



Le béton routier



1.2 Le béton routier

1.2.1 LA FORMULATION DU BÉTON ROUTIER

Étude de formulation

Définit les proportions des différents constituants du béton

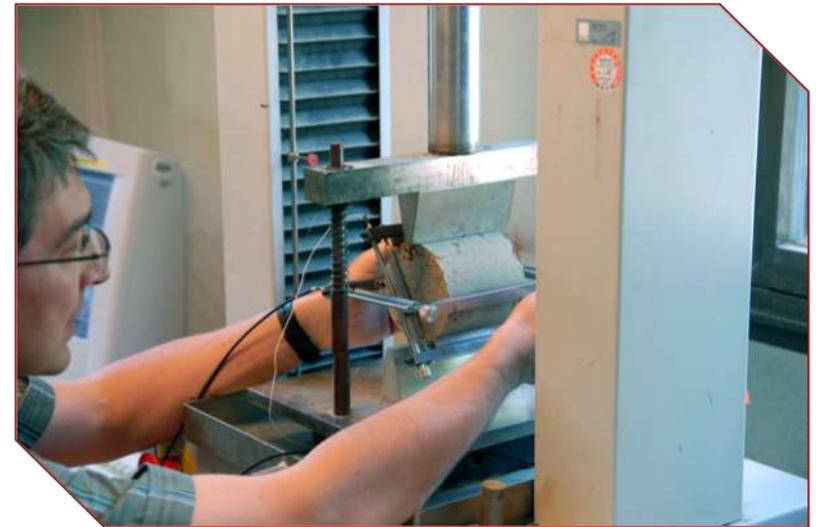
Objectif

Atteindre le niveau de performance recherché

Formule du béton

- fixée à partir d'une étude spécifique
- ou venant de références antérieures réussies

Norme NF EN 13877-1 : définit 6 classes de résistance des bétons routiers



1.2 Le béton routier

1.2.2 LA CLASSIFICATION DU BÉTON ROUTIER

NF P 98-170 Classe	Résistance caractéristique (en MPa)	Classe de compression (NF EN 206-1)	Classe de fendage
2 - Assise	20	C 20/25	S 1,7
3 - Assise	25	C 25/30	S 2,0
4 - Surface faible trafic	29	C 30/37	S 2,4
5 - Surface	32	C 35/45	S 2,7
6 - Aéroport	38	C 40/50	S 3,3

1.2 Le béton routier

1.2.3 LES CONSTITUANTS

Les ciments

Les granulats

L'eau

Les adjuvants

1.2 Le béton routier

1.2.3 LES CONSTITUANTS – Les ciments

Béton routier = béton avec ciments conformes à la norme NF EN 197-1

1.2 Le béton routier

1.2.3 LA NORME NF EN 197-1 - CIMENTS COURANTS – Constituants des ciments



Clinker Portland (K)



Laitier granulé de haut fourneau (S)



Pouzzolanes naturelles (Z) ou naturelles calcinées (Q)



Cendres volantes siliceuses (V) ou calciques (W)



Schistes calcinés (T)



Calcaires (L, LL)



Fumées de silice (D)



Sulfate de calcium

1.2 Le béton routier

Clinker Portland (K)

- obtenu après cuisson d'un mélange de calcaire et d'argile
- contient des proportions visées de CaO , SiO_2 , Al_2O_3 et F_2O_3
- entre dans la composition de tous les ciments courants

RETOUR

SUITE

1.2 Le béton routier

Laitier granulé de haut fourneau (S)

- obtenu par refroidissement rapide de la scorie fondue provenant de la fusion du minéral de fer dans un haut fourneau
- doit présenter des propriétés hydrauliques latentes pour convenir à son emploi de constituant du ciment

RETOUR

SUITE

1.2 Le béton routier

Pouzzolanes naturelles (Z) ou naturelles calcinées (Q)

- essentiellement composées de silice, d'alumine et d'oxyde de fer, présentant des propriétés pouzzolaniques

RETOUR

SUITE

1.2 Le béton routier

Cendres volantes siliceuses (V) ou calciques (W)

- particules pulvérulentes obtenues par dépoussiérage électrostatique ou mécanique des gaz de chaudières alimentées au charbon pulvérisé

RETOUR

SUITE

1.2 Le béton routier

Schistes calcinés (T)

- acquièrent des propriétés hydrauliques et pouzzolaniques lorsqu'ils sont activés thermiquement
- cas des schistes houillers brûlés dans les chaudières

RETOUR

SUITE

1.2 Le béton routier

Calcaires (L, LL)

- obtenus par broyage fin de roches naturelles présentant une teneur en carbonate de calcium CaCO_3 supérieure à 75 %

RETOUR

SUITE

1.2 Le béton routier

Fumées de silice (D)

- particules très fines (environ 1 μm) présentant une très forte teneur en silice amorphe
- proviennent de la réduction de quartz de grande pureté par du charbon dans des fours à arc électrique utilisés pour la production de silicium et d'alliages de ferrosilicium

RETOUR

SUITE

1.2 Le béton routier

Sulfate de calcium

- gypse ajouté en faible quantité aux autres constituants du ciment au cours de sa fabrication, en vue de réguler la prise

