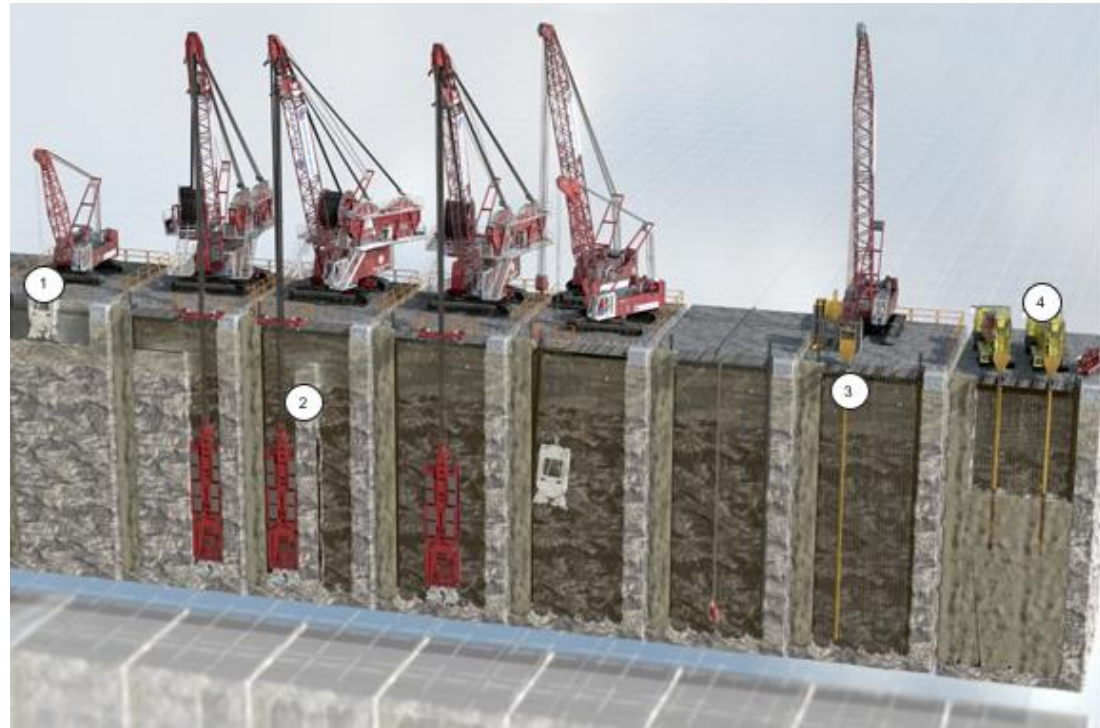


SPECIFICITES DES BETONS DESTINES AUX TRAVAUX GEOTECHNIQUES

Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre

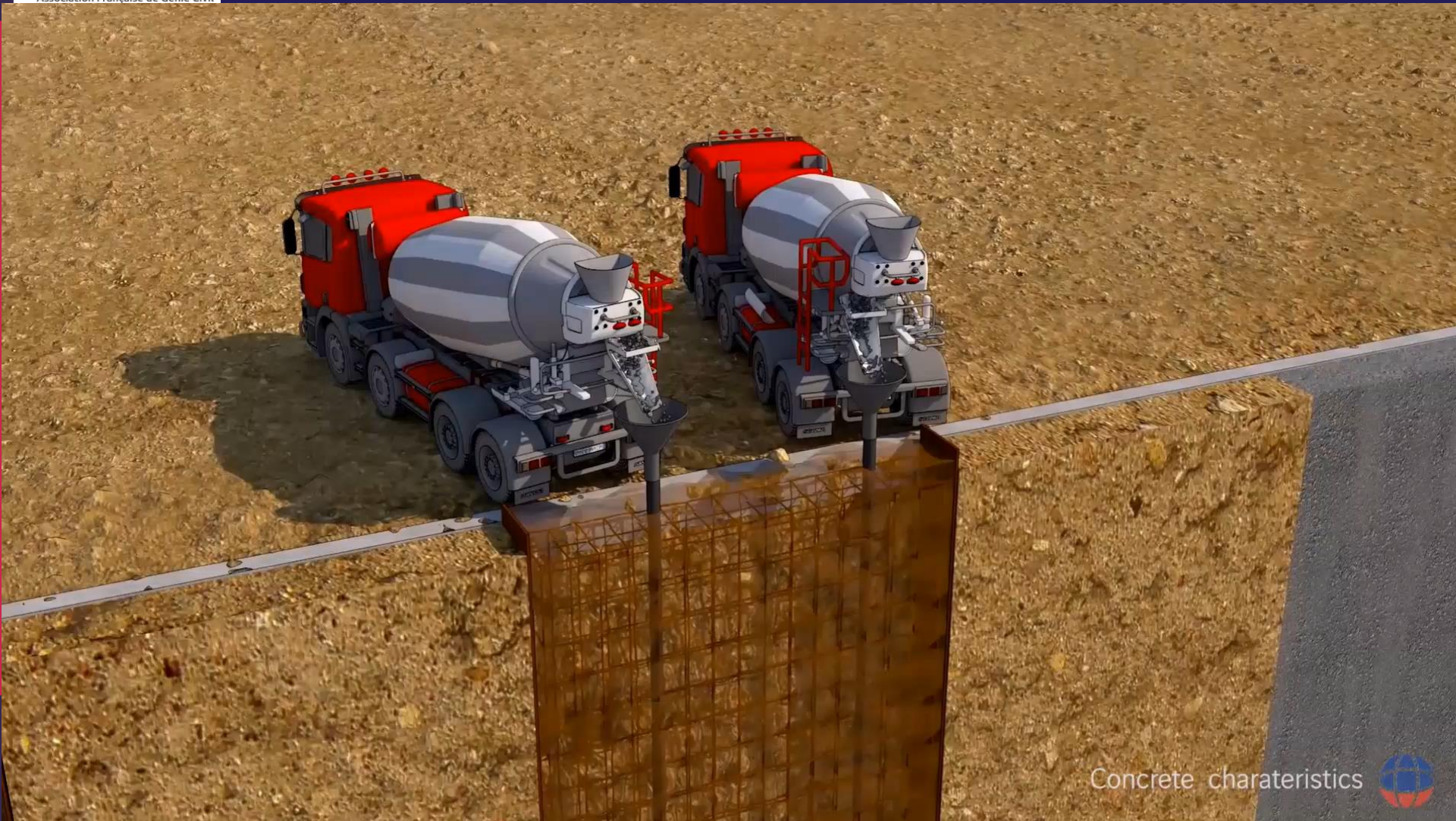
BIEN PRESCRIRE LES BETONS



- 1- Installation murettes guides
- 2- Excavation (sous fluide de forage)
- 3- Equipement armatures et tubes plongeurs
- 4- Coulage du béton en gravitaire via le tube plongeur

Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre

BIEN PRESCRIRE LES BETONS



Concrete characteristics



Les bétons destinés aux travaux géotechniques sont spécifiés par le rédacteur du CCTP conformément à la NF EN 206+A2/CN (classe de résistance à la compression, classes d'expositions,...).

La formulation doit être conforme à **l'annexe D de la norme NF EN 206+A2/CN** et comporter en particulier des teneurs minimales conformes au paragraphe D.3.2 :

- **En liant total** : la teneur minimale en ciment définie dans le paragraphe D.3.2, complété par le paragraphe NA.D.3.2 de l'annexe D de la norme NF EN 206/CN, est remplacée par la teneur minimale en liant total (ciment + additions conformes NA.5.1.6)
- **En fines** : les fines sont les particules inférieures à 0,125 mm.



Le diamètre D_{\max} des granulats doit être défini par l'Entreprise, et communiqué au Maître d'Œuvre avant la réalisation des travaux, en fonction de la méthode d'exécution et des dispositions des armatures, comme indiqué dans le paragraphe D.2.2 de l'annexe D.



L'Entreprise définit également, et communique au Maître d'Œuvre avant la réalisation des travaux, le mode de réalisation (indication de la méthode d'exécution et des conditions sèches ou immergées de forage), la consistance cible à la réception sur chantier, ainsi que la durée du maintien d'ouvrabilité dans le temps associé aux opérations de bétonnage.

