BETONS POUR INFRASTRUCTURES ROUTIERES

Bétons (Routiers)

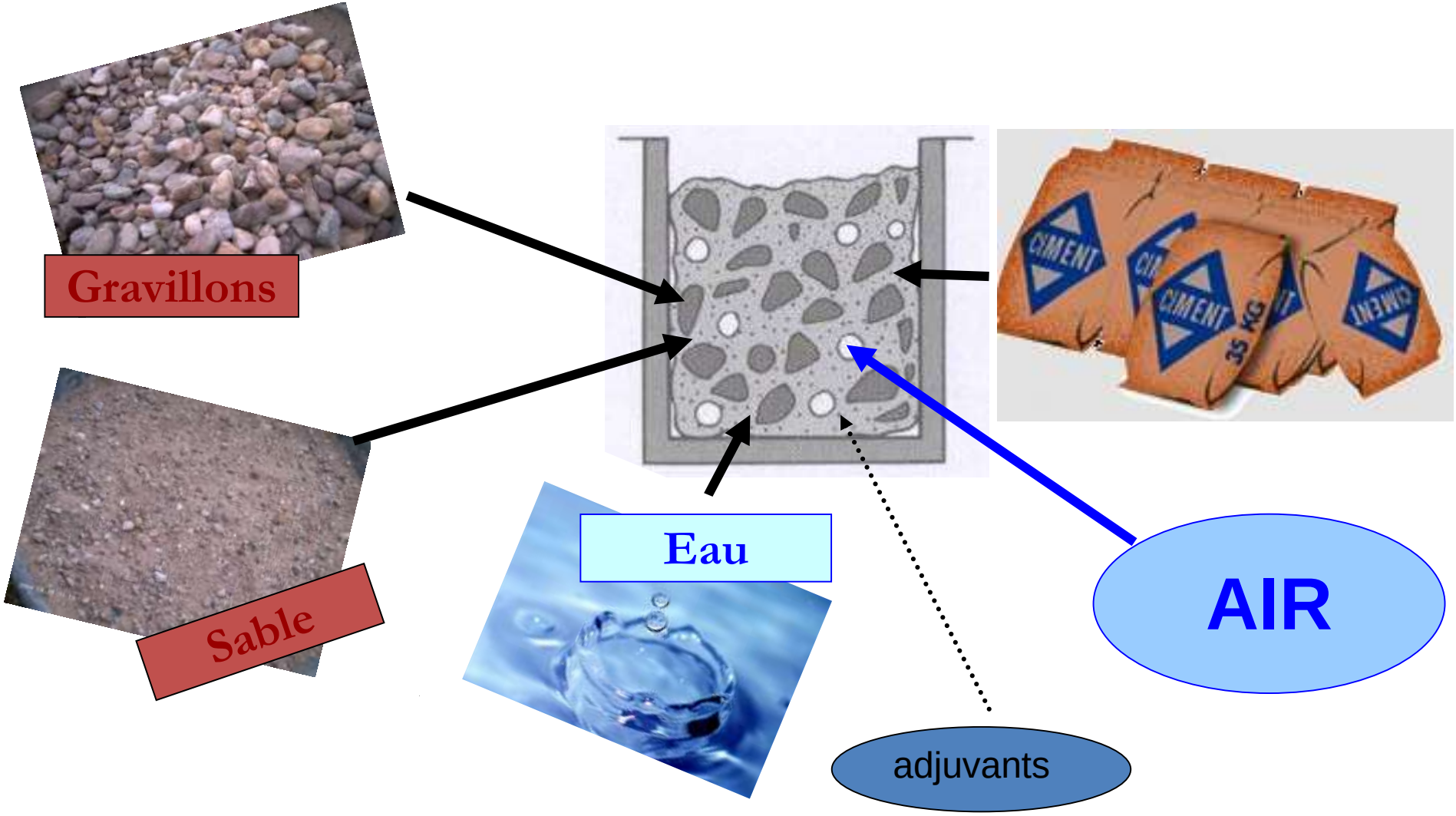
Du comportement du matériau à la norme EN 206

