Buildwise

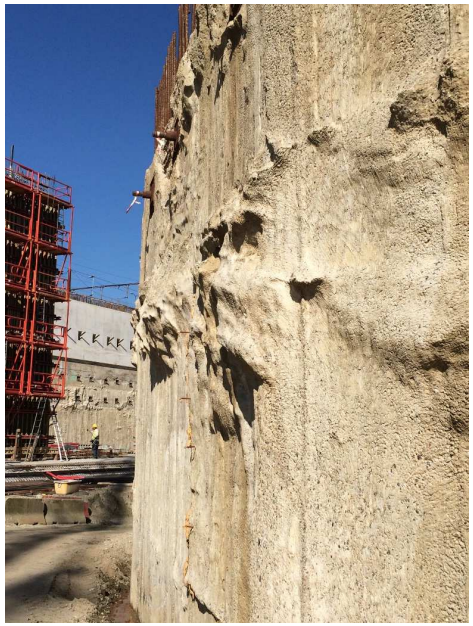
Pathologies des fondations profondes

Journée d'études
'Bétons pour fondations profondes'

Limelette, 3 décembre 2025

nicolas.denies@buildwise.be

1. Pathologies des fondations profondes



- Phénomènes/constats de natures diverses :
  - **Ecarts par rapport aux dimensions nominales** (protubérances ou étranglements locaux, déviation, écart global, enrobage insuffisant, cavités, …)
  - **Bleeding** – Formation de canaux dans le béton
  - **Ségrégation** et **nids de graviers**
  - **Effets thermiques** (chaleur d'hydratation et retrait empêché) : fissures
  - **Tolérances** : implantation et inclinaison des pieux, excentricité des armatures
  - Endommagement dû à des facteurs externes : **recépage**, charges latérales indésirables, polluants dans le sol…

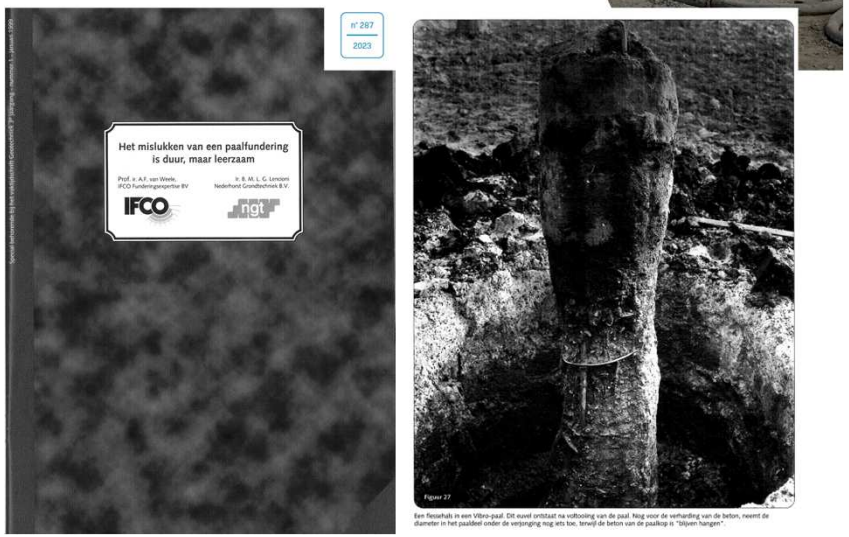
- Conséquences :
  - Capacité portante / résistance : GEO & STR
  - Fuites au niveau des murs de soutènement
  - Durabilité (enrobage insuffisant)

1. Pathologies des fondations profondes

- Causes
  - Absence de plateforme de travail temporaire (cf. NIT 287 Buildwise)
  - **Béton : composition, fluidité, consistance (ouvrabilité), mise en place**
  - Propriétés du sous-sol et nature de la nappe (libre vs captive) (Eurocodes)
  - Procédé d'exécution (normes d'exécution NBN EN 1536, 1538…)
  - Causes extérieures : recépage et charge latérale, chaleur, gel…

⇒ Les anomalies ne sont pas toujours visibles

⇒ Causes et/ou responsabilités : pas toujours clairement identifiables et résultent généralement d'une combinaison de facteurs



