



Journée AFOCO

« Quels matériaux alternatifs pour le Grand Paris Express ? »

7 juin 2018 Paris



## **L'apport des adjuvants pour les ciments & les bétons à base de matériaux alternatifs**

[jean-philippe.bigas@chryso.com](mailto:jean-philippe.bigas@chryso.com)



© CHRYSO

**1942** Création de CHRYSOLEUM en France

**1969** Construction usine de Sermaises



© CHRYSO

**2017**

100 pays

20 filiales

+ 1100 employés

240 brevets actifs

**Leader international adjuvants béton & ciment**

N° 1 en France, 3<sup>ème</sup> en Europe & N° 1 en Afrique

## Site de Sermaises (Loiret)

Usine de production d'adjuvants (Design & formulation), de colorants et produits bétons décoratifs & esthétiques

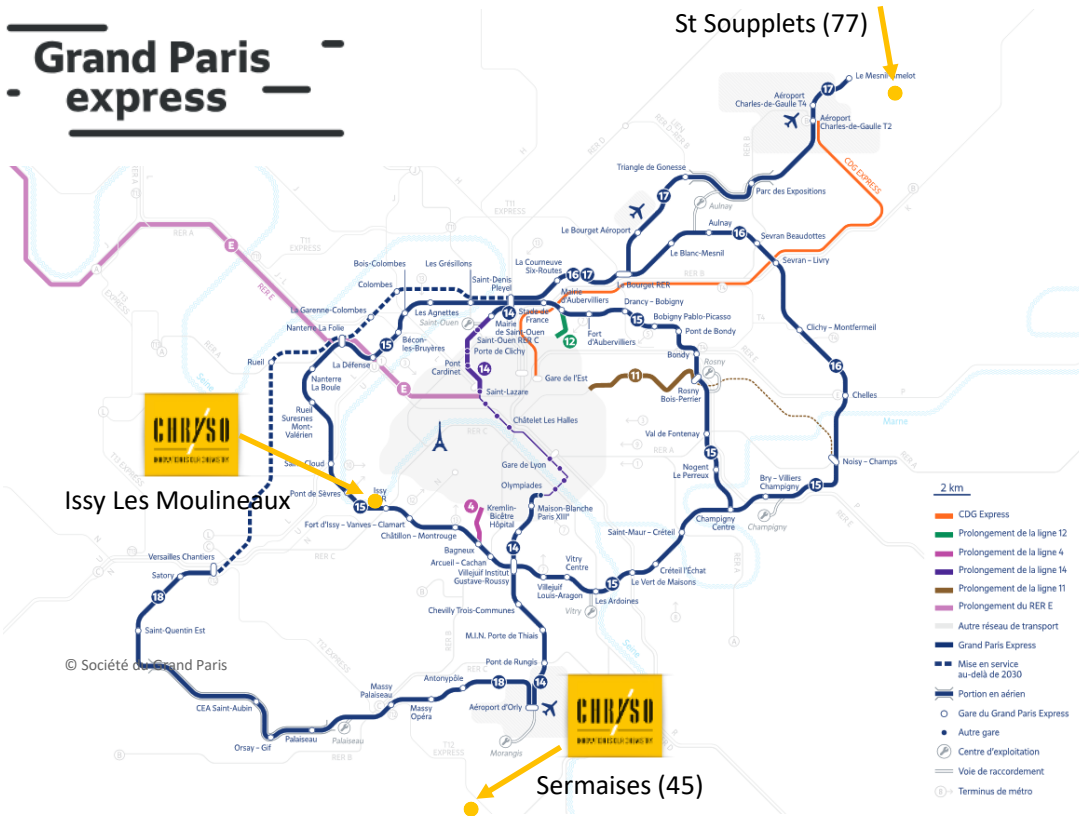
Centre International de R&D (50 chercheurs)



© CHRYSO

## Site de St Souplets (Seine&Marne)

Usine de production liant Belitex et produits bétons décoratifs



## ► 4 types de formulation béton

### ■ Contexte Fondations Profondes (parois moulées)

- maintien de fluidité 6 à 10h heures
- ressuage limité & aptitude au pompage (→ 500m)

### ■ Contexte tunnels Voussoirs

- Facilité de placement – finition de l'extrados
- Résistances jeunes âges (5h en CEM III)