Pr Nicolas Burlion
Polytech Lille, Université de Lille, LaMcube

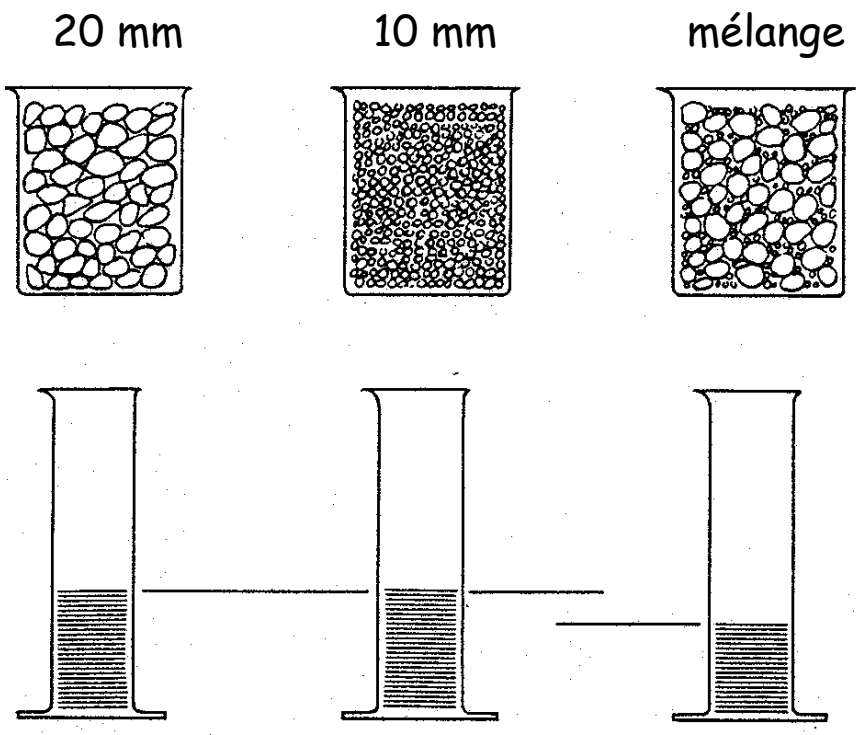
Plan

- Béton ?
  - Définition, composition
  - Fonctions
- Conséquences pratiques : NF EN 206/CN
  - classes mécaniques
  - classes d'exposition
- Adjuvants et Fibres.

- Béton : qu’est-ce que c’est ?



• Principe de Formulation



Mélange optimisé : volume des vides diminué, volume de pâte minimisé

Ciment
7 à 14% du volume

+

Eau
14 à 22% du volume

+

Granulats
60 à 70% du volume

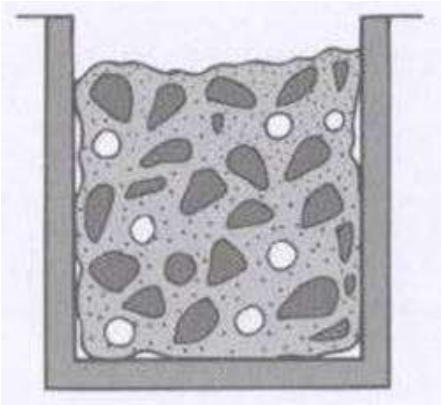
+

Adjuvant
inférieur à 2% du volume

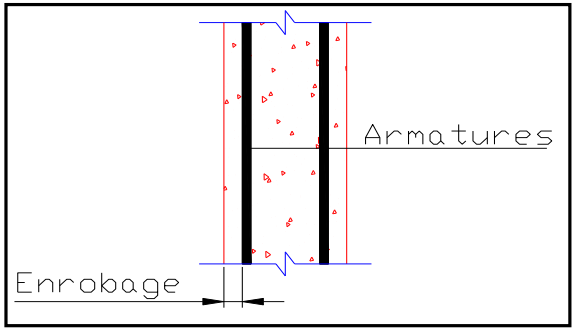
+

Air
1 à 6% du volume

Béton : Objectifs fonctionnels

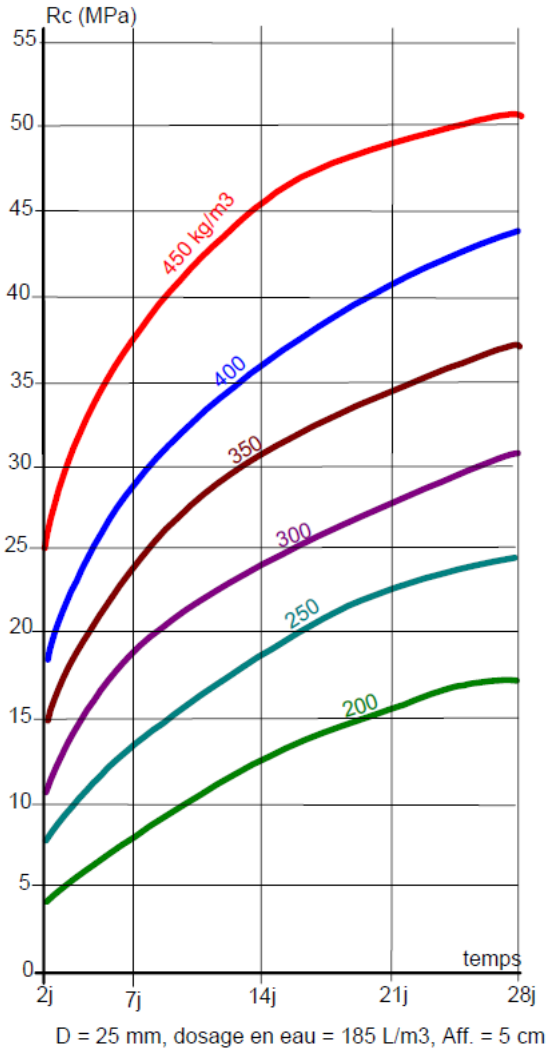


- Gravillons + sables : squelette granulaire
  - Résistant (BO et BHP)
  - Bon marché (si disponible localement)
- Liant hydraulique :
  - Evolution rhéologique (ouvrabilité et thixotropie)
  - Cohésion mécanique (prise et durcissement)
  - Elasticité, résistances (traction, compression, cisaillement)
  - Matériau poreux insaturé
  - Stabilité chimique
  - Durabilité (B, BA/BP, méca, chimie, etc…)
    - Retraits, Fluages
    - Carbonatation atmosphérique
    - Attaques physico-chimiques diverses (endogènes ou exogènes)