Buildwise

Ecarts par rapport aux dimensions nominales

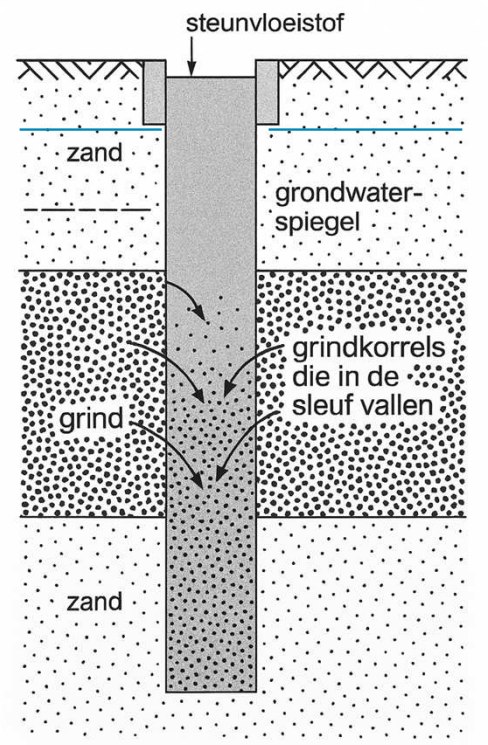
Effet d'un **écoulement du béton restreint** entre les armatures de la cage

- Fluidité et consistance pas maintenues suffisamment longtemps **[béton]**
- D_{max} trop grand (D_{max} inférieur à 1/4 de l'espace libre entre les barres longitudinales utilisées pour les pieux moulés dans le sol et à 1/6 du diamètre intérieur du tube plongeur) **[béton]**
- Cage d'armatures trop dense **[concept] +** nature de la bentonite **[fluide de support]**
- Effet du sous-sol plutôt limité dans ce cas

Buildwise

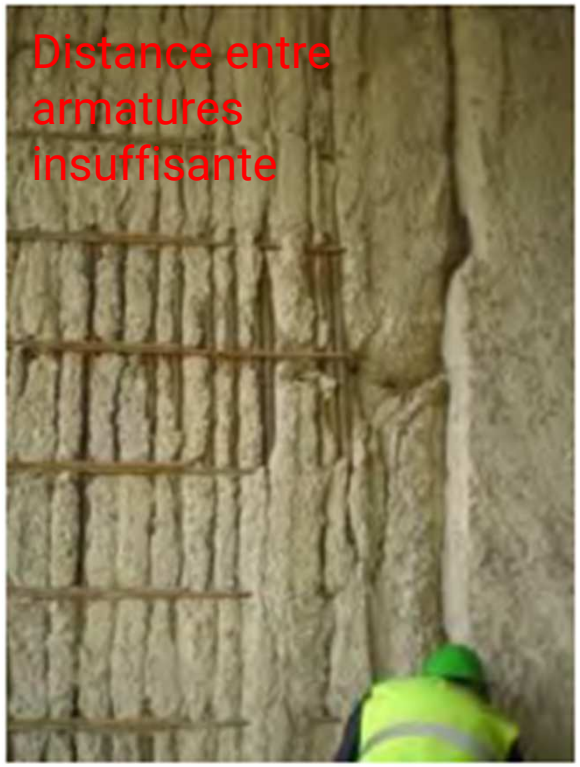
→ Effets importants sur la résistance structurelle, l'étanchéité et la durabilité (enrobage)

Ecoulement limité du béton - influence de la nature de la bentonite / du fluide de support



Dans un sol non cohésif, la chute des grains depuis la paroi vers l'intérieur de la tranchée est empêchée par les propriétés rhéologiques spécifiques (contrainte de seuil = zwichtspanning) du fluide de support (bentonite).

Si la contrainte de seuil de la bentonite est trop élevée, le béton a du mal à déplacer ou à évacuer la bentonite entre les armatures lors de la mise en place du béton dans la tranchée.
C'est pourquoi il est important de prévoir suffisamment d'espace entre les armatures pour éviter de tels problèmes.



Buildwise

Ecarts par rapport aux dimensions nominales et diminution de l'adhérence acier-béton

Inclusions (bentonitiques) non cimentées à l'intérieur des panneaux le long des armatures
Pas seulement le long du joint mais aussi au centre du panneau

Cause : béton non conforme aux règles de bonne pratique

Stabilité insuffisante du béton :
faible résistance à la ségrégation du béton en raison de la teneur trop faible en particules fines et en ciment, combinée à une fluidité et une consistance insuffisantes (S4 < S5)

→ Pas d'écoulement efficace du béton dans toute la section de remplissage
→ Pas d'enrobage suffisant des armatures de la cage

Il convient de noter que ces phénomènes d'instabilité seront accentués dans les zones où la densité d'armatures augmente.

