

Matériau béton et préfabrication
Bardage en BFUP «Flon Pépinières»

Journée BETONSUISSE 2018
Aude Chabrelié

CREABETON
SOLUTIONS PAR PASSION



Creabéton Matériaux SA



8'500 collaborateurs



1'100 collaborateurs



400 collaborateurs



Creabéton Matériaux SA



SOLUTIONS PAR PASSION
LÖSUNGEN AUS LEIDENSCHAFT

Partenaire technique pour toutes vos réalisations en béton!

■ Applications (marchés)

-  Traitement des eaux
-  Chemins de fer & Energie
-  Constructions spéciales
-  Génie civil
-  Aménagements extérieurs
-  Bâtiment



■ Notre force: notre know-how technique

3 carrières, plus de 20 unités de production, plus de 22 millions de pièces/an
Matières premières → Fabrication → Stockage → Transport → Pose
400 collaborateurs dont plus de 300 techniciens: production, conseil, technologie
2 visages de la préfabrication: cadence et sur-mesure



Le béton

Du ciment naturel au ciment industriel

■ Histoire

1^{er} siècle avt. JC: le ciment romain naturel

1817: le ciment industriel avec Louis Joseph Vicat



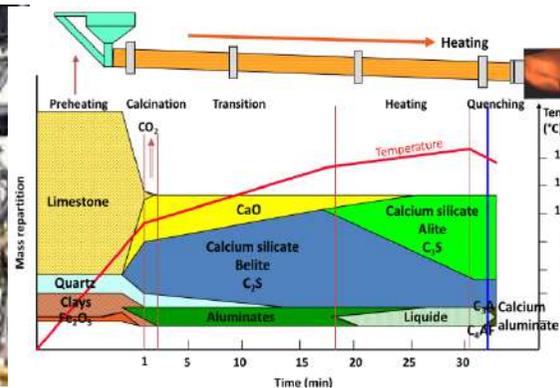
■ Production industrielle

Argile + calcaire → Calcination à 1450°C → Broyage + ajout de gypse → Ciment

silicium calcium
aluminium

transformation chimique

silicates de calcium
aluminates de calcium



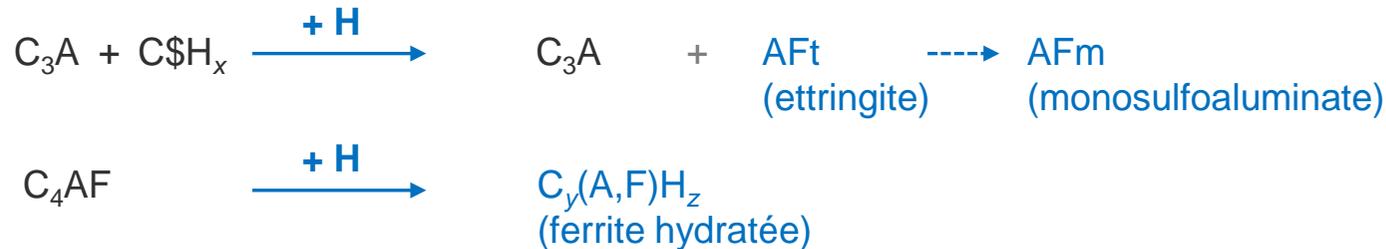
Du ciment au béton

- **Ciment + eau = Liant (colle)**
Réaction chimique (hydratation)