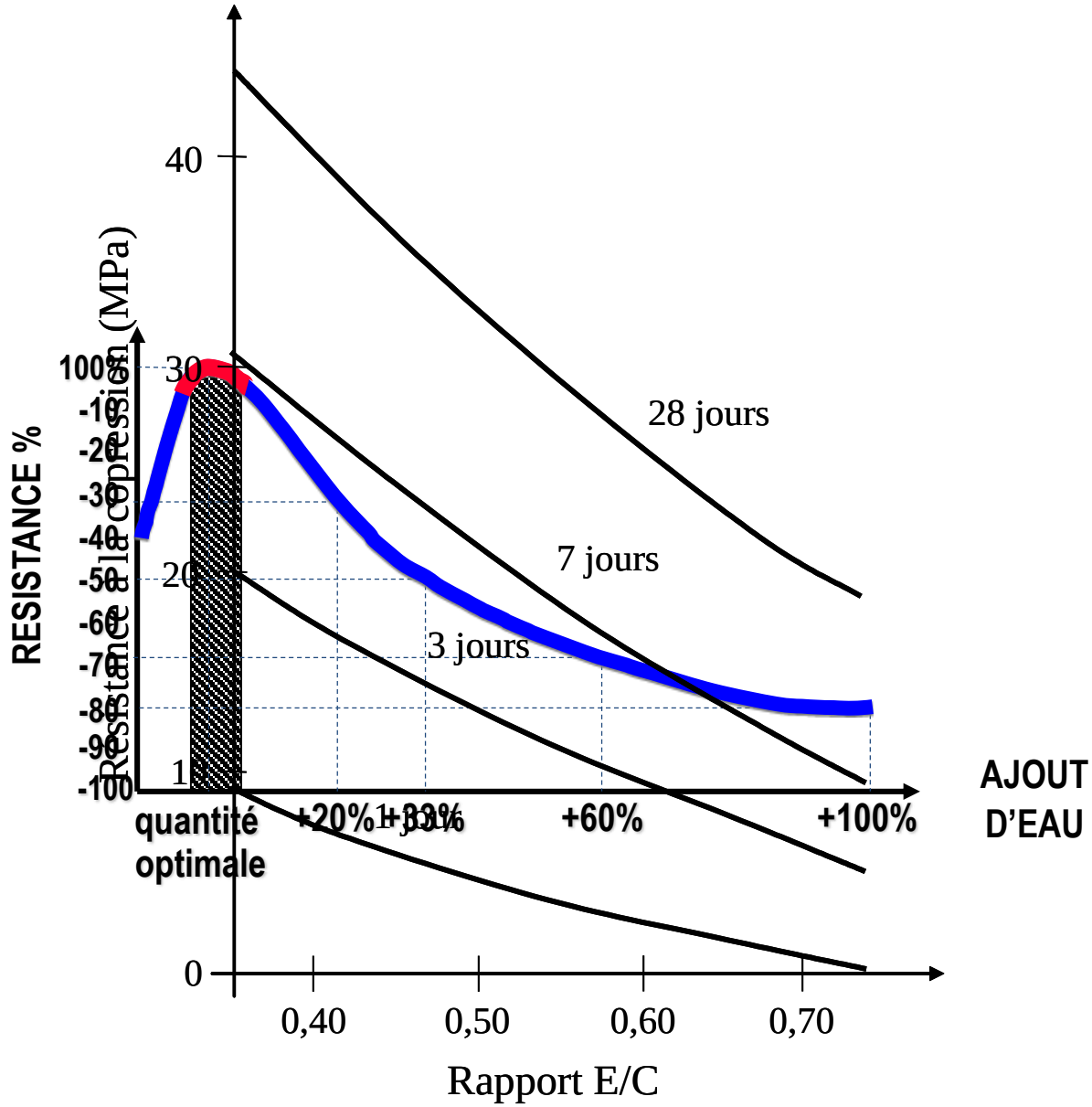


➡ Matériau hétérogène poreux et vieillissant

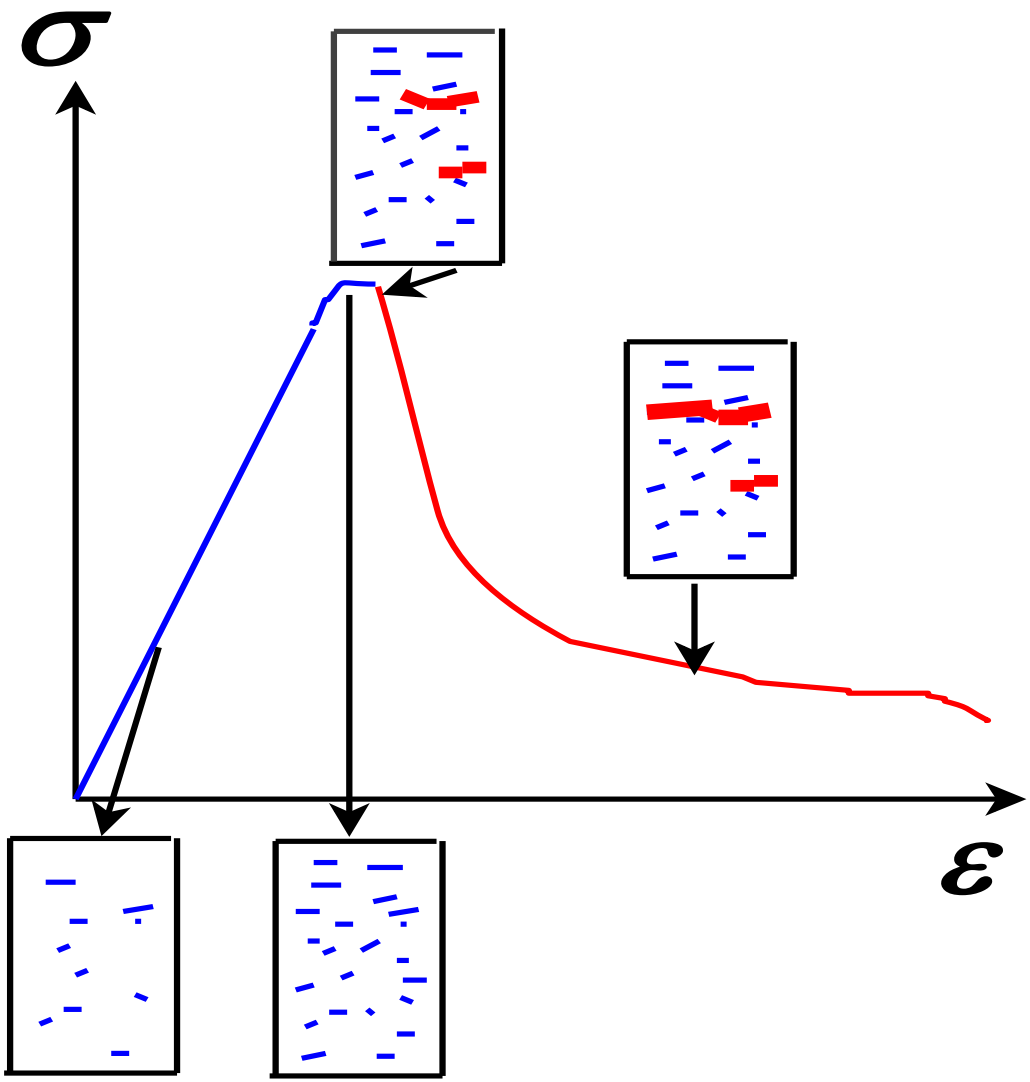
• Résistances : cas de la compression



Résistance à la compression Rc jusqu'à 28j de bétons dosés de 200 à 450 kg/m3



Résistances : cas de la traction



Rôle de l'eau

- Permettre l'**hydratation** de la pâte de ciment.

« POUR HYDRATER 100 KG DE CIMENT SEULEMENT 25 L D'EAU SONT NÉCESSAIRES »

E/C =0,5…….DESSICCATION

- Saturation/Mouillage des granulats pour que la pâte de ciment puisse y adhérer (attention au défauts d'hydratation locaux)

- Favoriser l'ouvrabilité du béton (essai slump-test, essai d'étalement).

