouvrant coulissant.</p> <p>Pour les habitations, sont autorisés : les ouvrants à la française et ouvrants oscillo-battants.</p> <p>Pour les petits ERP et les locaux d'activité, sont autorisés : les ouvrant à l'italienne ou basculants</p> <p>Il faut désolidariser la menuiserie du gros œuvre.</p>
		<p><b>Prescriptions :</b></p> <p>Les façades légères sont à éviter.</p>	<p><b>Prescriptions :</b></p> <p>Les façades légères sont à éviter.</p>

		<p><b>Prescriptions :</b> Les éléments en maçonnerie doivent être encadrés par des chaînages espacés tous les 3 m et liés à la structure porteuse.</p> <p><b>Recommandations :</b> Pour les gardes corps, préférer les matériaux légers</p>	<p><b>Prescriptions :</b> Les éléments en maçonnerie doivent être encadrés par des chaînages espacés tous les 3 m et liés à la structure porteuse.</p> <p><b>Recommandations :</b> Pour les gardes corps, préférer les matériaux légers</p>
		Tenir compte de la pente après l'affaissement pour continuer à assurer l'étanchéité	Tenir compte de la pente après l'affaissement pour continuer à assurer l'étanchéité
Réseaux	<p>Le but est de limiter les infiltrations d'eau aux abords du bâtiment.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- il faut raccorder tous les réseaux d'eau au réseau collectif,</li> <li>- s'assurer de l'absence de fuite sur les réseaux et minimiser les risques de rupture. Les matériaux utilisés devront être non fragiles, aussi flexibles que possible avec des joints souples aux raccordements. Elles ne devront pas être bloquées dans le gros œuvre. Les entrées et sorties se feront perpendiculairement aux murs,</li> <li>- ceinturer la construction par un réseau de drains ou tranchées drainantes pour éviter les ruissellements et la stagnation d'eau aux abords du bâtiment.</li> </ul>	<p><b>Prescriptions :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la pénétration des canalisations dans le bâtiment est assurée par un dispositif souple,</li> <li>- pas de canalisation dans les joints d'affaissement,</li> <li>- pas de canalisation dans les chaînages et dans les panneaux de contreventement.</li> </ul> <p><b>Recommandations :</b></p> <p>La fixation des canalisations extérieures est prévue par un dispositif qui ne maintient pas solidement au mur, Les liaisons entre les réseaux extérieurs et le bâtiment et entre l'égout et le bâtiment sont situées au milieu de la façade avant, Les canalisations secondaires adoptent une inclinaison supérieure à celle des normes en vigueur.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- il faut raccorder tous les réseaux d'eau au réseau collectif, s'assurer de l'absence de fuite sur les réseaux,</li> <li>- la fixation des canalisations extérieures est prévue par un dispositif qui ne maintient pas solidement au mur,</li> <li>- les liaisons entre les réseaux extérieurs et le bâtiment et entre l'égout et le bâtiment sont situées au milieu de la façade avant,</li> <li>- les canalisations secondaires adoptent une inclinaison supérieure à celle des normes en vigueur.</li> <li>- la pénétration des canalisations dans le bâtiment est assurée par un dispositif souple,</li> <li>- pas de canalisation dans les joints d'affaissement,</li> <li>- pas de canalisation dans les chaînages et dans les panneaux de contreventement.</li> <li>- les entrées et sorties se feront perpendiculairement aux murs,</li> <li>- la présence dans le sous-sol d'une source de chaleur importante devra être accompagnée d'un dispositif d'isolation thermique des murs se trouvant à proximité,</li> <li>- ceinturer la construction par un réseau de drains ou tranchées drainantes pour éviter les ruissellements et la stagnation d'eau aux abords du bâtiment.</li> </ul>

## Croisement entre l'aléa tassements miniers et l'aléa sismique

Aléas	Tassements miniers	Aléa sismique	Aléas tassements et sismique
Guide	Adaptation du guide retrait gonflement.	Réglementation parasismique PS-MI	Les constructions de bâtiments de type 3, 4 en zone 2 et 3 et de type 2 collectifs en zone 3 doivent faire l'objet d'études spécifiques.