RETOUR

SUITE

1.2 Le béton routier

1.2.3 LA NORME NF EN 197-1 – Compositions des 5 ciments courants

TYPES DE CIMENT	CLINKER K %	AUTRES CONSTITUANTS PRINCIPAUX S/D/P/Q/V/ W/T/L/LL %	CONSTITUANTS SECONDAIRES %
CEM I CIMENT PORTLAND	95 à 100	0	0 à 5
CEM II CIMENT PORTLAND COMPOSÉ	65 à 94	6 à 35 S/D/P/Q/V/W/T/L/LL	0 à 5
CEM III CIMENT DE HAUT FOURNEAU	5 à 64	LAITIER : 36 à 95	0 à 5
CEM IV CIMENT POUZZOLANIQUE	45 à 89	D/P/Q/V/W : 11 à 55	0 à 5
CEM V CIMENT COMPOSÉ	20 à 64	26 à 80 S/P/Q/V	0 à 5

1.2 Le béton routier

1.2.3 LA NORME NF EN 197-1 – Classes de résistance des ciments courants

Classes de résistance	Résistance à la compression MP			
	Résistance à court terme		Résistance courante	
	2 jours	7 jours	28 jours	
32,5 N	-	$\geq 16,0$	$\geq 32,5$	$\leq 52,5$
32,5 R	$\geq 10,0$	-		
42,5 N	$\geq 10,0$	-	$\geq 42,5$	$\leq 62,5$
42,5 R	$\geq 20,0$	-		
52,5 N	$\geq 20,0$	-		
52,5 R	$\geq 30,0$	-		

N : résistance à court terme ordinaire

R : résistance à court terme élevée

1.2 Le béton routier

1.2.3 LA NORME NF EN 197-1 - CIMENTS COURANTS

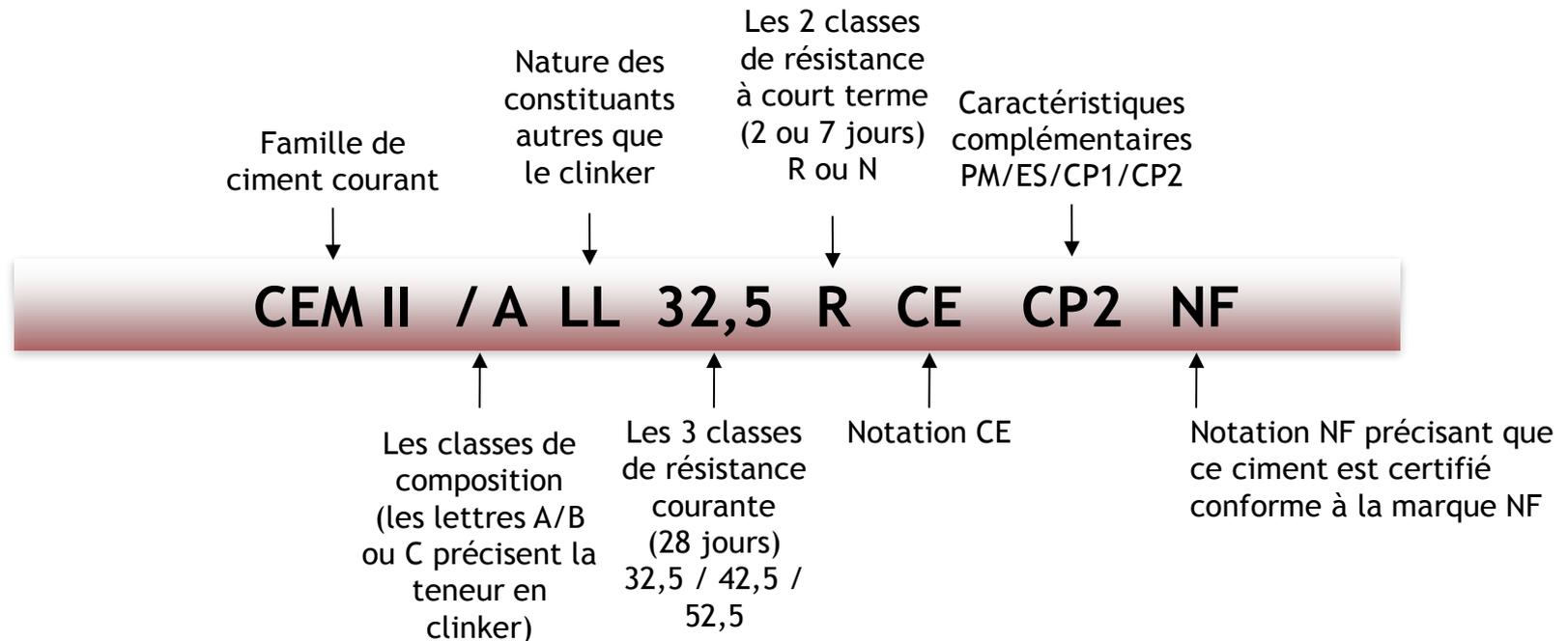
Exigences physiques :

- Temps de début de prise
- Stabilité

Classes de résistance	Temps de début de prise (minutes)	Stabilité (expansion) (mm)
32,5 N	≥ 75	≤ 10
32,5 R		
42,5 N	≥ 60	
42,5 R		
52,5 N		
52,5 R		

1.2 Le béton routier

1.2.3 DÉSIGNATION D'UN CIMENT COURANT CE + NF (marque volontaire)



L/LL : calcaire
 S : laitier de haut fourneau
 D : fumées de silice
 V : cendres siliceuses
 W : cendres calciques
 Z : pouzzolanes
 T : schistes calcinés

1.2 Le béton routier

1.2.3 LES CONSTITUANTS – Les ciments

Autres normes ciment pour bétons routiers

- Ciments pour travaux à la mer NF P 15-317
- Ciments pour béton précontraint à teneur en sulfures limitée NF P 15-318
- Ciments pour travaux en eaux XP P 15-319 à haute teneur en sulfates
- Ciment prompt naturel NF P 15-314
- Ciment alumineux fondu NF P 15-315
- Ciments de haut fourneau NF EN 197-4 à faible résistance à court terme