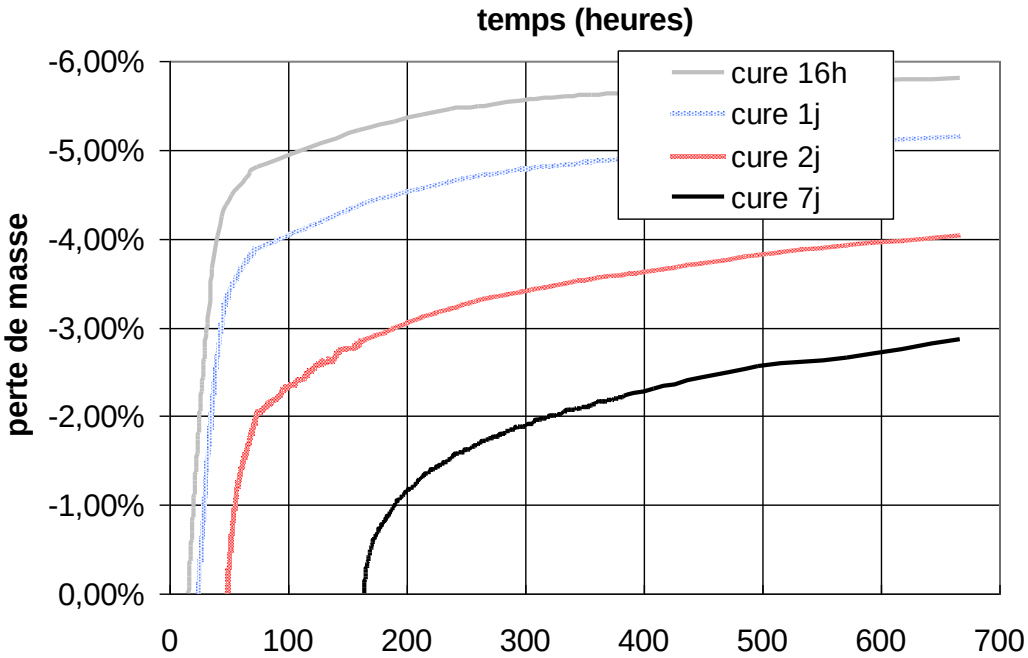
$$\frac{\text{Eau eff}}{\text{Liant}}$$

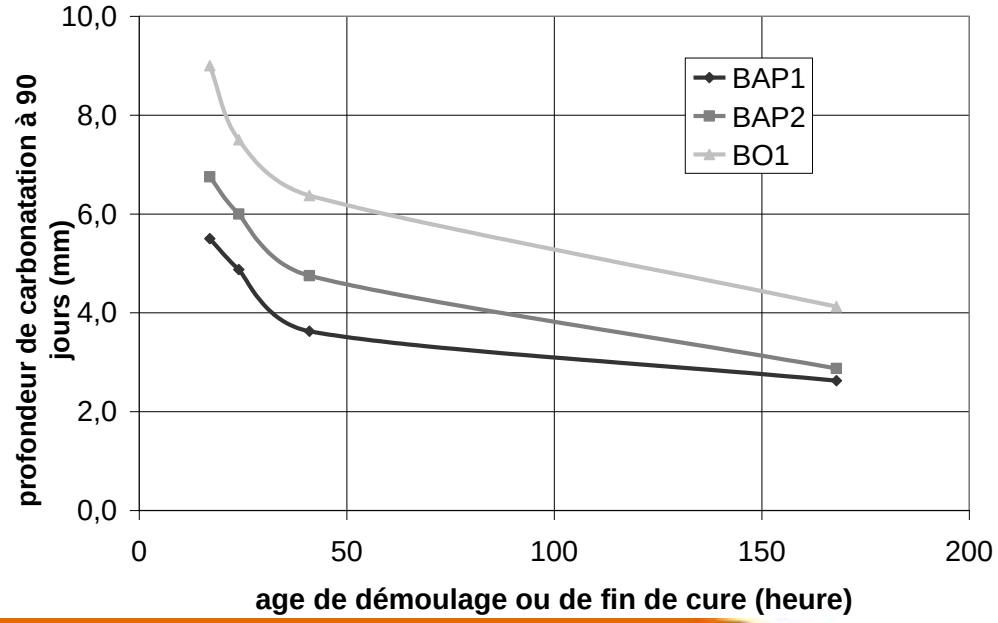
influe sur

- **Résistance mécanique**
- **Porosité, transport**
- **Ouvrabilité**

- « Agressions » mécaniques et environnementales
- Mais….
  - Niveau minimal de sécurité à garantir par le législateur
  - **Durabilité** sur de très grandes périodes de temps
    - Elasticité (pas d'endommagement)
    - Tenue Mécanique … Résistances (Traction – Compression - Cisaillement)
    - Gel/dégel
    - Carbonatation
    - Attaques acides…
  - Rôle clef de la mise en œuvre (exemples)
    - Cure
      - Garantir l'hydratation en surface => résistance en traction, perméabilité
    - Vibration
      - Garantir une compacité optimale du mélange granulaire
      - Rhéologie adaptée (thixotropie)
      - Evacuation du surplus d'air entrainé au moment du malaxage

• Cure





[Devillers & Cussigh, 2007]

- Vibration

- EN 206-1

Comment **garantir la durabilité** d'un matériau hétérogène poreux vieillissant et variable sous des conditions de **sollicitations THMC complexes et variables** ?

Recommandations et exigences relative à

- la composition du béton
- certaines de ses propriétés en fonction de la nature de l'agression
- aux propriétés du béton frais et durci, sa mise en œuvre
- la durabilité des ouvrages et les exigences de sécurité à long terme
- avec des compléments nationaux (CN)

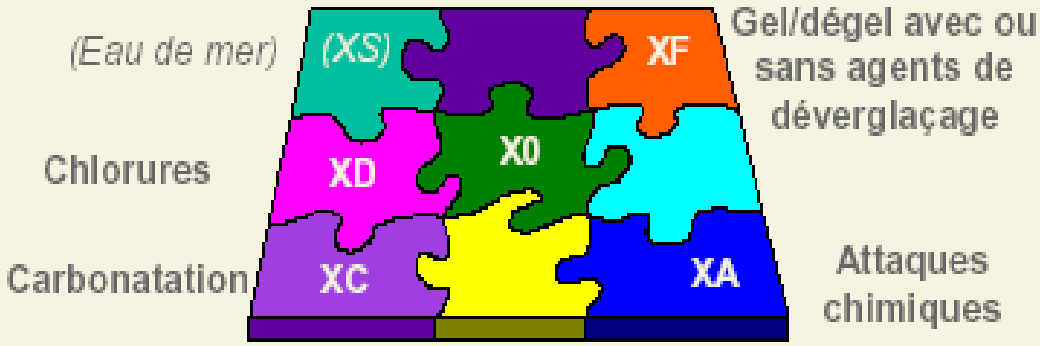
Notions de classes d'exposition : analyse de risque

Spécification du béton en fonction de son utilisation

Description d'un béton à propriétés spécifiées

C 30/37	XC4 XF1 (L)	F3	D_{max} = 22	Béton armé
Classe de résistance à la compression	Classes d'exposition	Classe de consistance	Dimension max. nom. du granulat	Autres prescriptions
C	X	F	D	P