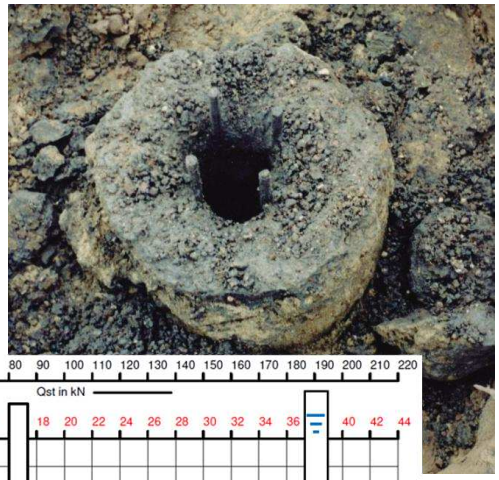
Le béton qui n'est pas suffisamment fluide aura du mal à pénétrer dans la cage d'armature, ce qui entraînera des défauts d'enrobage dans cette dernière.

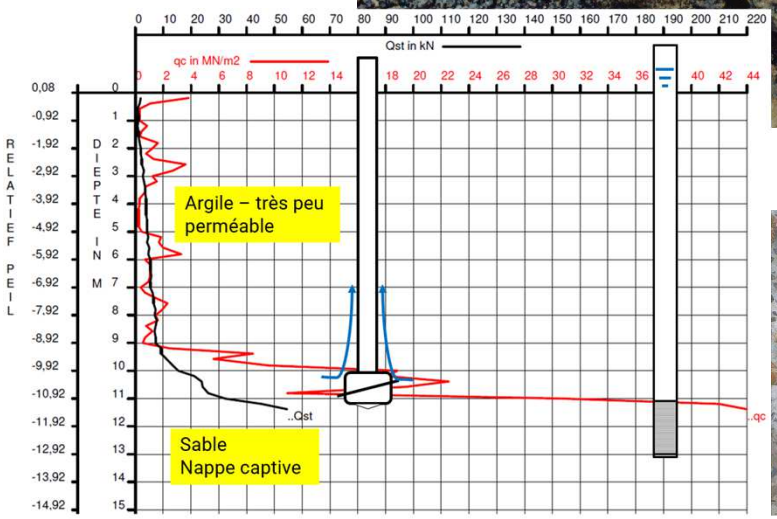
Bleeding-channeling

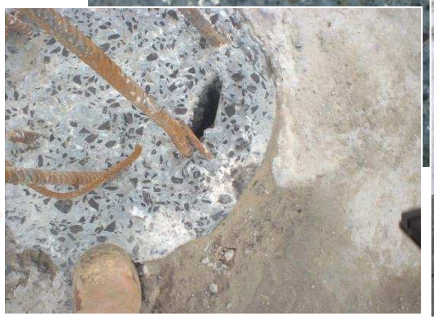
La teneur trop faible en ciment et en fines réduit la cohésion et la stabilité du béton utilisé, le rendant plus sensible aux phénomènes de ségrégation et d'instabilité tels que le « bleeding » ou « channeling ».

Les caractéristiques du sous-sol jouent également un rôle :

- Risque plus élevé de bleeding dans les sols très peu perméables (argile) par rapport aux sols perméables (sable)
- Présence d'eau sous pression (nappe captive)







Buildwise

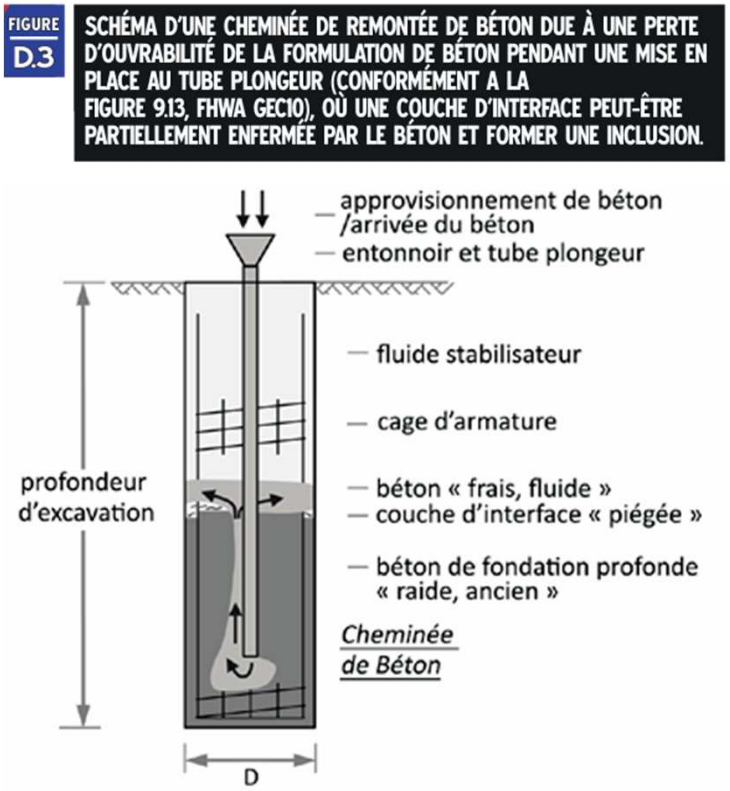
Ecarts par rapport aux dimensions nominales