Silicates de calcium



Silicates d'aluminium

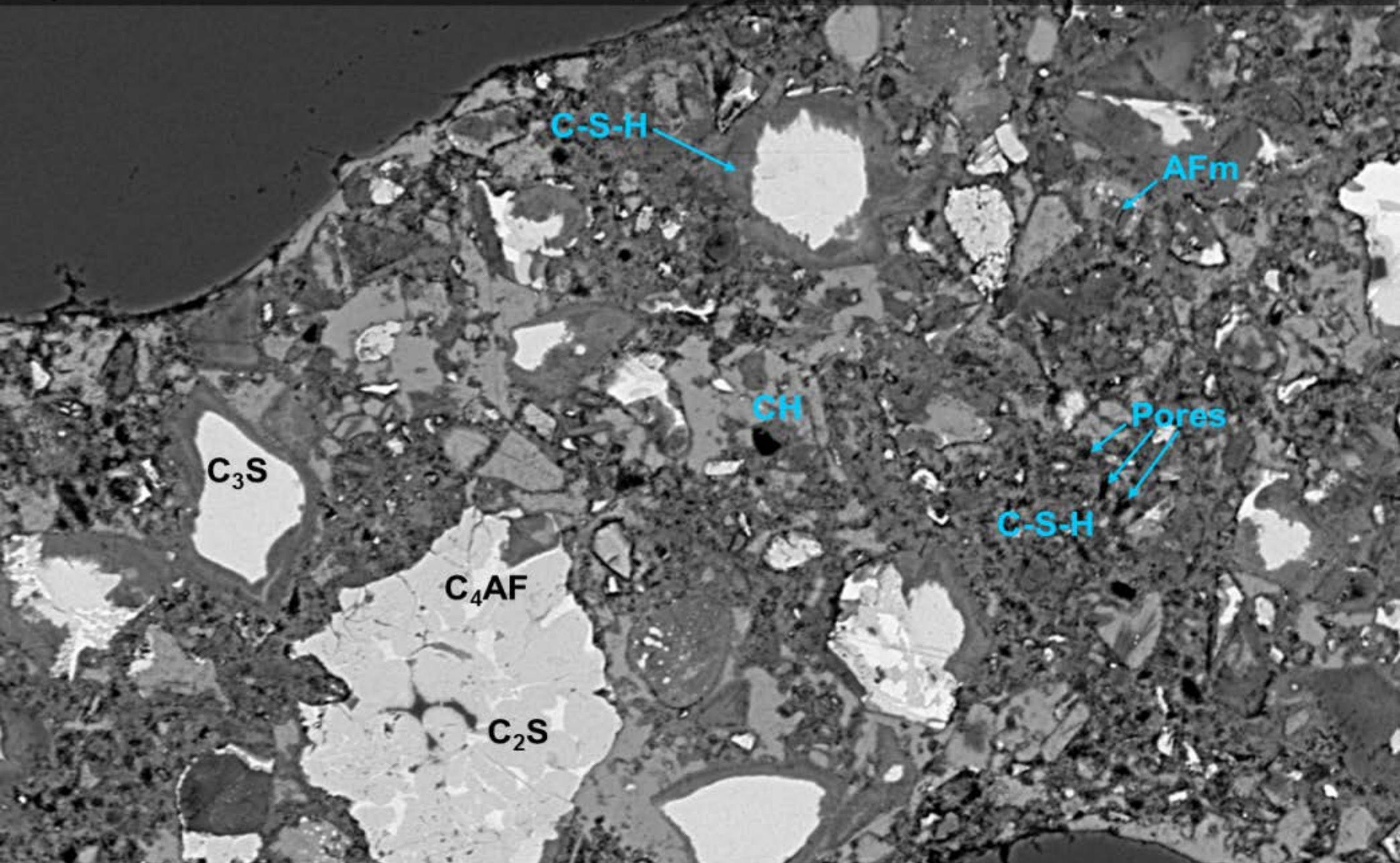


Notation cimentaires:

A: Al_2O_3 H: H_2O
C: CaO \$: SO_3
S: SiO_2 F: Fe_2O_3

- **Béton = Ciment + sable + granulats + eau = Sable et granulats liés/cimentés**