La méthode d'exécution doit être précisée dans le CCTP afin de définir les critères en découlant, conformément aux normes dédiées :

- Pieux forés (ou barrettes) réalisés conformément à la norme NF EN 1536,
- Parois moulées réalisées conformément à la norme NF EN 1538,
- Pieux avec refoulement de sol exécutés en place réalisés conformément à la norme NF EN 12699,
- Micropieux réalisés conformément à la norme NF EN 14199

Valeur maximale du rapport $E_{\text{eff}}/L_{\text{éq}}$:

En plus des critères sur le rapport $E_{\text{eff}}/L_{\text{éq}}$ (eau efficace sur liant équivalent au sens de la norme NF EN 206/CN) découlant des exigences de la classe d'exposition, le critère suivant doit être respecté : $E_{\text{eff}}/L_{\text{éq}} \leq 0,60$.

Ce critère doit être spécifié explicitement dans le CCTP si besoin, lorsqu'il ne découle pas automatiquement d'une autre exigence (par exemple d'une classe d'exposition).

CADRE NORMATIF : NF EN 206+A2/CN ET SON ANNEXE D

Spécifications:

- Classe de résistance à la compression (F_{ck} mini)
- Consistance (fixée par entreprise)
- Teneur en air mini



Tableau D.3 — Valeurs cibles de consistance du béton frais dans différentes conditions

Diamètre d'étalement à la table à chocs selon l'EN 12350-5 mm	Affaissement selon l'EN 12350-2 mm	Conditions types d'utilisation (exemples)
500	150	— bétonnage en conditions sèches
560	180	— béton mis en place par pompage ou — béton coulé par tube plongeur sous eau en conditions immergées
600	200	— béton coulé par tube plongeur sous fluide stabilisateur en conditions immergées

Tableau D.1 — 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		$\geq 325 \text{ kg/m}^3$
mise en place dans des conditions immergées (sous eau ou fluides stabilisateurs)		$\geq 375 \text{ kg/m}^3$
Teneur en fines ^a		
Gravillon	$D_{inf.} > 8 \text{ mm}$ $D_{sup.} > 8 \text{ mm}$	$\geq 400 \text{ kg/m}^3$
Gravillon	$D_{inf.} \geq 4 \text{ mm}$ $D_{sup.} \leq 8 \text{ mm}$	$\geq 450 \text{ kg/m}^3$

^a Fines : taille des particules $\leq 0,125 \text{ mm}$ (additions et ciment inclus).

Composition:

- Dosage en liant eq (annexe NA.F)
- D_{max}
- Teneur en fines/ciment*



N.A.D.3.2 Teneur minimale en fines et teneur minimale en ciment

Les additions conformes à NA.5.1.6 peuvent être utilisées en tant que remplacement partiel du ciment pour le respect des valeurs de la teneur minimale en ciment des Tableaux D.1 et D.2.

NOTE 1 Ces dispositions concernent l'aptitude à la mise en œuvre du béton et sont complémentaires au respect des dispositions de l'Annexe NA.F.

NOTE 2 La teneur minimale en fines spécifiées dans les Tableaux D.1 et D.2 est destinée à assurer la stabilité du béton pendant sa mise en œuvre (ressuage, ségrégation). Elle est à adapter en fonction des constituants à disposition et de leur dosage et des conditions spécifiques au projet.

Dans le cas de gros volumes de bétonnage en continu, il est recommandé de vérifier la rhéologie et la stabilité du béton. Il est possible de se référer pour le suivi du maintien de la consistance à la norme NF EN 12350-1:2019 et pour la viscosité à l'essai d'écoulement XP P 18-469. Pour le contrôle de la stabilité, il est possible de suivre les normes XP P 18-468 et XP P 18-475.

Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre

Exemple :

Parois moulées : BARPRO XA2 C35 GG CEM III MS3 350 S210 CL065

Centrale de Strasbourg et Gamsheim

CONSTITUANTS	DOSAGES SECS
0/4 R Code A Gamsheim	805 kg/m ³
4/16 R Gamsheim	395 kg/m ³
16/22 R Gamsheim	500 kg/m ³
BETOCARB HP-VD – VOID - OMYA	60 kg/m ³
CEM III/A 52.5 L CE PM ES CP1 NF CALCIA de Rombas	350 kg/m ³
VISCOCRETE TEMPO 11	2,05 kg/m ³
SIKATARD 400 GC	0,82 Kg/m ^{3*}
Eau Totale	194 litres
Eau efficace	173 litres
Eau efficace / Ciment	0,49

Le complément national autorise la prise en compte des additions conformes à NA. 5.1.6 pour remplir les exigences de teneur minimale en ciment des tableaux D1 et D2.