Paroi moulée avec une cage d'armatures dense et asymétrique

- ➢ Écoulement préférentiel du béton
- ➢ Enrobage insuffisant

Interruption du bétonnage (>1h) dernière livraison béton

- ➢ Le béton initialement mis en place n'est pas refoulé vers le haut



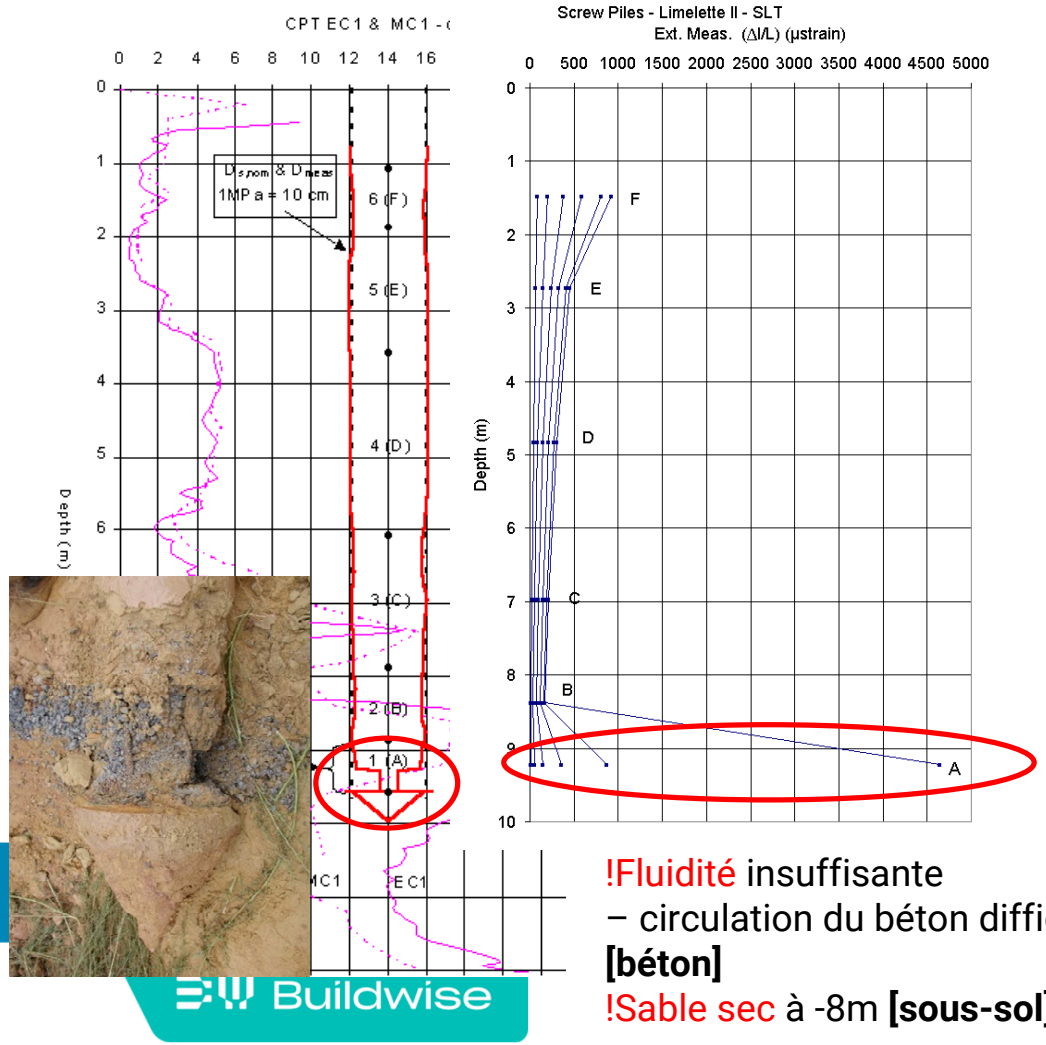
Ecarts par rapport aux dimensions nominales

Parois moulées : inclusions de bentonite au niveau du joint

- Interruption du bétonnage
- Distance entre joint et cage d'armatures trop limitée (fenêtre trop étroite) – écoulement difficile du béton
- Fluidité du béton insuffisante
- Dessablage du fluide de support insuffisant (teneur en sable limitée à max. 2% en volume en Belgique)

Ségrégation

Pieu vissé moulé en place avec pointe perdue



!Fluidité insuffisante
– circulation du béton difficile **[béton]**
!Sable sec à -8m **[sous-sol]**

Buildwise

Causes, en règle générale :

- Fluidité insuffisante - écoulement limité du béton
- Mise en place depuis des grandes hauteurs
- Mise en place par temps chaud
- Couche de sable sec (en profondeur)
- Ajout de superplastifiants (en excès)
- Ajout de retardateur (longues phases de bétonnage) !surtout par temps froid

Les grains relativement denses et de grande taille peuvent s'enfoncer dans la pâte de ciment plus légère. Cela entraîne une gradation des matériaux dans le béton.