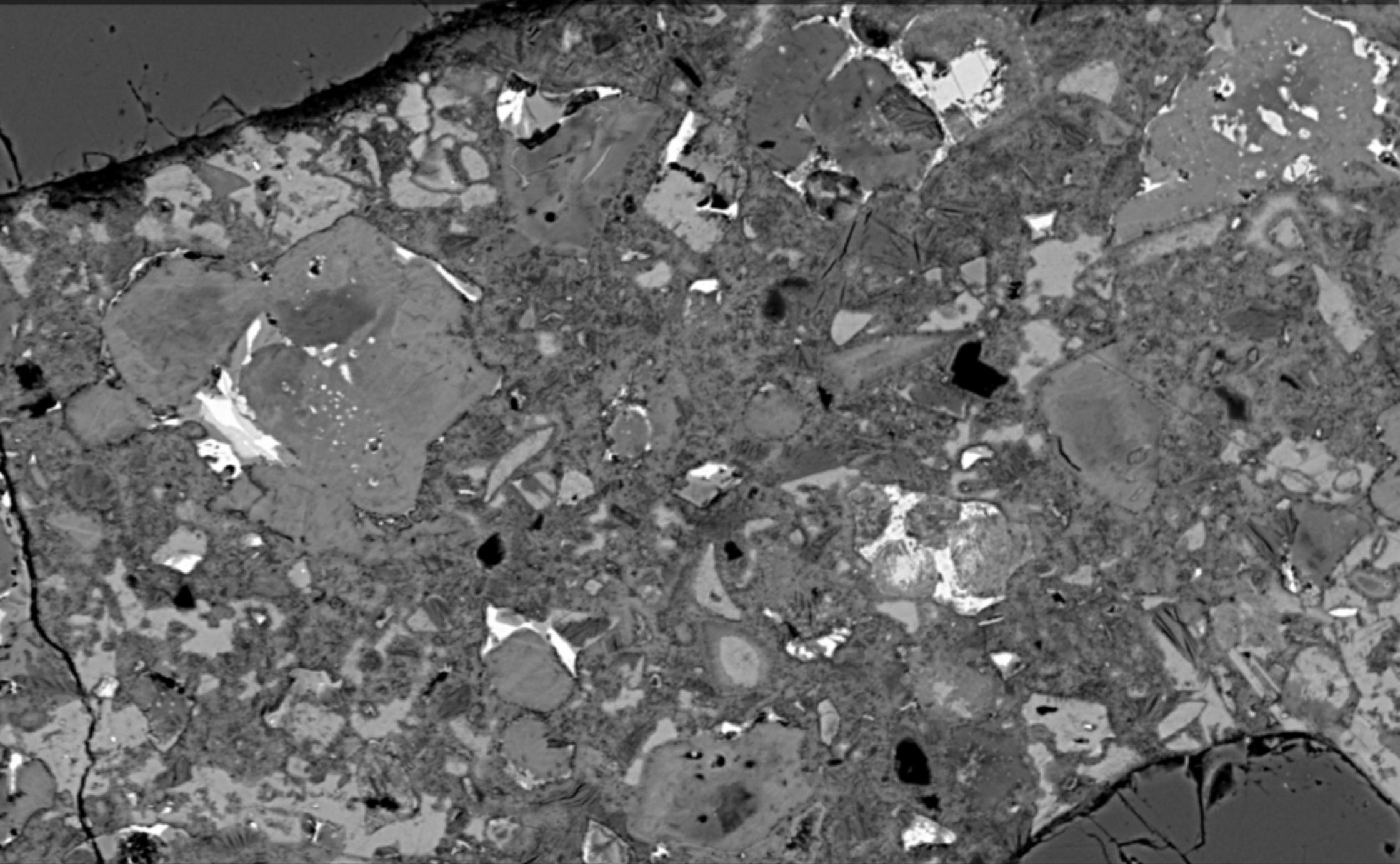
Microstructure d'un béton Portland après 28 jours d'hydratation



[Aude Chabrelie, EPFL, 2009]