Généralités	Le mouvement des tassements est similaire au retrait.	<b>Zone 1</b> : Pas de préconisation. <b>Zone 2</b> : Étude spécifique pour bâtiments type 3 et 4. <b>Zone 3</b> : Étude spécifique pour bâtiments type 2 collectifs et 4. Application des règles suivantes pour les bâtiments de type 2 individuels.	Les règles suivantes s'appliquent pour les habitations individuelles (et les « bâtiments scolaires simples ») en zone 3 sismiques.
Implantation	Les bâtiments accolés et fondés différemment doivent être désolidarisés par un joint de rupture.	S'éloigner des bords de falaise, pied de crête, pentes instables.	S'éloigner des bords de falaise, pied de crête, pentes instables.  Les bâtiments accolés et fondés différemment doivent être désolidarisés par un joint de rupture.
Formes	<b>Si la structure est complexe</b> : découpage de la construction en blocs rigides séparés par des joints de ruptures dont la géométrie est régulière (rectangle) avec $L/l \leq 2$ . Il faut au moins 2 murs parallèles dans chaque direction principale du bâtiment (Murs parallèles si angle ne dépasse pas 15°).	Privilégier la compacité du bâtiment. Limiter les décrochements en plan et en élévation. Fractionner le bâtiment en blocs homogènes par des joints parasismiques continus.	Joint de rupture entre les blocs. découpage de la construction en blocs rigides séparés par des joints de ruptures dont la géométrie est régulière (rectangle) avec $L/l \leq 2$ . Il faut au moins 2 murs parallèles dans chaque direction principale du bâtiment (Murs parallèles si angle ne dépasse pas 15°).
Élévation	Porteurs verticaux continus sur la hauteur. Lorsque les niveaux de la construction n'ont pas la même géométrie, l'écart entre les surfaces de plancher de deux niveaux successifs ne doit pas dépasser 20 %. Si cette règle n'est pas respectée, il faut désolidariser les parties de structures fondées différemment.		Porteurs verticaux continus sur la hauteur. Lorsque les niveaux de la construction n'ont pas la même géométrie, l'écart entre les surfaces de plancher de deux niveaux successifs ne doit pas dépasser 20 %. Si cette règle n'est pas respectée, il faut désolidariser les parties de structures fondées différemment.
Fondations	La conception des fondations doit respecter quelques grands principes : <ul style="list-style-type: none"> <li>- adopter une profondeur suffisante, à adapter en fonction de la portance du sol et de la profondeur de pénétration du gel,</li> <li>- éviter toute dissymétrie dans la profondeur des semelles de fondation,</li> <li>- recourir à des fondations continues et armées, bétonnées en pleine fouille sur toute leur hauteur (les fondations coffrées sont toutefois possibles bien que de réalisation plus complexe).</li> </ul> <p>Pour bénéficier d'un sol de même nature à la base des différentes fondations, il est préférable, lorsque la pente le permet et si la géologie le nécessite, d'avoir recours à des fondations à des niveaux différents (suivant la ligne de pente) plutôt que de procéder par déblai ou déblai/remblai pour fonder sur un même niveau. La norme stipule que, pour des fondations à des niveaux différents, les niveaux des fondations successives doivent</p>	Un chaînage horizontal au niveau des fondations ou au niveau du plancher si celui-ci est situé à moins de 1,2 m de l'assise de fondation.  Pour les semelles filantes, le réseau doit être maillé et continu.  Les semelles isolées doivent être liaisonnées.  Les fondations et les la superstructure doivent être liaisonnées par des recouvrements de chaînage.  Les vides sanitaires doivent être entourés de murs fondés.  Privilégier les sous-sols complets plutôt que partiels.	