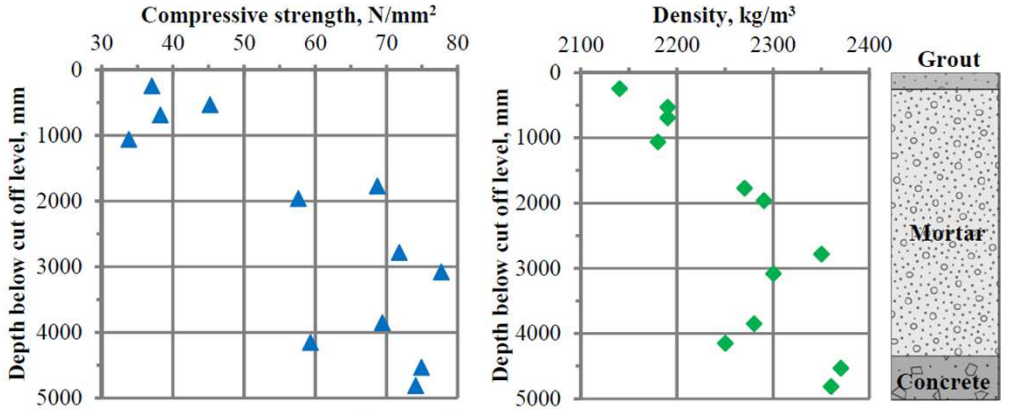


Fig. 4. Strength and density versus depth below cut off level

Thorp et al. (2018)

2. Normes béton

Norme belge

EN 206:2013+A2:2021
NBN EN 206:2013+A2:2021

NBN

Béton - Spécification, performances, production et conformité

Valable à partir de 01-04-2021

Remplace NBN EN 206:2013+A1:2016

NBN EN 206:2013+A2:2021

EN 206:2013+A2:2021 (F)

Annexe D
(normative)

Exigences complémentaires relatives à la spécification et à la conformité du béton destiné aux travaux géotechniques spéciaux

Norme Belge

NBN

NBN B 15-001:2024

Béton - Spécification, performances, production et conformité - Complément national à la NBN EN 206:2013+A2:2021

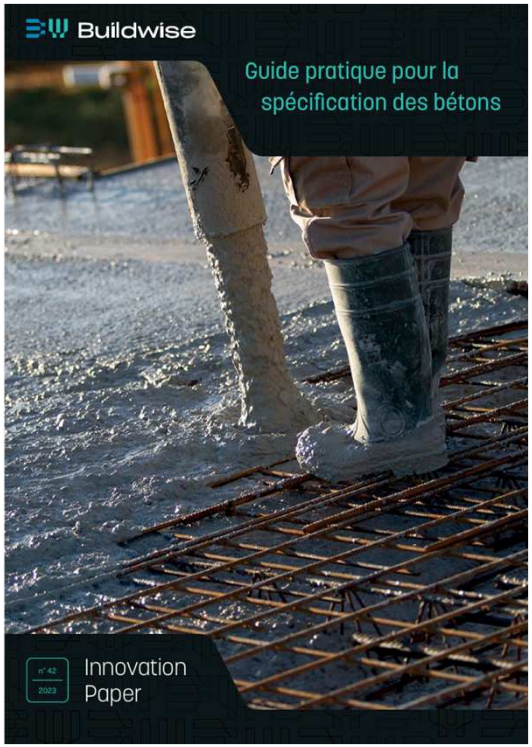
Valable à partir de 23-01-2024

Remplace NBN B 15-001:2022

NBN B 15-001:2024

Annexe D
(normative)

Exigences complémentaires relatives à la spécification et à la conformité du béton destiné aux ouvrages géotechniques spéciaux



Buildwise

Buildwise

FR

BETON

Application pour la spécification du béton

Cette application vous fournit toutes les données pour spécifier un béton dans le cahier des charges et lors de la commande. Il suffit de répondre simplement à une série de questions sur votre chantier.