Corrosion des armatures **Attaque du béton**

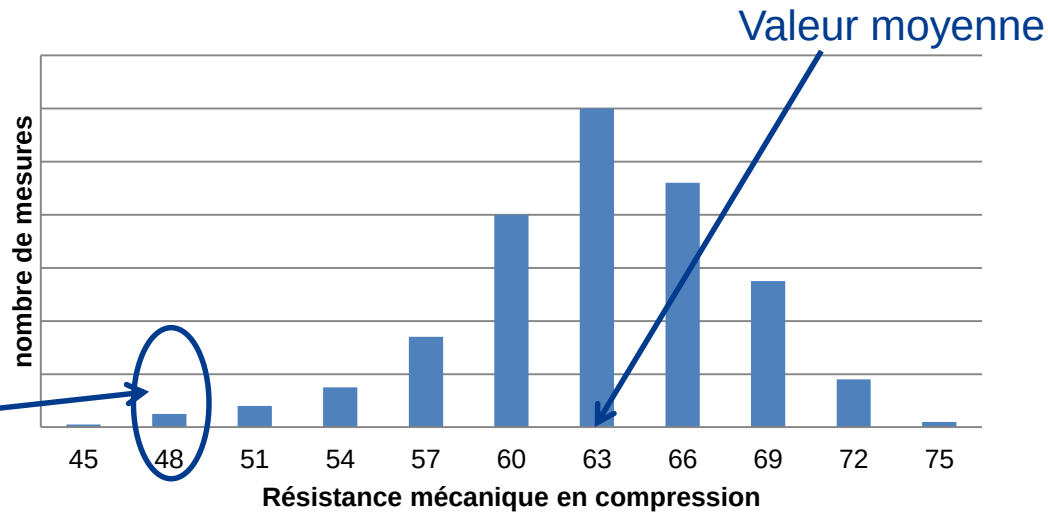


Classes de Résistances (EN 206-1/CN)

Classe	Résistance caractéristique minimale sur cylindre MPa	Résistance caractéristique minimale sur cube MPa	Module d'élasticité moyen GPa
C12/15	12	15	27
C16/20	16	20	29
C20/25	20	25	30
C25/30	25	30	31
C30/37	30	37	33
C35/45	35	45	34
C40/50	40	50	35
C45/55	45	55	36
C50/60	50	60	37
C55/67	55	67	38
C60/75	60	75	39
C70/85	70	85	41
C80/95	80	95	42
C90/105	90	105	44

Mesures normalisées (EN 12390 et EN 206-1)

- Sur cylindre
  - élancement = 2
  - ϕ16 cm x 32 cm
  - ϕ11 cm x 22 cm (si D_{max} < 22,4 mm)
- Sur cube
  - élancement = 1
  - cubes de 10 cm d'arrête