### ■ Contexte tunnels Bétons projetés

- RIG 4h & Energie à 25 mm mini 660 joules

### ■ Contexte Génie Civil

- Réduction d'eau / résistances
- Rhéologie - viscosité



© LERM



© Construction Cayola



© Société du Grand Paris / Gérard Rollando

norme française

NF EN 206/CN  
19 Décembre 2014

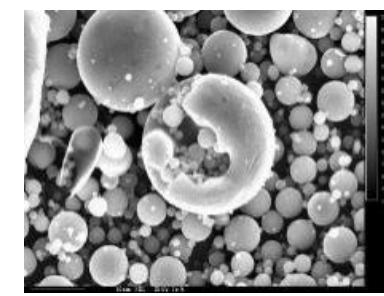
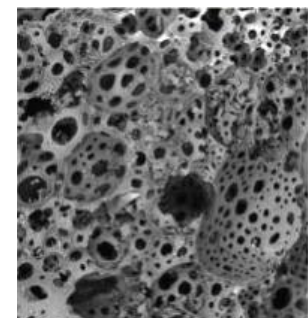
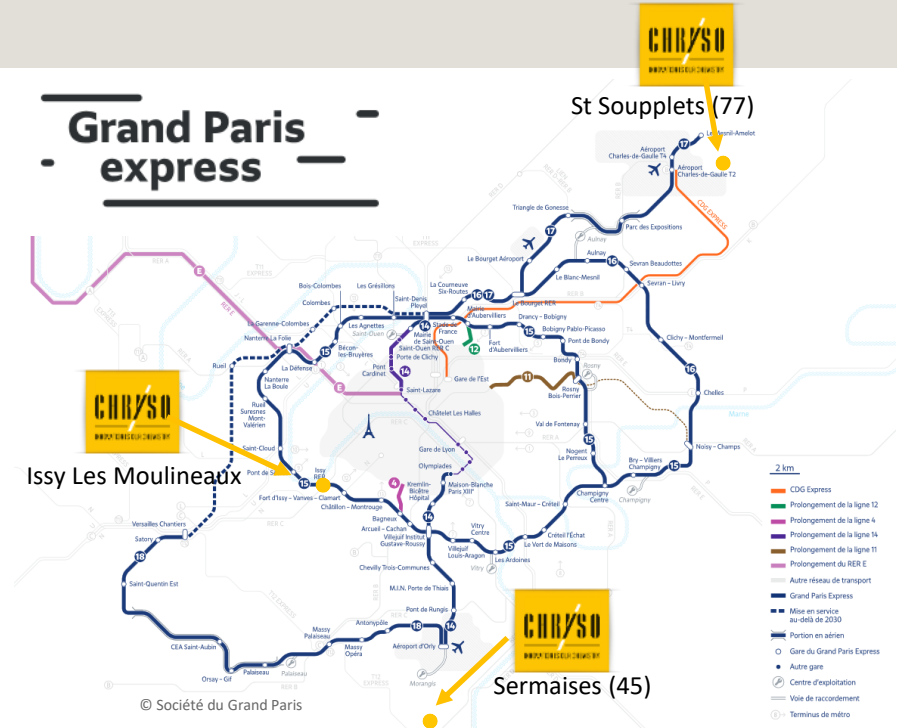
Indice de classement : P 18-325/CN

ICS : 91.080.40 ; 91.100.30

Béton — Spécification, performance, production  
et conformité — Complément national à la norme  
NF EN 206

## ► Contexte réglementaire

- EN 197-1 Ciment
- Additions minérales NF EN -----
- Granulats d'origine naturelle NF EN 12620+A1.
- EN 206/CN Béton
  - pas de mention à l'approche performantielle
- Fascicule 65
- **Ouverture aux matériaux alternatifs**
  - laitiers et cendres volantes normalisés
    - ▶ **Propriétés pouzzolaniques ou hydrauliques latentes**
    - ▶ NF EN 15167-1 Laitiers granulés de hauts fourneaux moulu (classe B)
    - ▶ NF EN 450-1 Cendres volantes
  - constituants du ciment CEM III ou en additions minérales (Liant équivalent)