Démarrer

FEDBETON THINK CONCRETE

GBB BBG

FEDERATION DES ENTREPRENEURS GENERAUX DE LA CONSTRUCTION

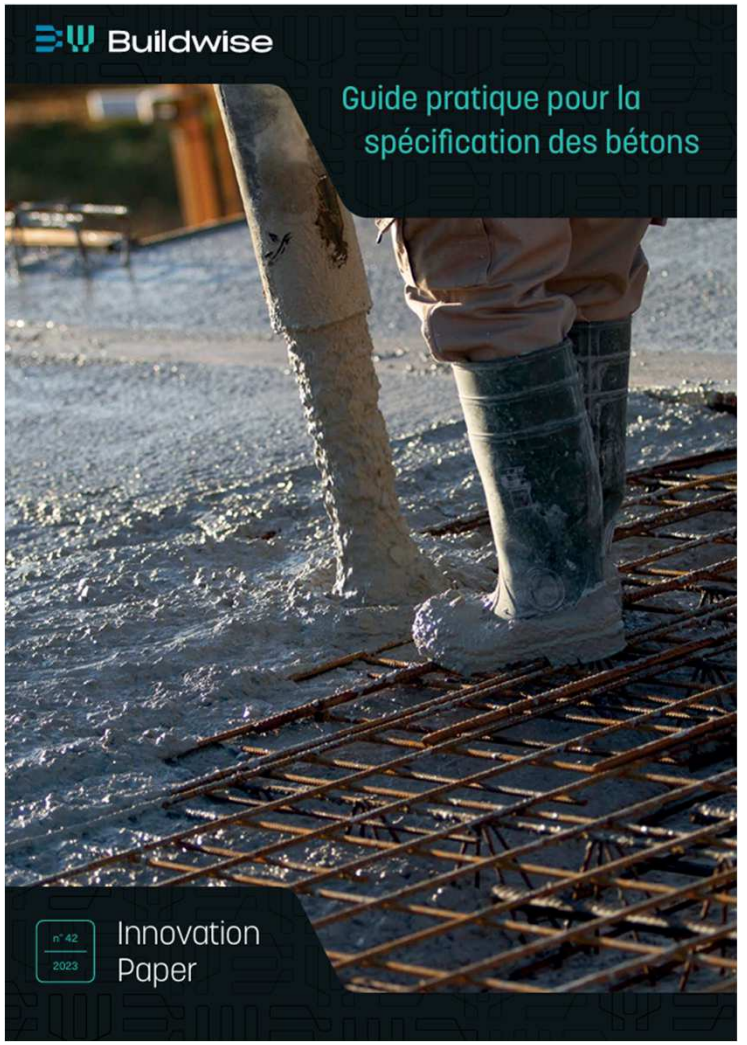
ABEF

BE CERT

BENOR LA QUALITÉ EN CONFIANCE

FEBELCEM

ADEB VBA ELEVATING CONSTRUCTION TOGETHER



Récapitulatif

ⓘ Un click sur la question vous ramènera directement à cet endroit du formulaire.

Question	Réponse
Type d'élément	Fondation
Type de fondation	Travaux géotechniques spéciaux
Type de travaux géotechniques spéciaux	Parois moulées
Espacement entre nus des barres longitudinales (en mm)	100 mm
Maintien de la consistance	240 min
Cadence de livraison	50 m3/h
Diamètre intérieur du tube plongeur ou tube d'alimentation du béton	160 mm
Degré d'agressivité chimique de l'environnement	Elevé : EA3
EA2 ou EA3 due à présence de sulfates ?	Oui
Application de l'élément de construction	Bétons de structure pour de grands ouvrages (grands immeubles...)
La résistance nécessaire a-t-elle déjà été calculée ?	Oui
Choisissez la classe de résistance :	C30/37
Épaisseur de l'élément (en mm)	800 mm
Chantier accessible à tous les types de camion ?	Oui
Information complémentaire: client/projet/élément	