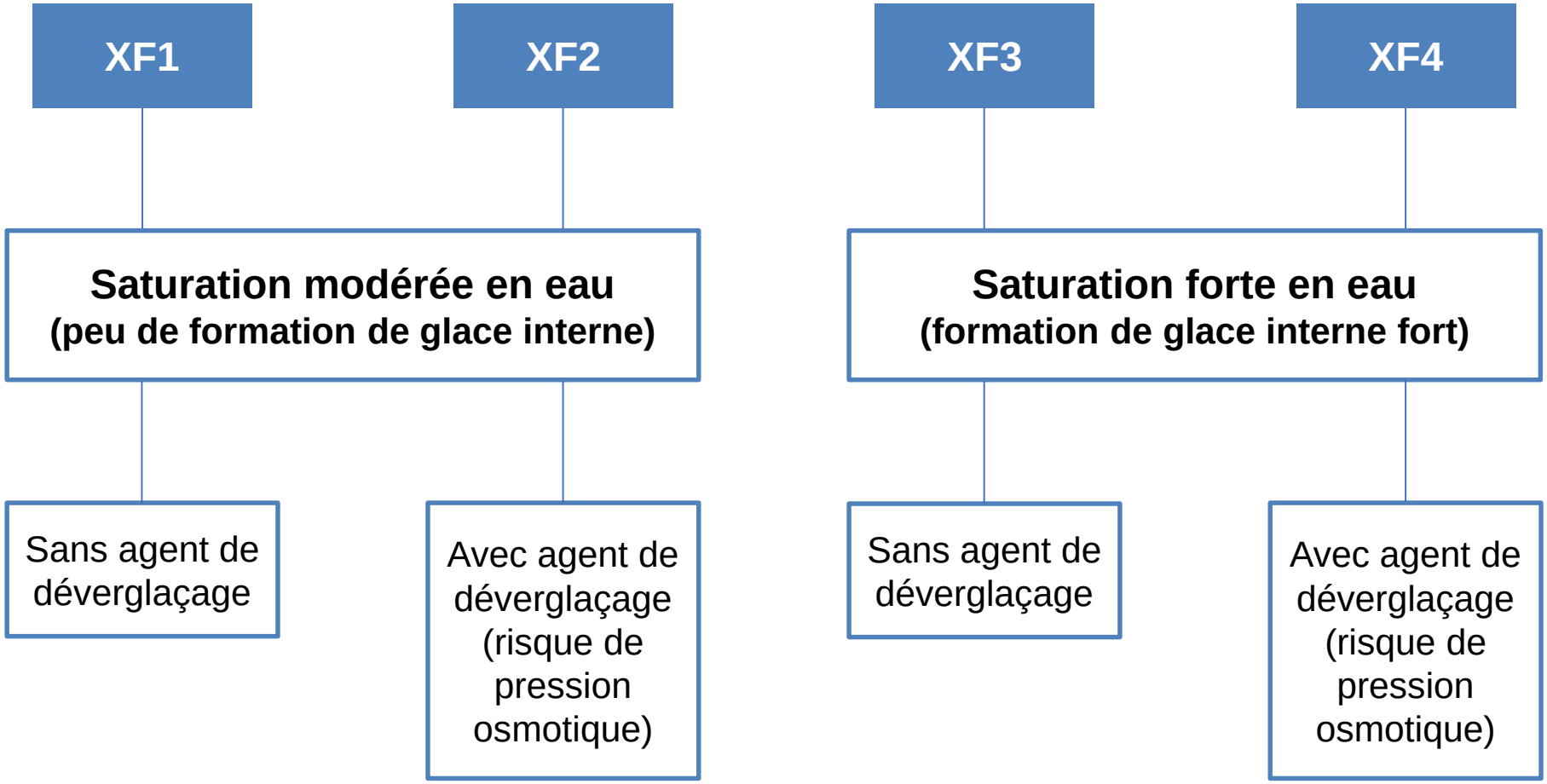
Valeur caractéristique

Classes d'exposition

Classes d'exposition (EN 206-1) : vont imposer des exigences sur la nature des ciments (type de ciment, nature des ajouts minéraux et dosages, …) et des granulats, les dosages en ciment et en eau, les enrobages des armatures en aciers, les propriétés physiques des bétons, …

Aucun risque	X0
Prise en compte des conditions climatiques	Attaque gel/dégel avec ou sans agents de déverglaçage XF1 à XF4
Prise en compte de la localisation géographique	Corrosion induite par les ions chlorure d'origine marine XS1 à XS3