Constructeurs  
Entreprises de TP GC



© JP. Bigas / Chryso



© G. Rollando / Société du Grand Paris



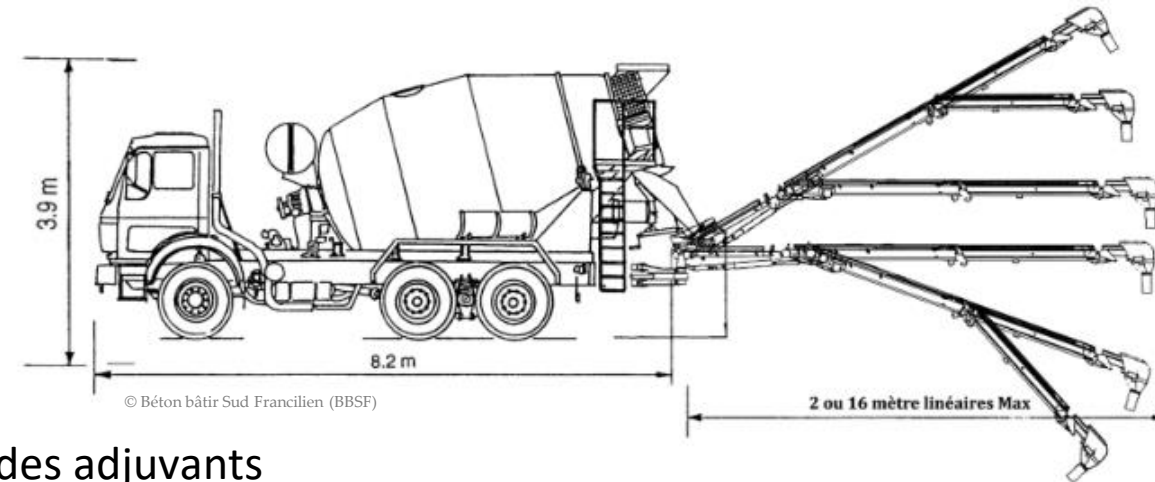
© N.A

**CCTP**  
Cahier des charges béton

- Choix des liants
- Choix des granulats
- Caractéristiques Bétons



Centrales de chantier  
Centrales BPE  
Usines Préfabrication



- Préconisation des adjuvants
  - Essais Etudes
    - Mise au point des formules bétons
    - Etudes des dérivées C, E,  $\gamma$ lats, hiver-été, temps de malaxage
  - Convenances
    - Validation en conditions chantier



© G. Rollando / Société du Grand Paris

**Niveau 1**  
- CCTP -  
Spécifications  
minimales sur la  
formulation béton

Désignation	Domaine d'emploi	Classe de résistance	Classe d'exposition	Dmax	Classe teneur en chlorures	Dosage mini de ciment kg/m <sup>3</sup>	Type de ciment	Exigence de tenue au feu
B5	Béton de parois moulées	C35/45	XC3 / XD2 / XA3	20	Cl 0,40	400	CEM III/B 42,5 PM ES ou 52,5 PM ES	
B6	Béton de pieux	C35/45	XC3 / XD2 /	20	Cl 0,40	400	CEM III/B 42,5 PM ES	

Teneur en fines : passant min à 25 µm	450 kg/m <sup>3</sup>
Rapport E/C	0,50
DPU (Maintien de consistance cible)	1h30
Maintien de rhéologie	4h00
Viscosité du béton	≤ 7s
Teneur en chlore	0,40

→ Ouvrabilité de 4 à 8h

→ Viscosité

**Niveau 2**  
- Entreprise -  
Spécifications  
complémentaires

**Niveau 3**  
Spécifications  
supplémentaires  
vs durabilité & ressuage

Rc à 24h00 (conservation normalisée)	≥ 1MPa
Niveau de prévention RSI	Ds
Valeur de filtration BAUER	≤ 16 ml
Vitesse de ressuage XP 18-468	≤ 0,1 ml/min
Ressuage total	≤ 3mm/m

→ Décoffrage  
Rc24h @20°C > 1 MPa

→ Ressuage BAUER  
< 16 ml @ 60 min.