Même sur un sol réputé non sensible, la conception des fondations doit respecter quelques grands principes : <ul style="list-style-type: none"> <li>- adopter une profondeur suffisante, à adapter en fonction de la portance du sol et de la profondeur de pénétration du gel,</li> <li>- éviter toute dissymétrie dans la profondeur des semelles de fondation,</li> <li>- recourir à des fondations continues et armées, bétonnées en pleine fouille sur toute leur hauteur (les fondations coffrées sont toutefois possibles bien que de réalisation plus complexe).</li> </ul> <p>Pour bénéficier d'un sol de même nature à la base des différentes fondations, il est préférable, lorsque la pente le permet et si la géologie le nécessite, d'avoir recours à des fondations à des niveaux différents (suivant la ligne de pente) plutôt que de procéder par déblai ou déblai/remblai pour fonder sur un même niveau. La norme stipule que, pour des fondations à des niveaux différents, les niveaux des fondations successives doivent être</p>

	<p>être tels qu'une pente maximale de 3 de base pour 2 de hauteur relie les arêtes des semelles les plus voisines.</p> <p><u>Encastrement des fondations superficielles :</u> Étude géotechnique spécifique pour déterminer précisément l'amplitude du tassement et ainsi déterminer la profondeur d'encastrement. La profondeur minimale par rapport au niveau final du terrain extérieur est fixée à 0,8 m. Elles doivent être encadrées de manière homogène sur tout le pourtour du bâtiment. Les fondations filantes sur terrain plat ne doivent pas avoir de redan. Sur terrain en pente, les redans sont par contre nécessaires. Si les sols sont hétérogènes, il faut fonder à la profondeur du sol homogène ou adapter les fondations.</p> <p>Les murs inférieurs peuvent être conçus solidaires sur tout ou partie de la hauteur, de la semelle sur laquelle ils reposent pour former un soubassement monobloc.</p> <p>Les semelles doivent être armées dans toutes les directions au ferrailage minimal assurant la condition de non-fragilité.</p>		<p>tels qu'une pente maximale de 3 de base pour 2 de hauteur relie les arêtes des semelles les plus voisines.</p> <p><u>Encastrement des fondations superficielles :</u> Étude géotechnique spécifique pour déterminer précisément l'amplitude du tassement et ainsi déterminer la profondeur d'encastrement. La profondeur minimale par rapport au niveau final du terrain extérieur est fixée à 0,8 m. Elles doivent être encadrées de manière homogène sur tout le pourtour du bâtiment. Les fondations filantes sur terrain plat ne doivent pas avoir de redan. Sur terrain en pente, les redans sont par contre nécessaires. Le réseau de semelles filantes doit être maillé et continu. Les semelles isolées doivent être liaisonnées.</p> <p>Si les sols sont hétérogènes, il faut fonder à la profondeur du sol homogène ou adapter les fondations. Les semelles doivent être armées dans toutes les directions au ferrailage minimal assurant la condition de non-fragilité. Les murs inférieurs peuvent être conçus solidaires sur tout ou partie de la hauteur, de la semelle sur laquelle ils reposent pour former un soubassement monobloc.</p> <p>En cas de vides sanitaires, ils doivent être entourés de murs fondés.</p>
Structure	<p>Pour les structures en poteaux-poutres, les charges sont transmises au sol par des semelles superficielles isolées placées sous les poteaux. Les semelles superficielles isolées rendent ces constructions particulièrement sensibles au phénomène de retrait-gonflement. Pour une structure à ossature et remplissages de maçonnerie, un retrait localisé sous une semelle isolée provoque une déformation de l'ossature qui peut se traduire par des désordres dans l'ossature elle-même ou dans les maçonneries de remplissage qui ne sont pas prévues pour supporter des efforts. Les structures à ossatures et remplissages doivent faire l'objet d'une étude spécifique.