50 μm

Microstructure d'un béton Portland après 1 an d'hydratation

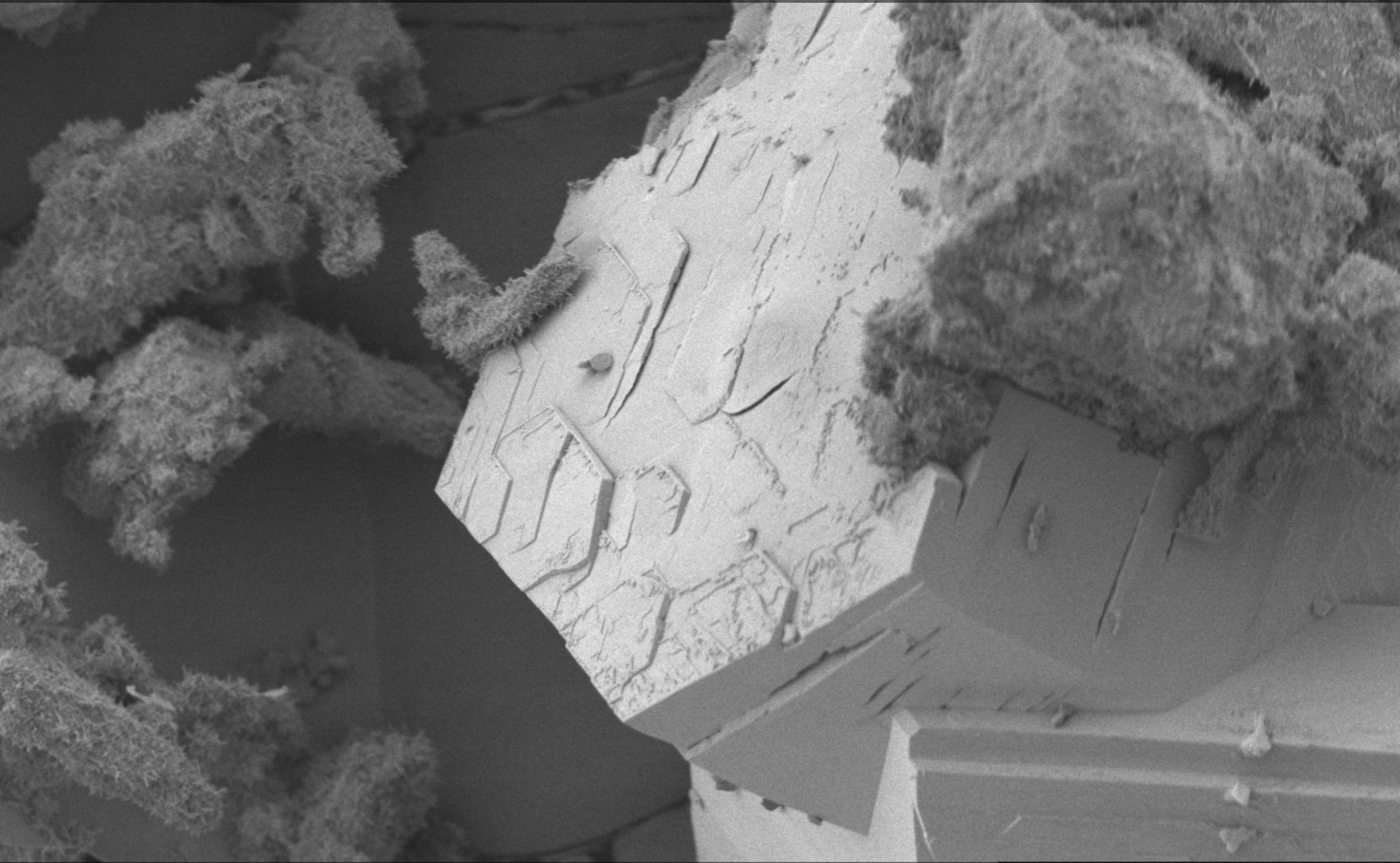


[Aude Chabrelie, EPFL, 2009]

50 μm



CH (Portlandite)