La teneur minimale en ciment s'entend comme la teneur minimale en liant total (ciment + addition).

La teneur en liant équivalent doit être respectée en accord avec les tableaux des annexes NA.F.

La teneur en fines inclut l'ensemble des éléments de taille inférieure ou égale à 125 µm (fines apportés par les granulats incluses).

Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre

Tableau - Teneurs minimales en liant total « ciment + additions », en fines et en sable ($D \leq 4 \text{ mm}$) des granulats, selon la méthode d'exécution et le D_{\max} des granulats.

Méthode d'exécution	Normes d'exécutions	Dmax, mm	Teneur minimale en liant total, kg/m^3	Teneur minimale en fines, kg/m^3	Teneur pondérale minimale en sable ($D \leq 4 \text{ mm}$), % des granulats
Micropieux	NF EN 14199	16	≥ 375	≥ 375	-
Pieux forés et pieux avec refoulement de sol	NF EN 1536 NF EN 12699	- (spécifications indépendantes)	≥ 325 (1) ≥ 375 (2)	≥ 400 (4) ≥ 450 (5)	-
			≥ 350 béton « semi-sec » (3)	-	-
Parois moulées	NF EN 1538	32	≥ 350	≥ 400 et ≥ 550	$\geq 40 \%$
		22,4	≥ 380	-	-
		16	≥ 400	-	-

(1) Mise en place dans des conditions sèches

(2) Mise en place dans des conditions immergées (sous eau ou fluides stabilisateurs)

(3) Béton « semi-sec » pilonné, classe de résistance $\geq \text{C25/30}$

(4)

$D_{\max} > 8 \text{ mm}$

(5)

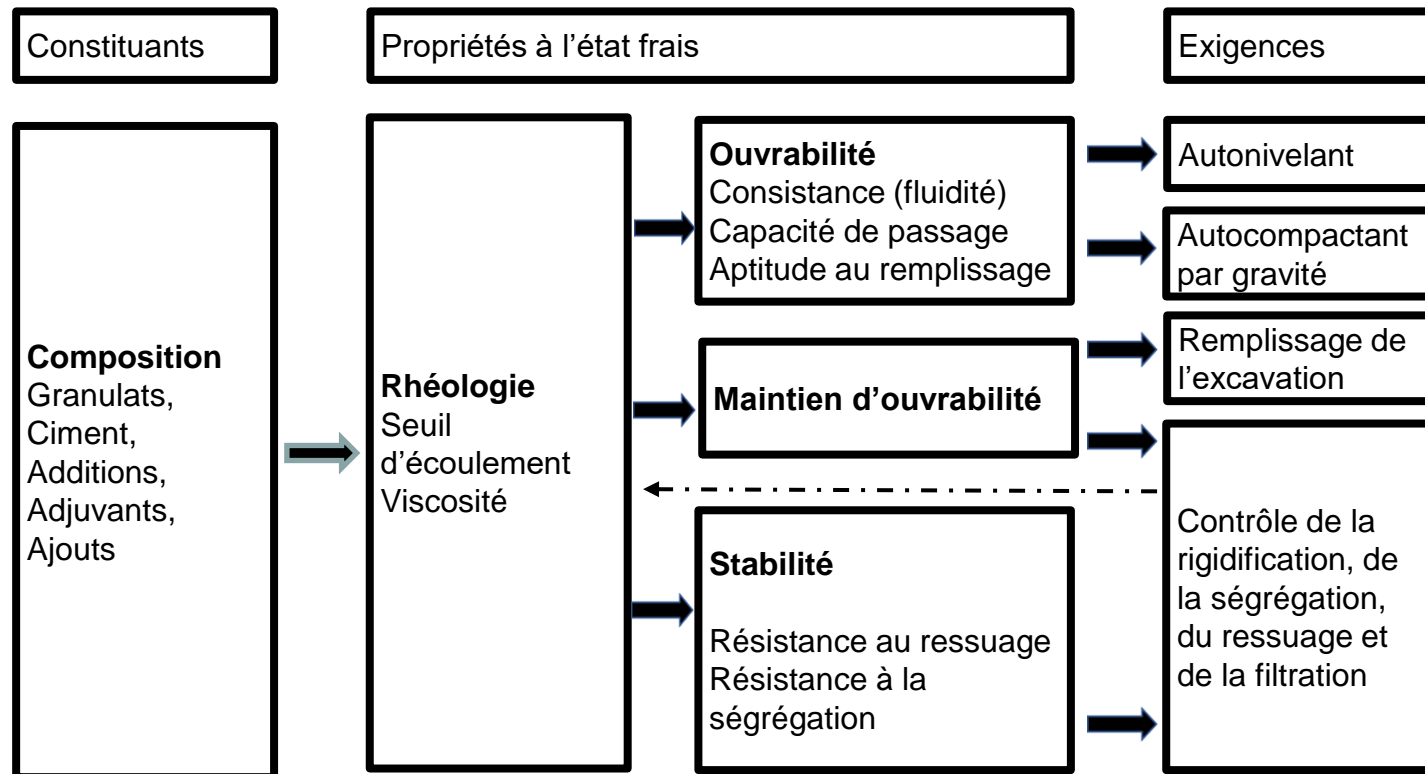
$4 \text{ mm} \leq D_{\max} \leq 8 \text{ mm}$

Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre

Tableau – Valeur du diamètre maximal D_{max} des granulats du béton en fonction de la méthode d'exécution. La valeur de D_{max} la plus faible sera prise en compte.

Méthode d'exécution	D_{max} (en mm)
Pieux forés et parois moulées	32 mm et 1/4 de l'espacement nu à nu des barres longitudinales
Pieux avec refoulement de sol	32 mm et 1/3 de l'espacement nu à nu des barres longitudinales
Micropieux	16 mm et 1/4 de l'espacement nu à nu des barres longitudinales
Mise en place en conditions immergées	1/6 du diamètre intérieur du tube plongeur ou du tube d'alimentation du béton

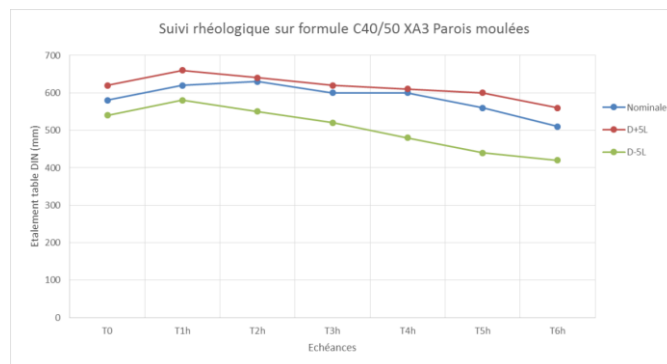
Paramètres à considérer par l'entreprise réalisant les travaux



Spécifications incombant à l'entreprise – NF EN 206+A2/CN et guide du béton de fondations profondes EFFC (traduction SOFFONS 2021)

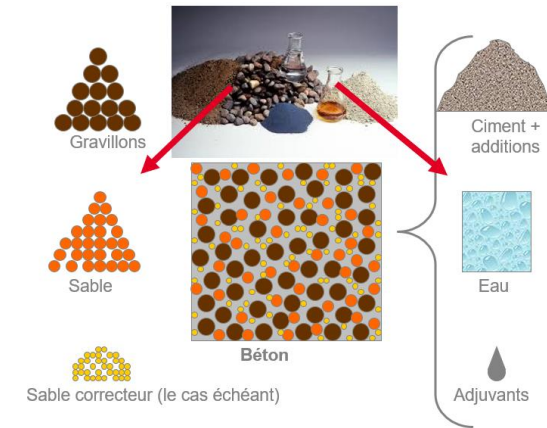
Spécifications

- Ressuage des béton (XP P18-468 et P18-475)
- Temps d'écoulement au cône inversé (XP P18-469)
- Maintien d'ouvrabilité