</p> <p>Les liaisons entre les différents chaînages sont conçues pour assurer le transfert des efforts de traction. Elles doivent faire l'objet d'une attention particulière. Elles doivent satisfaire aux conditions suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la continuité et le recouvrement des divers chaînages concourant en un même nœud doivent être assurés dans les trois directions ;</li> <li>- les recouvrements doivent être au minimum de 50 fois le diamètre des armatures ;</li> <li>- les dispositions adoptées ne doivent donner lieu à aucune poussée au vide (l'intérieur d'un coude doit toujours être orienté vers la pleine masse de béton, jamais vers la paroi proche).</li> </ul>	<p>Distribuer les masses et les raideurs (murs poteaux, voiles...) de façon équilibrée. Assurer le contreventement horizontal et vertical de la structure. Superposer les éléments de contreventement. Créer des diaphragmes rigides à tous les niveaux.</p>	<p>Pour les structures en poteaux-poutres, les charges sont transmises au sol par des semelles superficielles isolées placées sous les poteaux. Les semelles superficielles isolées rendent ces constructions particulièrement sensibles au phénomène de retrait-gonflement. Pour une structure à ossature et remplissages de maçonnerie, un retrait localisé sous une semelle isolée provoque une déformation de l'ossature qui peut se traduire par des désordres dans l'ossature elle-même ou dans les maçonneries de remplissage qui ne sont pas prévues pour supporter des efforts. Les structures à ossatures et remplissages doivent faire l'objet d'une étude spécifique. Les liaisons entre les différents chaînages sont conçues pour assurer le transfert des efforts de traction (Figure 31). Elles doivent faire l'objet d'une attention particulière. Elles doivent satisfaire aux conditions suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la continuité et le recouvrement des divers chaînages concourant en un même nœud doivent être assurés dans les trois directions ;</li> <li>- les recouvrements doivent être au minimum de 50 fois le diamètre des armatures ;</li> <li>- les dispositions adoptées ne doivent donner lieu à aucune poussée au vide (l'intérieur d'un coude doit toujours être orienté vers la pleine masse de béton, jamais vers la paroi proche).</li> </ul>

Eau	<p>Le but est de limiter les infiltrations d'eau aux abords du bâtiment.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- il faut raccorder tous les réseaux d'eau au réseau collectif,</li> <li>- s'assurer de l'absence de fuite sur les réseaux et minimiser les risques de rupture. Les matériaux utilisés devront être non fragiles, aussi flexibles que possible avec des joints souples aux raccordements. Elles ne devront pas être bloquées dans le gros œuvre. Les entrées et sorties se feront perpendiculairement aux murs,</li> <li>- ceinturer la construction par un réseau de drains ou tranchées drainantes pour éviter les ruissellements et la stagnation d'eau aux abords du bâtiment.</li> </ul>		<p>Le but est de limiter les infiltrations d'eau aux abords du bâtiment.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- il faut raccorder tous les réseaux d'eau au réseau collectif,</li> <li>- s'assurer de l'absence de fuite sur les réseaux et minimiser les risques de rupture. Les matériaux utilisés devront être non fragiles, aussi flexibles que possible avec des joints souples aux raccordements. Elles ne devront pas être bloquées dans le gros œuvre. Les entrées et sorties se feront perpendiculairement aux murs,</li> <li>- ceinturer la construction par un réseau de drains ou tranchées drainantes pour éviter les ruissellements et la stagnation d'eau aux abords du bâtiment.</li> </ul>
Éléments non structuraux		<p>Fixer les éléments non structuraux (cloisons, plafonds suspendus, luminaires, équipement technique lourds. Assurer une liaison efficace des cheminées, des éléments de bardages...</p>	<p>Fixer les éléments non structuraux (cloisons, plafonds suspendus, luminaires, équipement technique lourds. Assurer une liaison efficace des cheminées, des éléments de bardages...</p>