1.2 Le béton routier

1.2.4 LES NORMES ADJUVANTS ET PRODUITS DE CURE

La norme NF EN 934-2 : Adjuvants pour béton, mortier et coulis

La norme NF P 18-370 : Produits de cure pour bétons et mortiers



1.2 Le béton routier

1.2.4 LA NORME NF EN 934-2 – Adjuvants pour béton, mortier et coulis

Définition

- produit incorporé au moment du malaxage du béton
- à une dose ≤ 5 % en masse de la teneur en ciment du béton
- pour modifier les propriétés du mélange à l'état frais et/ou durci



1.2 Le béton routier

1.2.4 LA NORME NF EN 934-2 – Adjuvants pour béton, mortier et coulis

Classification des adjuvants : 3 grandes catégories

- *Adjuvants modifiant l'ouvrabilité du béton*

Plastifiant / Réducteur d'eau - Superplastifiant / Haut réducteur d'eau

- *Adjuvants modifiant la prise et le durcissement*

Accélérateur de prise - Accélérateur de durcissement - Retardateur de prise

- *Adjuvants modifiant des propriétés particulières*

Entraîneur d'air - Hydrofuges de masse - Rétenteur d'eau

1.2 Le béton routier

1.2.4 LA NORME NF EN 934-2 – Adjuvants pour béton, mortier et coulis

Les 11 types d'adjuvants pour béton, mortier et coulis

- Plastifiant / réducteur d'eau
- Superplastifiant / haut réducteur d'eau
- Rétenteur d'eau
- Entraîneur d'air
- Accélérateur de prise
- Accélérateur de durcissement
- Retardateur de prise
- Hydrofuge de masse
- Plastifiant / réducteur d'eau / retardateur de prise
- Superplastifiant / haut réducteur d'eau / retardateur de prise
- Plastifiant / réducteur d'eau / accélérateur de prise

1.2 Le béton routier

1.2.4 LA NORME NF EN 934-2 – Adjuvants pour béton, mortier et coulis

Titre

Adjuvants pour béton, mortier et coulis - Partie 2 : adjuvants pour bétons - Définitions, exigences, conformité, marquage et étiquetage

Date de publication

2^e tirage : décembre 2010

Définition

Produit dont l'application sur les surfaces de béton ou de mortier, exposées aux agents atmosphériques, permet de s'opposer à l'évaporation de l'eau contenue dans le béton ou mortier pendant la phase de prise et de durcissement

1.2 Le béton routier

1.2.5 LES GRANULATS

Définition

Grains minéraux, appelés suivant leurs dimensions, fillers, sablons, sables, graves ou gravillons

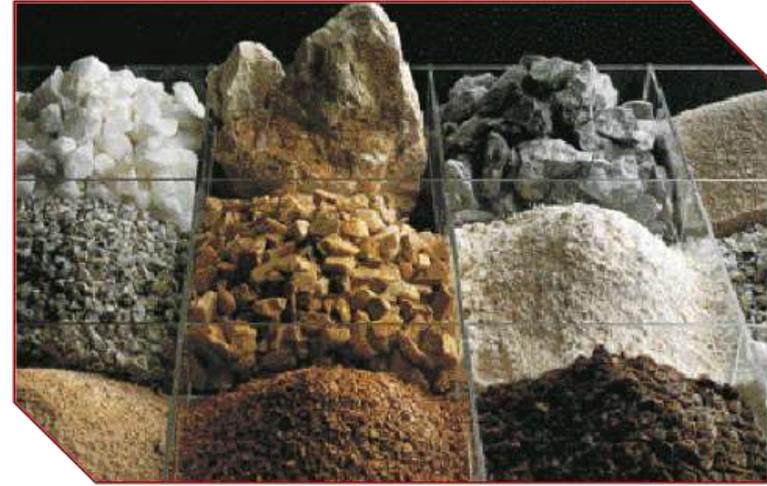
Propriétés

Liaisons interface Granulats/Pâte de ciment : favorisent résistances mécaniques et performances du béton

Régularité des caractéristiques des granulats : conditionne celles du béton (squelette du béton)

Normes

Doivent être conformes à celles de référence : NF EN 12620 et XP P 18-545



1.2 Le béton routier

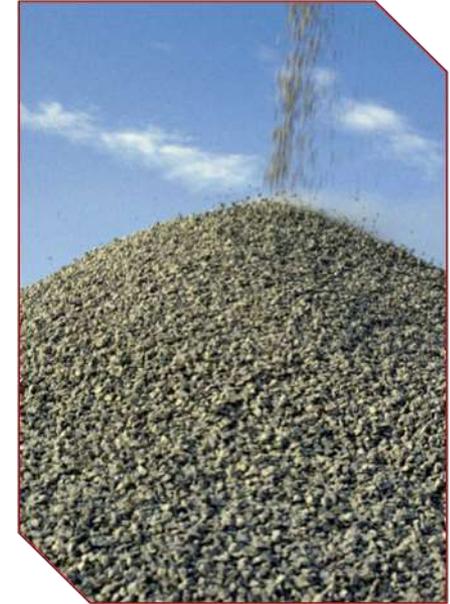
1.2.5 LES GRANULATS – Désignation

Désignés par leur classe granulaire d/D ou 0/D avec :

d = dimension inférieure du granulat

D = dimension supérieure du granulat

Familles	Dimensions	Caractéristiques
Fillers	0/D	D < 2 mm avec au moins 85 % de passant à 1,25 mm et 70 % de passant à 0,063 mm
Sables	0/D	d : 0 et D : 4 mm
Graves	0/D	D : 6,3 mm
Gravillons	d/D	d : 2 mm et D : 63 mm
Ballasts	d/D	d : 31,5 mm et D : 50 ou 63 mm