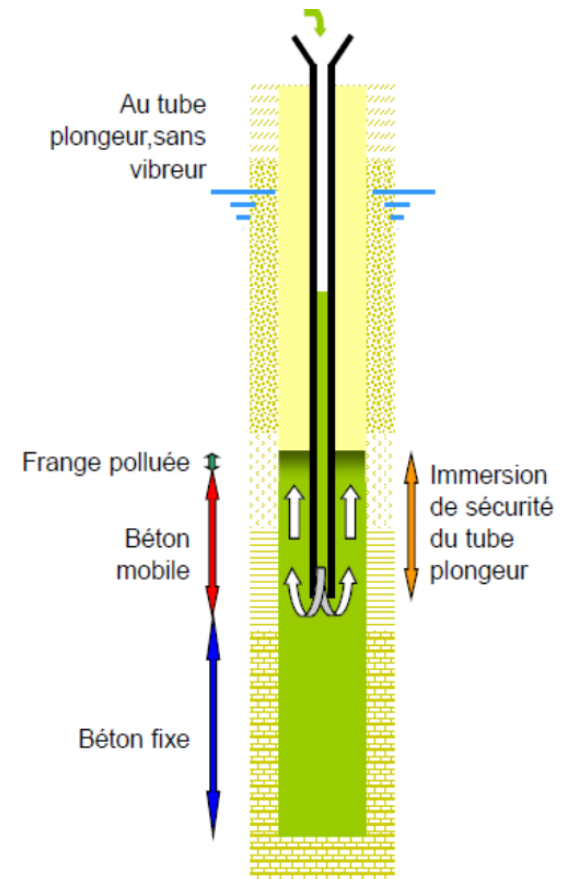
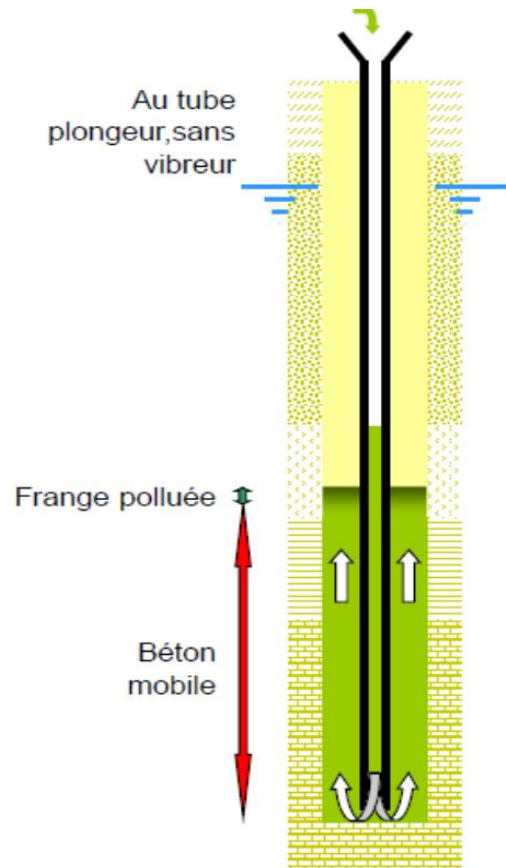


Composition

- Granulométrie continue
- Limitation du G/S
- Adjuvants spécifiques / teneur en fines



Remontée du
béton lors de la
mise en œuvre
(importance de
la viscosité et
du maintien de
consistance)



BIEN PRESCRIRE LES BETONS

Remontée du
béton lors de la
mise en œuvre
(importance de
la viscosité et
du maintien de
consistance)



Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre



Mesure de viscosité au cône inversé



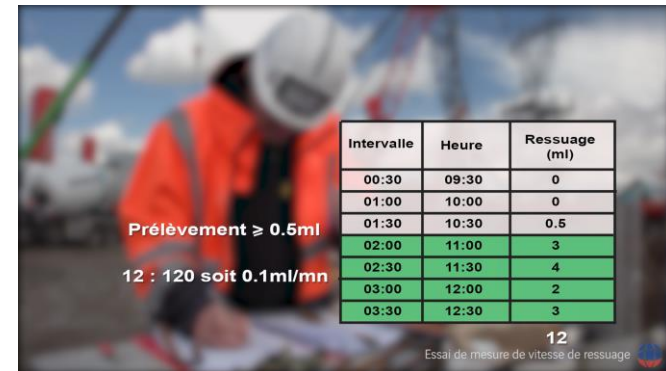
Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre

BIEN PRESCRIRE LES BETONS



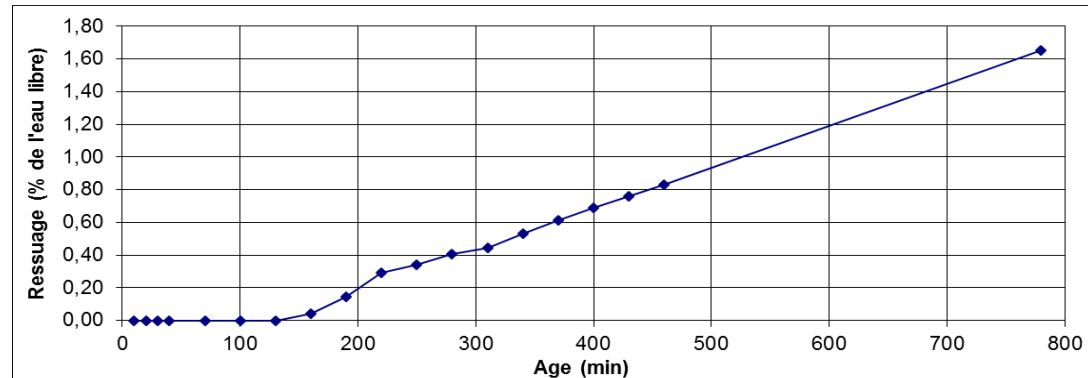
Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre

Essai de stabilité

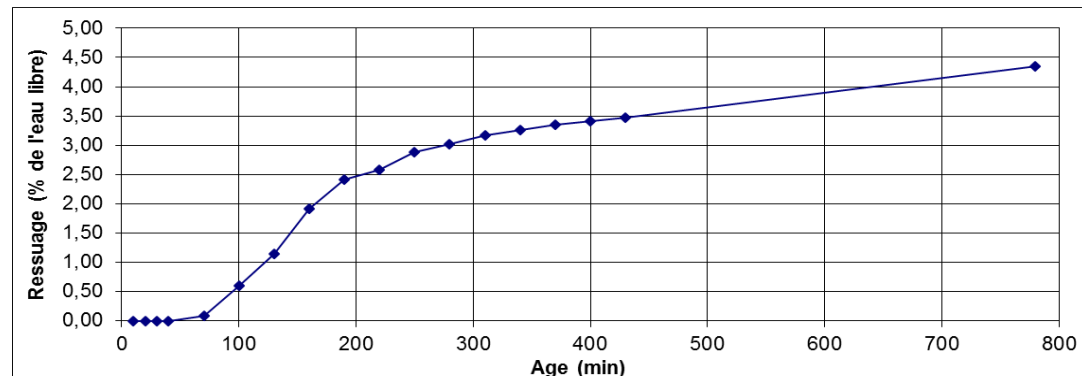


Exemple : courbes de ressuage sur Metro Ligne 12

Formule
nominale
F: 620 mm



Formule +
10 l/m³ eau
F: 660 mm



Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre

Conséquence possible
d'un défaut de ressuage



Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre

Conséquence possible d'un
défaut de consistance



Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre

Epreuve d'étude (laboratoire)

- **Essais en amont des essais en centrale**
 - Requis par le fascicule 65 (sauf si références probantes)
- **Robustesse de la composition de béton :**
 - Eau $\pm 10\text{L/m}^3$
Et éventuellement
 - $\pm 10\%$ poids S/S+G
 - $\pm 20\text{kg}$ Liant
 - Adjuvants...
- **Tests**
 - Fascicule 65 : consistance et R_c 28 jours
 - Fondations : viscosité, stabilité, résistance à jeune âge...



Réalisation des convenances



S'assurer que la composition de béton et les outils de production du fournisseur permettent d'obtenir un béton adapté à nos ouvrages sur toutes les centrales livrant le projet.



**CONVENANCES =
IDENTIFIER LES
PROBLEMES AVANT LE
DEMARRAGE DU CHANTIER**

Recommandations à l'usage des maîtres d'ouvrages et des maîtres d'oeuvre



**DE NOUVEAUX OUTILS DE MESURE POUR UNE BONNE ASSURANCE
DE LA QUALITE**

Merci de votre attention