‹ Précédent

Soumettre ➤

Résultats

XLSX PDF

	Données	Résultat
A	Classe de résistance	C35/45 ***Note** : La classe de résistance spécifiée est plus haute que celle calculée pour cette application. La raison est de pouvoir satisfaire aux exigences liées à la classe d'environnement*
B1	Domaine d'utilisation : Béton Armé (BA) ou Béton Non Armé (BNA)	BA
B2	Classe d'environnement	EE1 + EA3
C	Consistance: valeur cible d'affaissement	220 mm
D	Diamètre maximal des granulats	20 mm
E	Données complémentaires	***Note :** Les données complémentaires suivantes peuvent être spécifiées dans certains cas mais ne sont pas prises en compte dans cette spécification :* • *types ou classes particulières de ciment, autres que les ciments à haute résistance aux sulfates ou les ciments à faible chaleur d'hydratation* • *types particuliers d'adjuvant (hydrofuge de masse, pigment, ...)* • *types ou catégories particulières de granulats (p.ex. granulats recyclés, ...)* • *classe d'absorption d'eau par immersion.* *Si vous désirez spécifier ces données, il est recommandé de prendre contact avec la centrale à béton pour une spécification plus précise.*
		Parois moulées conforme à l'annexe D de la NBN EN 206 et de la NBN B15-001. Maintien de la consistance : 240 min Cadence de livraison : 50m^3/h
		Résistance à la réaction alcali-silice (RAS) : Niveau de prévention RAS (PREV)/Catégorie d'exposition RAS (AR) : PREV3/AR2
		Ciment à haute résistance aux sulfates conforme à la NBN B12-108 ou combinaison de ciment et de laitier de haut-fourneau moulu conforme à l' ATG ad hoc ou ciment dont la haute résistance aux sulfates a été démontrée nécessaire.
		Ciment à faible chaleur d'hydratation nécessaire

Récapitulatif

Nouveau formulaire

NBN B15-001 2024 – complément national à la NBN EN 206:2013+A2:2021
Annexe D (normative) – Exigences complémentaires relatives – ouvrages géotechniques spéciaux

Afin de réduire au minimum la ségrégation, il convient que la granularité des granulats soit continue.

Tableau D.1-ANB — Teneurs minimale en ciment et en fines du béton destiné aux pieux forés et aux pieux à refoulement de sol exécutés en place

Teneur en ciment :		
Mise en place dans des conditions sèches		≥ 325 kg/m³
Mise en place dans des conditions d'immersion (sous eau ou fluides stabilisateurs)		≥ 375 kg/m³
Teneur en fines[a] :		
Gravillon	D_{max} > 8 mm	≥ 400 kg/m³
Gravillon	D_{max} ≤ 8 mm	≥ 450 kg/m³
[a] Fines: taille des particules ≤ 0,125 mm (additions et ciment inclus)		

NBN B15-001 2024 – complément national à la NBN EN 206:2013+A2:2021
Annexe D (normative) – Exigences complémentaires relatives – ouvrages géotechniques spéciaux

A l'exception du béton semi-sec, la consistance doit être spécifiée sous forme de classe de consistance ou de valeur cible préférentielle pour l'affaissement, l'écoulement ou l'étalement au cône d'Abrams. La classe de consistance ou cible d'affaissement et d'écoulement à prescrire sont indiquées dans le Tableau D.3-ANB.

Tableau D.3-ANB — Classes de consistance et valeurs cibles de la consistance du béton frais dans différentes conditions

Diamètre d'écoulement suivant la NBN EN 12350-5 mm	**Classe de consistance (Diamètre d'écoulement)**	**Affaissement suivant la NBN EN 12350-2** mm	**Classe de consistance (Affaissement)**	**Conditions types d'utilisation** (exemples)
560	F5	180	S4	béton coulé dans des conditions sèches
560	F5	180	S4	béton est placé avec une pompe, ou est jeté sous l'eau avec un tube trémie
600	F5 ou F6	220	S5	béton qui est coulé avec un tube trémie sous un liquide de support

Paroi moulée

(Addition après le point (4))

Note : Des exigences complémentaires pour limiter le ressuage peuvent être, au préalable, convenues entre les différentes parties. A cet effet, il peut être fait référence à la NBN EN 480-4 ou au Bauer Test suivant la CIA Z17-2012 - équipement décrit dans la NBN EN ISO 10414-1.

Buildwise

3. Normes d’exécution et règles de bonne pratique

ICS: 93.020

norme belge enregistrée

NBN EN 1536+A1

3e éd., août 2015

Indice de classement: B 03

Exécution des travaux géotechniques spéciaux - Pieux forés

Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk - Boorpalen

Execution of special geotechnical work - Bored piles

Autorisatio

Remplace N

La présente

La présente

© NBN 201

ICS: 93.020

norme belge enregistrée

NBN EN 1538+A1

3e éd., juillet 2015

Indice de classement: B 03

Exécution des travaux géotechniques spéciaux - Parois moulées

Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk - Diepwanden

Execution of special geotechnical work - Diaphragm walls

Autorisation de publication: 24 juillet 2015

Remplace NBN EN 1538 (2010).

La présente norme européenne EN 1538+A1:2015 a le statut d'une norme belge.