Nota : Granulats usuels = élaborés à partir de roches d'origines alluvionnaires (granulats roulés ou semi concassés) ou de roches massives (granulats concassés)

1.2 Le béton routier

1.2.5 LES GRANULATS : 3 types

Naturel

- Origine minérale
- Issu de roches meubles ou massives
- N'a subi que des transformations mécaniques (concassage, broyage, criblage, lavage)

Artificiel

Origine minérale résultant d'un procédé industriel

Recyclé

Obtenu par traitement d'une matière inorganique (bétons de déconstruction de bâtiments)



1.2 Le béton routier

1.2.5 LES GRANULATS : la norme NF EN 12620 – Granulats pour béton

- Spécifie les caractéristiques des granulats et des fillers élaborés à partir de matériaux naturels, artificiels ou recyclés
- Spécifie le système de maîtrise de la production de granulats et l'évaluation de la conformité des produits
- Définit des catégories de valeurs maximales pour chaque caractéristique physique ou mécanique spécifiant les granulats

Nota : Pour granulats avec masse volumique réelle $> 2\,000\text{ kg/m}^3$: bétons conformes à la norme NF EN 206-1, Bétons routiers, Produits préfabriqués en béton

1.2 Le béton routier

1.2.5 LES GRANULATS : la norme NF EN 12620 – Granulats pour béton

Caractéristiques géométriques

- Granularité
- Forme des gravillons : coefficient d'aplatissement (a)
- Teneurs en éléments coquilliers des granulats
- Teneurs en fines
- Qualité des fines



1.2 Le béton routier

1.2.5 LES GRANULATS : la norme NF EN 12620 – Granulats pour béton

Caractéristiques physiques

- Résistance au choc
- Résistance à la fragmentation = coefficient Los Angeles
- Résistance à l'usure des gravillons : coefficient Micro-Deval M_{DE}
- Résistance au polissage et à l'abrasion des gravillons pour couche de roulement : coefficient de polissage accéléré CPA
- Masse volumique réelle et coefficient d'absorption d'eau
- Masse volumique en vrac
- Durabilité = résistance des au gel-dégel - Réaction alcali-silice

1.2 Le béton routier

1.2.5 LES GRANULATS : la norme NF EN 12620 – Granulats pour béton

Caractéristiques chimiques

- Teneur en chlorure
- Composés contenant du soufre : sulfates solubles dans l'acide - Soufre total
- Autres constituants : réduisent le temps de prise et la résistance du béton
- Teneur en carbonate des sables
- Réactivité aux alcalis

1.2 Le béton routier

1.2.5 LES GRANULATS : la norme XP P 18-545

Granulats : éléments de définition, conformité et codification

- Définit les termes relatifs aux granulats relevant de la DPC
- Définit les règles générales de contrôle des granulats
- Précise les spécifications mentionnées aux normes NF EN Produits auxquelles doivent répondre les granulats
- Concerne : Granulats pour chaussées - Granulats pour bétons hydrauliques et mortiers - Granulats pour voies ferrées...
- Définit des codes précisant les spécifications des caractéristiques des granulats

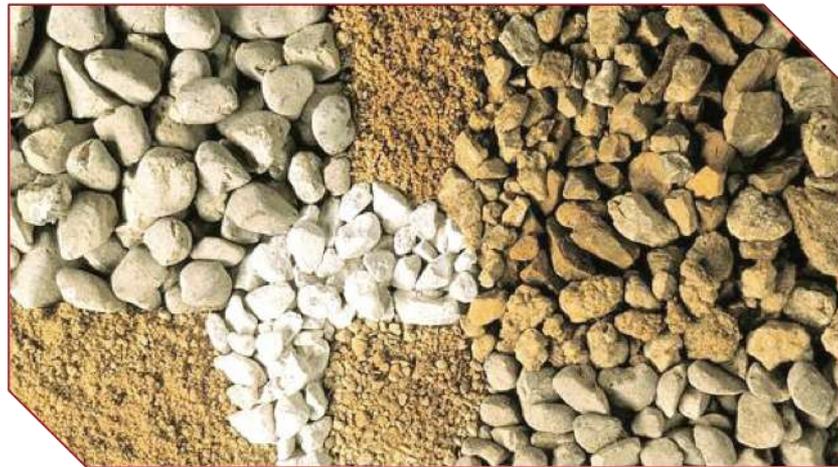
1.2 Le béton routier

1.2.5 LES GRANULATS : la norme XP P 18-545

Article 9 - Granulats pour chaussées en béton de ciment

Caractéristiques applicables aux gravillons

- Caractéristiques intrinsèques Micro-Deval MDE
- Los Angeles : LA et Micro-Deval MDE
- Sensibilité au gel
- Caractéristiques de fabrication
- Boulette d'argile



1.2 Le béton routier

1.2.5 LES GRANULATS : la norme XP P 18-545

Article 9 - Granulats pour chaussées en béton de ciment

Caractéristiques applicables aux sables et graves

- Friabilité des sables : FS
- Caractéristiques de fabrication
- Polluants organiques
- Teneur en carbonate

Caractéristiques applicables aux sables, aux graves et aux gravillons

- Absorption d'eau : WA
- Impuretés prohibées : ImP
- Soufre total : S
- Sulfates solubles dans l'acide : SA
- Chlorures

1.2 Le béton routier

1.2.5 LES GRANULATS : la norme XP P 18-545

Article 9 - Granulats pour chaussées en béton de ciment

Tableau A.1 — Caractéristiques des granulats pour chaussées en béton

Usages	Caractéristiques	Classes de trafic ¹⁾	
		≤ à T3 ou aéronautique	> T3
Béton de fondation ou béton drainant	Intrinsèques des gravillons	Code D	
	De fabrication des gravillons	Code III bis	
	De fabrication des sables	Code a bis	
Béton de roulement	Intrinsèques des gravillons	Code C	Code B
	De fabrication des gravillons	Code III bis	
	De fabrication des sables	Code a bis	

1) Classe T3 moins de 150 PL/jour et par sens.