Prise en compte de l'exposition à l'air et l'humidité	Corrosion induite par la carbonatation XC1 à XC4
Prise en compte de l'action des chlorures d'origine autre que marine	Corrosion induite par les ions chlorure d'origine autre que marine XS1 à XS3
Prise en compte du contact avec le sol et des eaux de surface ou souterraines	Attaques chimiques XA1 à XA3

Exemple : le Gel/Dégel => classe d'exposition XF



Réglementation

- Les niveaux de gel

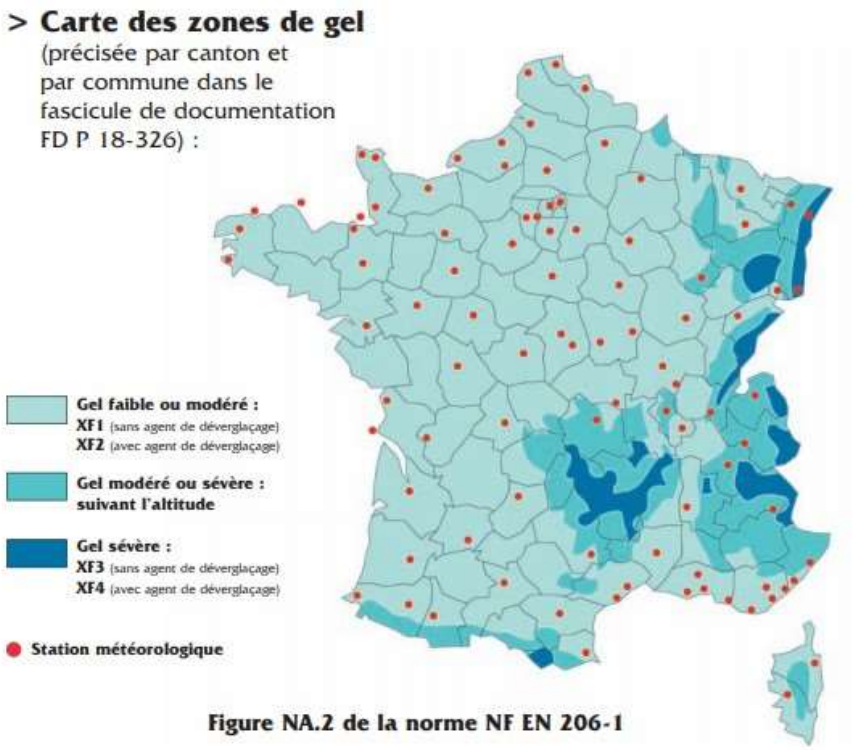
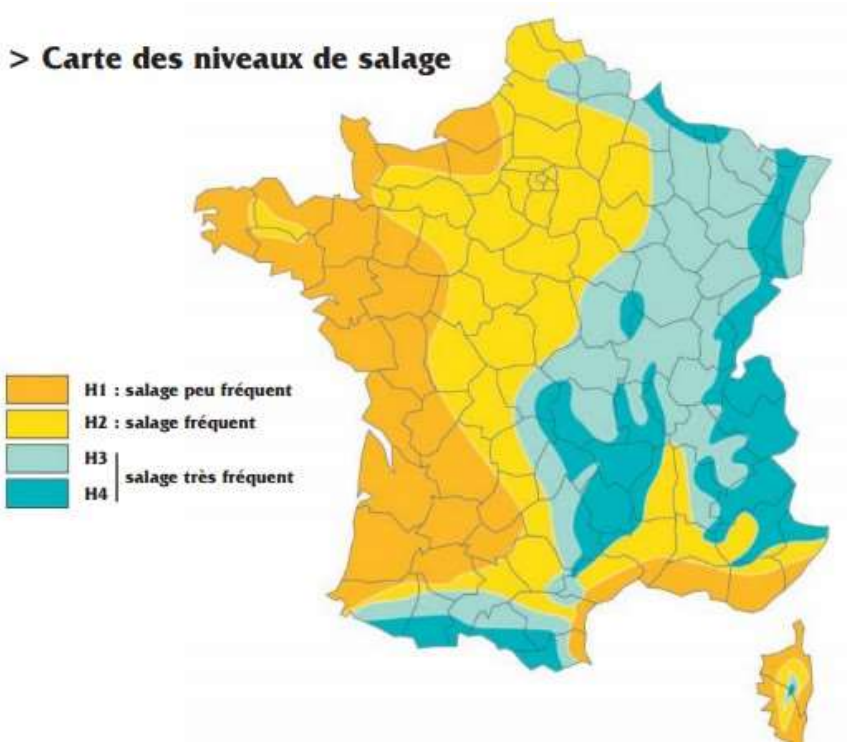