La présente norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français).

standards for .be

Bureau de Normalisation - rue Joseph II 40 - 1000 Bruxelles - Belgique

Tél: +32 2 738 01 11 - Fax: +32 2 733 42 64 - E-mail: info@nbn.be - NBN Online: www.nbn.be

Banque 679-0000951-78 IBAN BE69 6790 0009 5178 BIC PCHQBEBB TVA BE0880857592

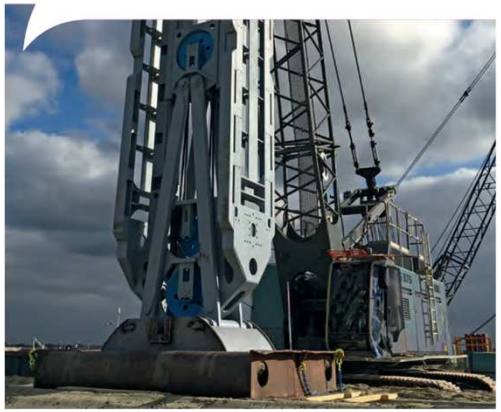
© NBN 2015 Prix: groupe 20

Buildwise

CUR CROW

CROW-CUR Rapport 231:2022

Handboek Diepwanden



Article Buildwise 2014-04.27
« Infofiche parois moulées»

Gros œuvre et entreprise générale

Exécution des parois moulées

Cet article se penche sur la mise en œuvre des parois moulées ou murs emboués. Dans un premier temps, cette technique de fondation sera brièvement décrite. Ensuite, l'article s'attardera sur les matériaux utilisés et les dimensions caractéristiques. Enfin, il sera également question de la capacité portante et du déplacement horizontal des parois, de leur domaine d'application, des points importants concernant cette technique, des variantes envisageables ainsi que du contrôle de la qualité.

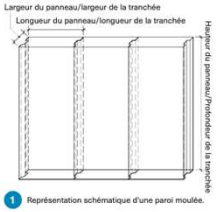
N. Huybrechts, ir., chef de la division 'Géotechnique', CSTC
G. Van Lysebetten, ir., chercheur, division Géotechnique, CSTC

Description du système

Les parois moulées ou murs emboués sont des parois en béton armé moulées dans le sol. Lors de leur réalisation, on creuse, au moyen de grappins rectangulaires spéciaux pendus à une grue à câble, des tranchées individuelles dans le sol ('panneaux'), jusqu'à la profondeur requise. Pour éviter l'effondrement de la tranchée durant l'excavation, celle-ci est remplie d'un fluide d'excavation (généralement de la boue bentonitique). Après l'excavation, le fond de la tranchée est nettoyé et le fluide d'excavation est remplacé. Des cages d'armature préfabriquées sont alors immergées dans la tranchée et cette dernière est ensuite bétonnée à l'aide d'un ou plusieurs tubes plongeurs. Le béton repousse ainsi complètement le fluide d'excavation.

En réalisant ces panneaux de manière contiguë, on obtient une paroi continue dans le sol (voir figure 1) qui fait généralement office de soutènement définitif.

Pour de plus amples informations concernant la mise en œuvre des parois moulées, on consultera la norme NBN EN 1538 [2].



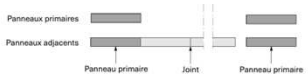
1 Représentation schématique d'une paroi moulée.

Exécution : description générale

Avant la mise en œuvre des parois moulées proprement dites, on place d'abord des murettes-guides sur la plate-forme de travail, tout au long du tracé de la future paroi. Ces murs parallèles en béton (légèrement) armé remplissent différentes fonctions.

En effet, non seulement ils guident le grappin à l'intérieur de la tranchée, mais ils constituent également une structure portante pour les couches supérieures et permettent de caler les cages d'armature, les profilés de jointoiement et les tubes plongeurs. Enfin, ils servent aussi de point de référence pour le mesurage pendant la mise en œuvre du panneau.

La paroi est formée au moyen de panneaux adjacents (voir figure 2).



2 Vue en plan du processus d'exécution d'une paroi moulée.

1 Article Buildwise 2014-04.27

Guide to
Tremie Concrete
for Deep Foundations

By the joint **EFFC/DFI** Concrete Task Group

EFFC DFI

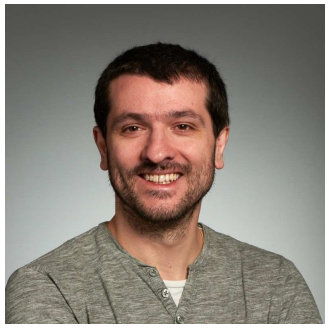
THIRD EDITION
2024

Buildwise

Guide to **Tremie Concrete** for Deep Foundations

By the joint **EFFC/DFI** Concrete Task Group

THIRD EDITION
2024



Christophe Justino
Materials department manager

SOLETANCHE BACHY

Buildwise