Il est possible d'utiliser des granulats ayant des caractéristiques inférieures aux spécifications minimales requises pour couche de roulement, sous réserve que l'une des fractions des gravillons, présente dans la composition du béton respecte ces exigences et que cette fraction granulaire soit d'au moins 450 kg de matériaux par mètre cube de béton.

1.2 Le béton routier

1.2.6 L'EAU - La norme NF EN 1008

Elle définit :

- Les prescriptions pour l'eau convenant à la production de béton
- Les méthodes pour apprécier son aptitude à l'emploi
- Les différents types d'eaux et leur aptitude à l'emploi
- Les matières en suspension (débris végétaux, hydrocarbures) < 2 g/l
- Les sels dissous : sulfates chlorures < 15 g/l
- Les matières organiques : eaux stagnantes, résiduaires = à proscrire

NB - L'eau potable convient.



1.2 Le béton routier

1.2.6 L'EAU – Les fonctions

L'eau est nécessaire :

- à l'hydratation du ciment
- au développement des résistances mécaniques

Quantité d'eau au m³ de béton :

- Dosage minimum nécessaire : $E = 0,25 C$
- Dosage courant : $E = 0,50 C$

L'excès d'eau dans la formule sert à l'amélioration de la maniabilité :

- Mouillage des granulats
- Écoulement
- Facilité de mise en œuvre
- Transport de l'adjuvant

1.2 Le béton routier

1.2.7 LES COMPOSANTS

Granulats de code correspondant à l'emploi (XP P 18 545) :

- sable 0/4
- gravillons 4/10, 4/14 ou 4/20 (le choix du gravillon est fonction du trafic)

Ciment

Eau (en veillant à limiter la quantité)

Adjuvant « entraîneur d'air »

Dosé entre 0,02 et 0,2 % du poids du ciment (obligatoire du fait de l'exposition au gel)

Adjuvant « plastifiant »

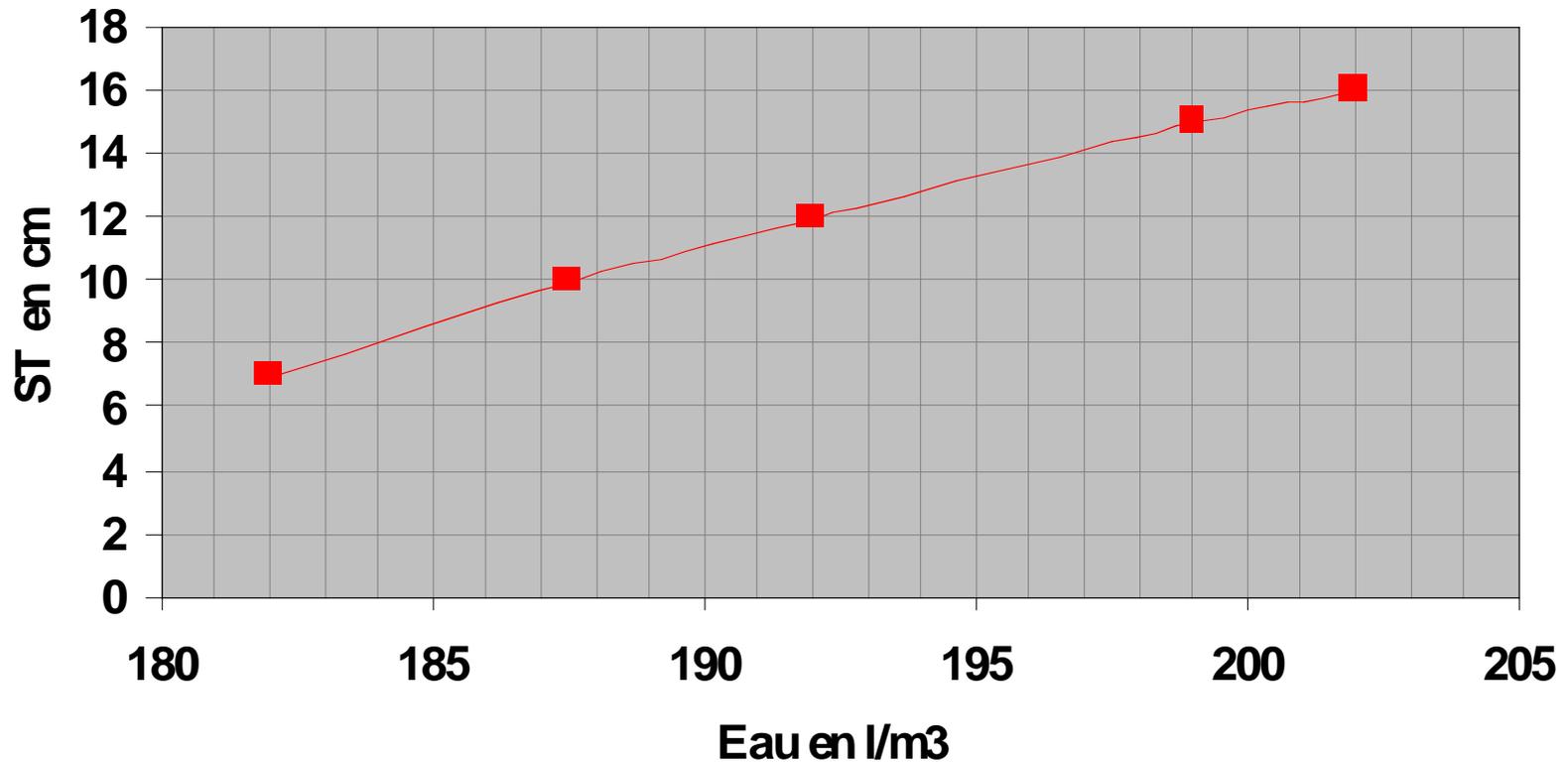
Dosé entre 0,3 et 0,4 % du poids du ciment (nécessaire du fait de la limitation de la quantité d'eau)