Figure NA.2 de la norme NF EN 206-1

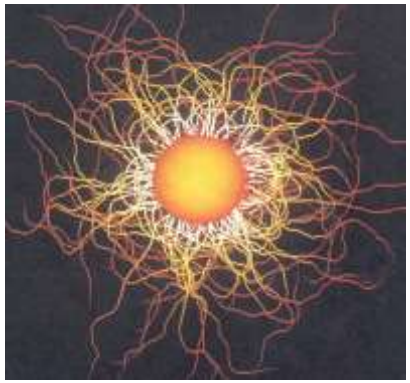
- Les niveaux de salage



Gel/ Dégel : exemple de prescription

EN 206/CN (extrait)	XF1	XF2	XF3	XF4
Rapport Eeff/liant éq maximal	0.6	0.55	0.55	0.45
Classe de résistance minimale	C25/30	C25/30	C30/37	C30/37
Teneur mini en liant éq (kg/m³)	280	300	315	340
Teneur minimale en air (%)	-	4	4	4

Les principales familles d'adjuvants



Adjuvants modificateurs de l'**ouvrabilité** du béton : défloculation

- Plastifiants - Réducteurs d'eau
- Superplastifiants - Haut réducteurs d'eau…

Adjuvants modificateurs de **prise** et de **durcissement** du béton

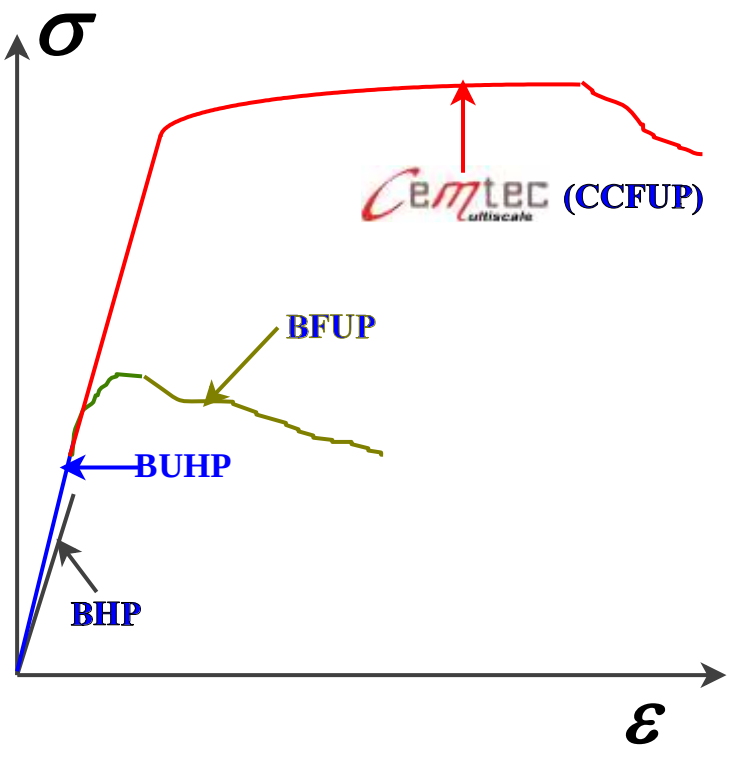
- Accélérateurs de prise
- Accélérateurs de durcissement
- Retardateurs de prise

Autres catégories normalisées d'adjuvants

- Hydrofuges de masse
- Entraîneurs d'air
- Rétenteurs d'eau (limiteur de ressuage)
- Pigments

Fibres

- Augmentation de la ductilité post-pic
- « couture » des micro/méso fissures



- Matériaux utilisés : métaux, polypropylènes, synthétiques

- Très intéressant pour les « grandes surfaces » exposées à la dessiccation
- Mise en œuvre parfois compliquée

Conclusions

- Béton hydraulique : matériau avec de nombreux atouts
- Durabilité réelle si :
  - La conception est soignée
  - La mise en ouvre est irréprochable
  - L'évolution des sollicitations THMC est relativement faible

- Contexte normatif « serré »
- Ne pas se focaliser que sur la résistance en compression…
- Approche performantielle de la durabilité

Des questions ?

Merci pour votre attention !