► Côté Matières Premières Formules Parois Moulées :

- Encadrement normatif pour l'ensemble des constituants
- Liant à base de CEM III ou de combinaison CEM III + CV ou Filler calcaire
  - Incorporant des laitiers moulus et des cendres volantes
  - Points de vigilance
    - › Maintien de rhéologie (vs faible engagement en adjuvant)
    - › RC jeunes âges
    - › Sensibilité au ressuage & viscosité des bétons



► Coté adjuvants : les défis à relever

- Long maintien de l'ouvrabilité sans retard d'acquisition des Rc
- Cohésion & faible viscosité (éviter le ressuage)
- Réduction d'eau adaptée (cible C35/45 @ E/C=0.45)
- Robustesse vs la variation de ciment
  - Solutions économiques

Formulation / type CEM	Solution d'adjuvantation	conformités et écarts au CdC
CEM III/B 42,5N PM	0,95 % CHRYSO®Fluid Optima 100	Maintien @ 6h <b>OK</b> Ressuage BAUER > 20 ml <b>non OK</b>
CEM III/A 52,5L PM-ES	1.25% CHRYSO®Plast Omega 144	Ouvrabilité < 550 mm @6hrs <b>non OK</b> + Rc24h = 0 MPa <b>non OK</b>
CEM III/A 52,5L PM-ES	1% CHRYSO®Plast Omega 144 + 0.3% CHRYSO Equalis 250	Ouvrabilité < 550 mm @6h <b>non OK</b> Rc24h <b>OK</b> → viscosité ++
CEM III/A 42,5R PM	1% CHRYSO®Fluid Optima 206 + 0.5% CHRYSO®Plast Delta CER	Ouvrabilité < 550 mm @6h & Viscosité <b>non OK</b>
CEM III/A 42,5N PM-ES	0,5% CHRYSO®Fluid Optima 100 + 0.7% CHRYSO®Plast Omega 144	Retention <b>OK</b> , faible viscosité, Rc24h=1.5 MPa <b>OK</b> Ressuage BAUER > 21 ml <b>non OK</b>



LSS



Fill-free



Equalis



CHRYSO®Optima série 1000



CEM III/A 42,5 N LH PMES	380
CV	50
Sable 0/4	800
Gravillons 4/20	880
Eau totale	200
Eau Efficace (Eeff/Leq 0,475)	180