Éventuellement : d'autres adjuvants et un colorant

1.2 Le béton routier

1.2.7 LES COMPOSANTS

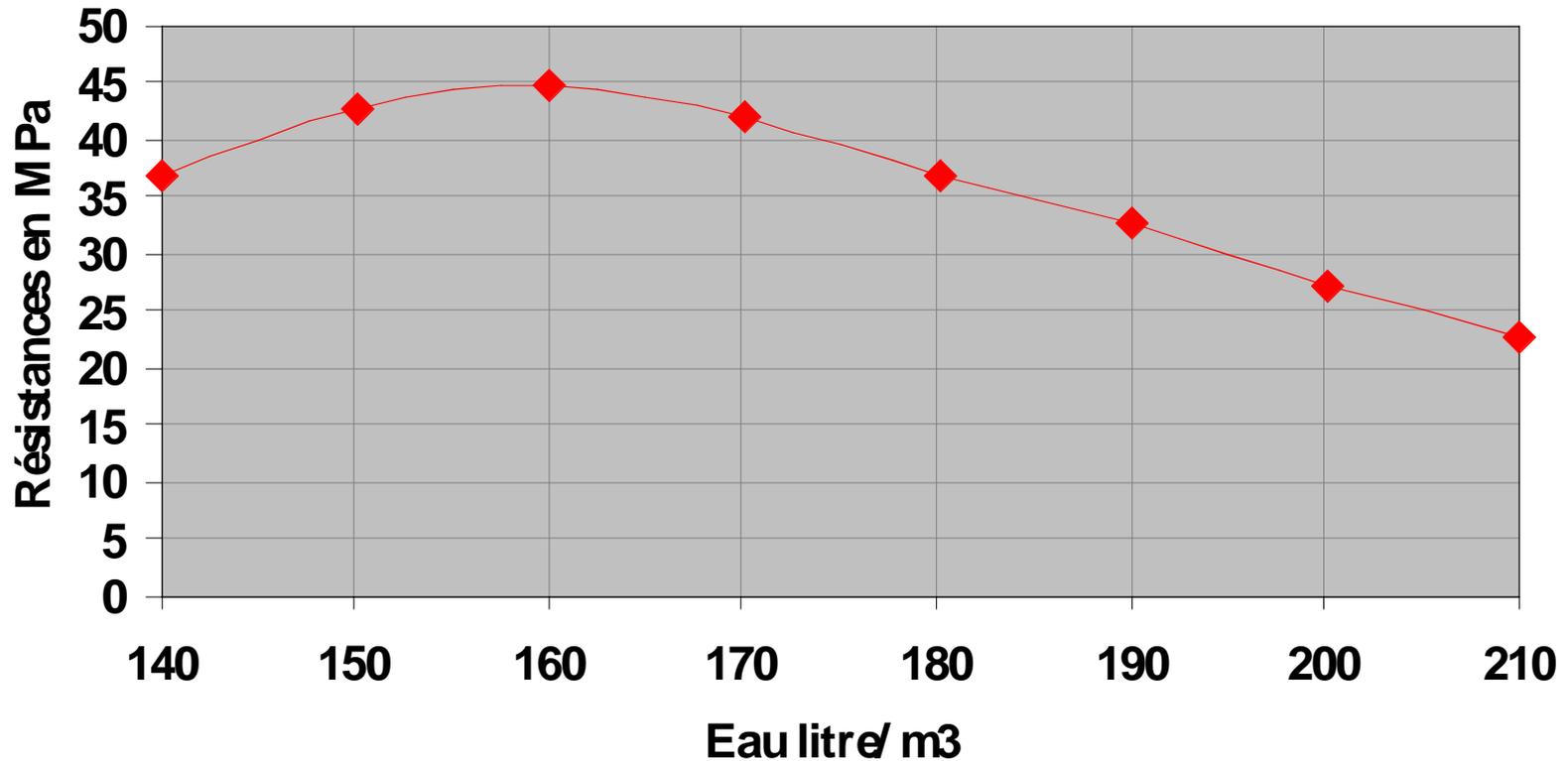
INFLUENCE DU DOSAGE EN EAU SUR LA MANIABILITÉ



1.2 Le béton routier

1.2.7 COMPOSANTS

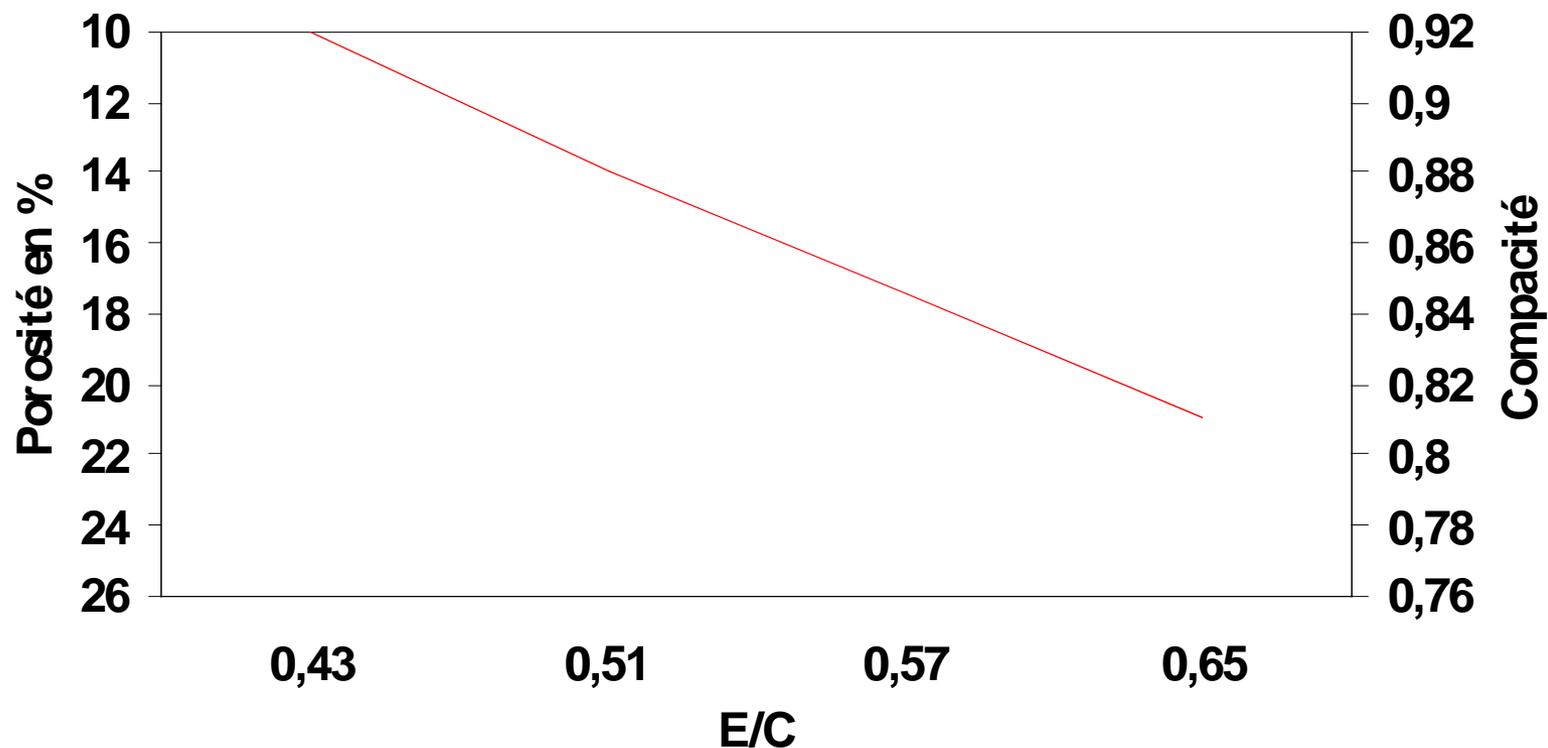
INFLUENCE DU DOSAGE EN EAU SUR LA RÉSISTANCE DU BÉTON



1.2 Le béton routier

1.2.7 COMPOSANTS

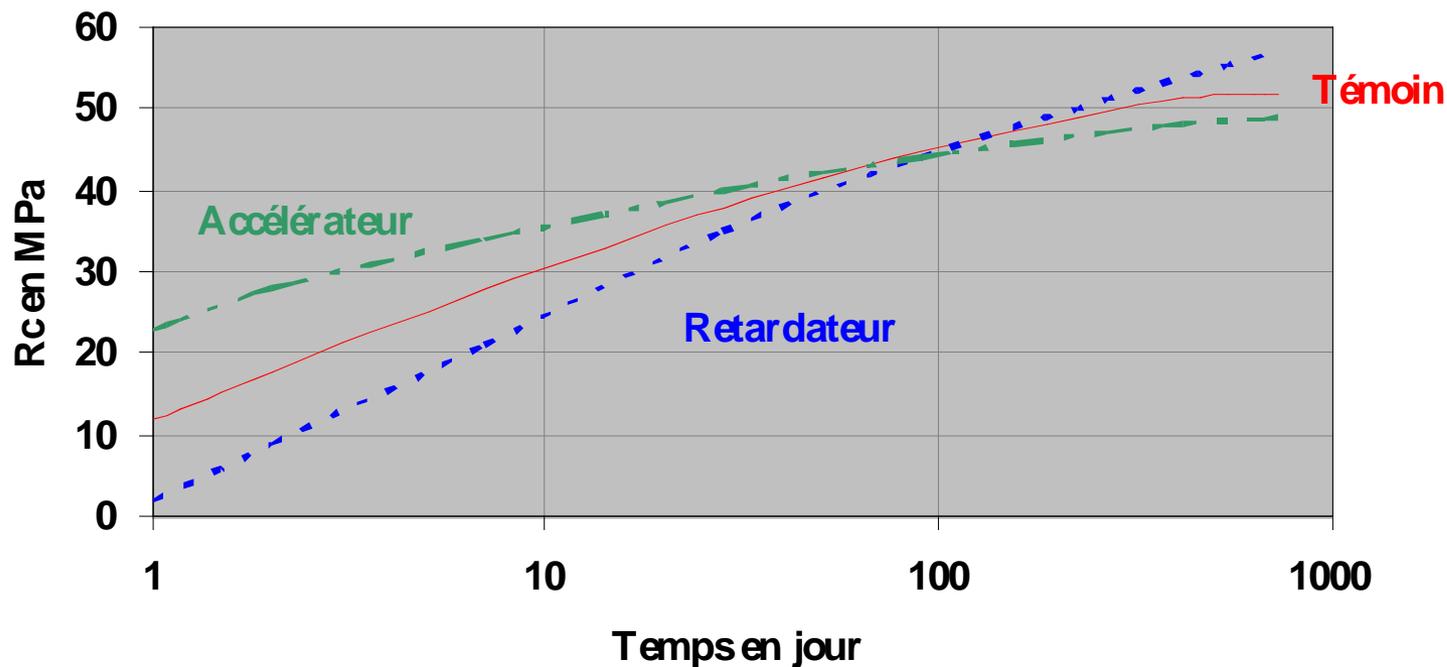
INFLUENCE DU DOSAGE EN EAU SUR LA COMPACTITÉ DU BÉTON



1.2 Le béton routier

1.2.7 COMPOSANTS

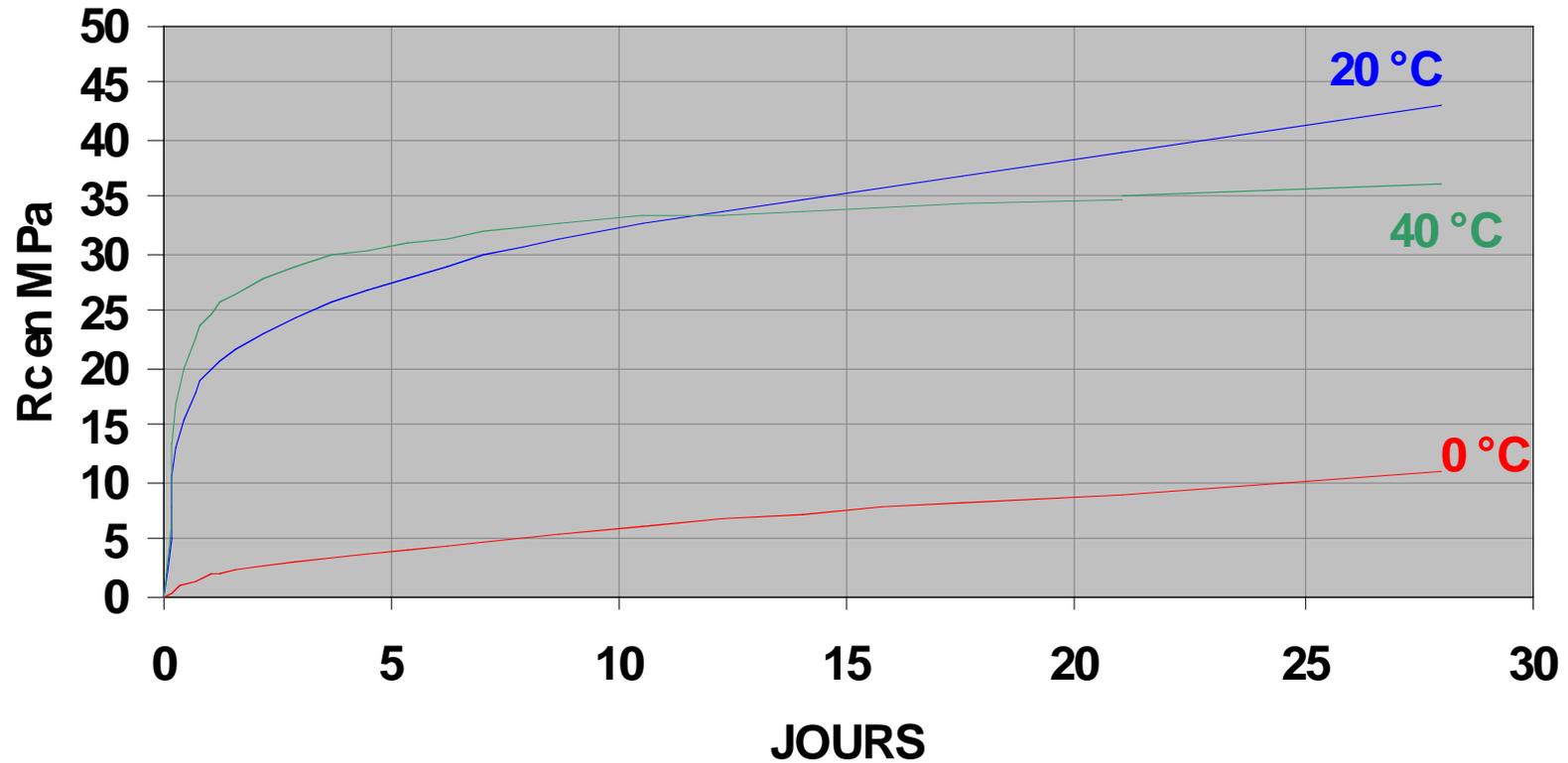
INFLUENCE DES ADJUVANTS SUR LES RÉSISTANCES MÉCANIQUES DU BÉTON



1.2 Le béton routier

1.2.7 COMPOSANTS

INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE SUR LE DURCISSEMENT DU BÉTON



1.2 Le béton routier

1.2.7 COMPOSANTS

INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE SUR LE TEMPS DE PRISE DU BÉTON