Rc24h = 4,6 Mpa @ 20°C

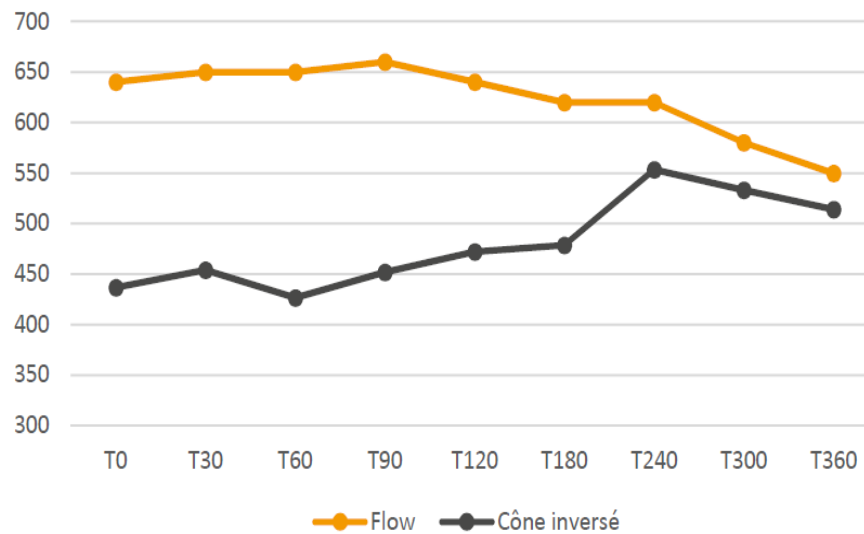
Bauer = **12 ml**

Maintien à 6h > 550 mm

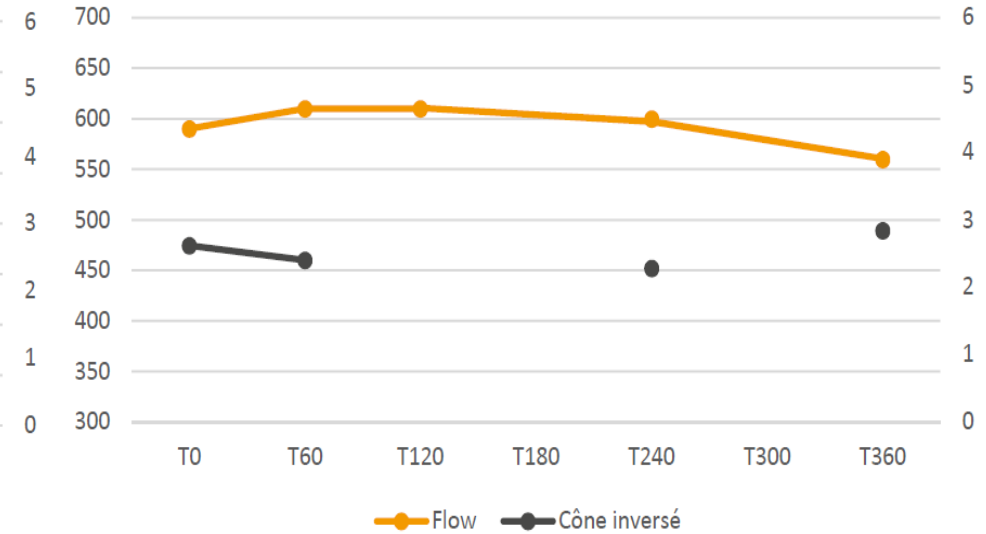
CHRYSO® Optima 1340



Essai 1% Optima 1340



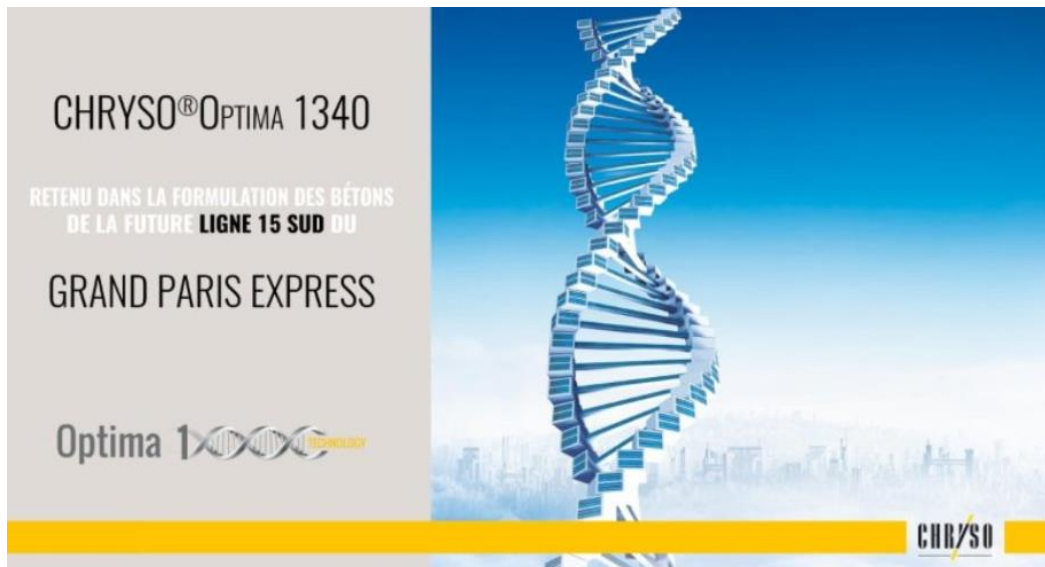
Essai 0,95% Opt1340/0,15% Tard CHR



- ▶ Cas des bétons de parois moulées (CEM III laitiers)  
CHRYSO® Optima 1340 permet de répondre au cdc
  - Maintien de l'ouvrabilité jusqu'à 10h
    - sans retard d'acquisition des Rc
  - Ressuage limité - Cohésion & faible viscosité
  - Réduction d'eau adaptée (cible C35/45 @ E/C=0.45)
  - Robustesse vs la variété des ciments
    - Couplage d'adjuvants (réducteur d'eau pour Rc, retardateur par temps chaud)



© Société du Grand Paris / Laurent Villeret



- ▶ 1.2 % Optima 1340  
→ CEM III/A 42,5N PM-ES
- ▶ 1% Optima 1340 + 0.15% Tard CHR  
→ CEM III/A 42,5N PM-ES + T > 25°C
- ▶ 0.7% Optima 1340 + 0.5% Optima 354  
→ CEM III/B 42,5N PM  
→ CEM III/A 52,5L





**CHRYSO**  
INNOVATION IS OUR CHEMISTRY

[www.chryso.com](http://www.chryso.com)

[jean-philippe.bigas@chryso.com](mailto:jean-philippe.bigas@chryso.com)