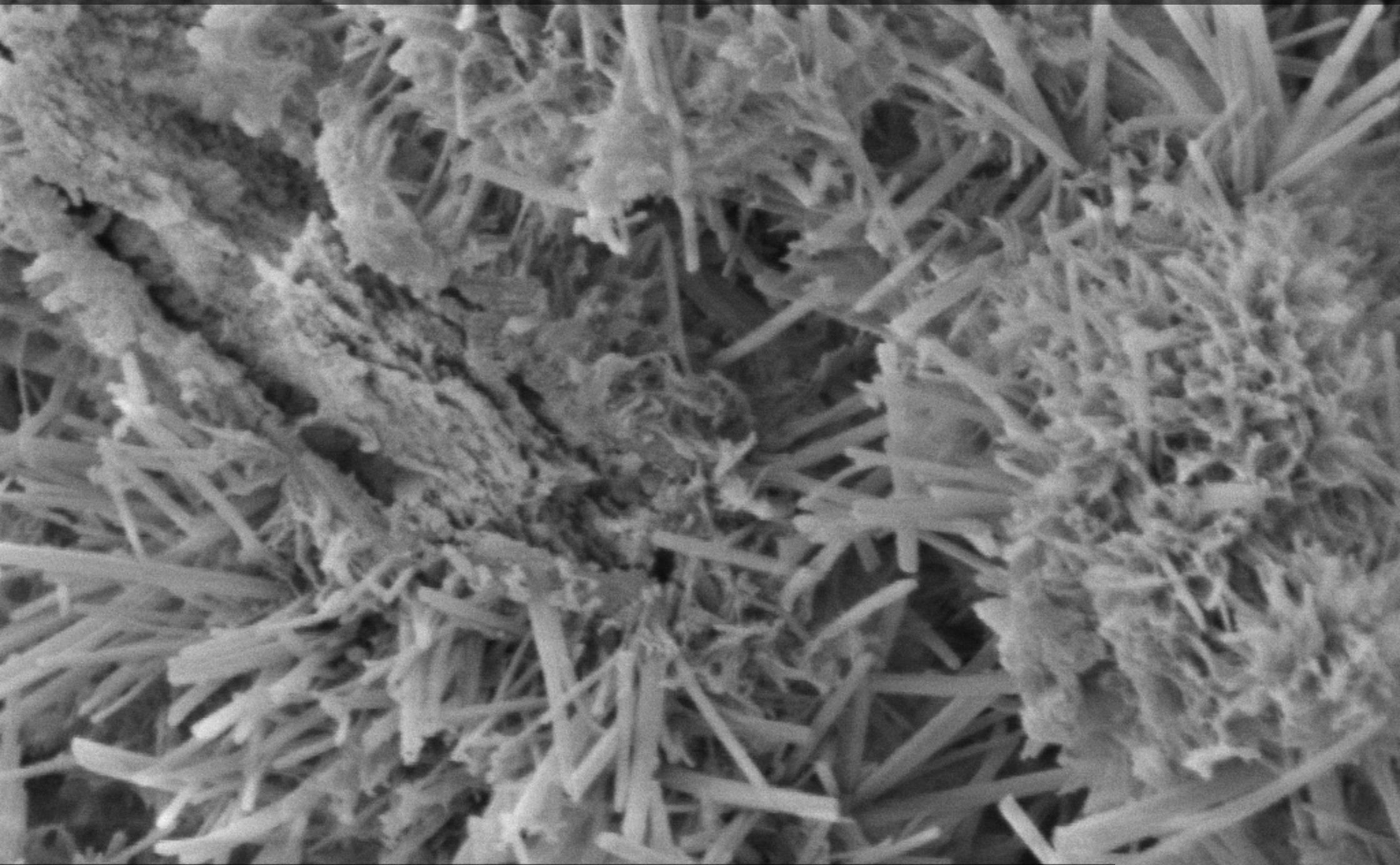


[Vanessa Kocaba, EPFL, 2009]

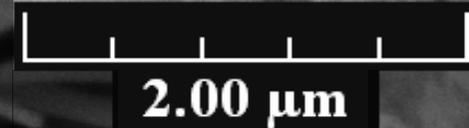


20.0 μm

C-S-H (silicate de calcium hydraté)



[Vanessa Kocaba, EPFL, 2009]

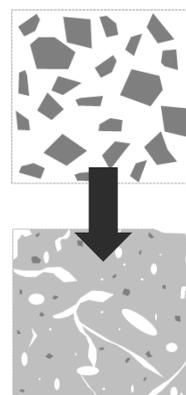
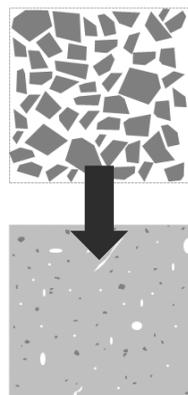
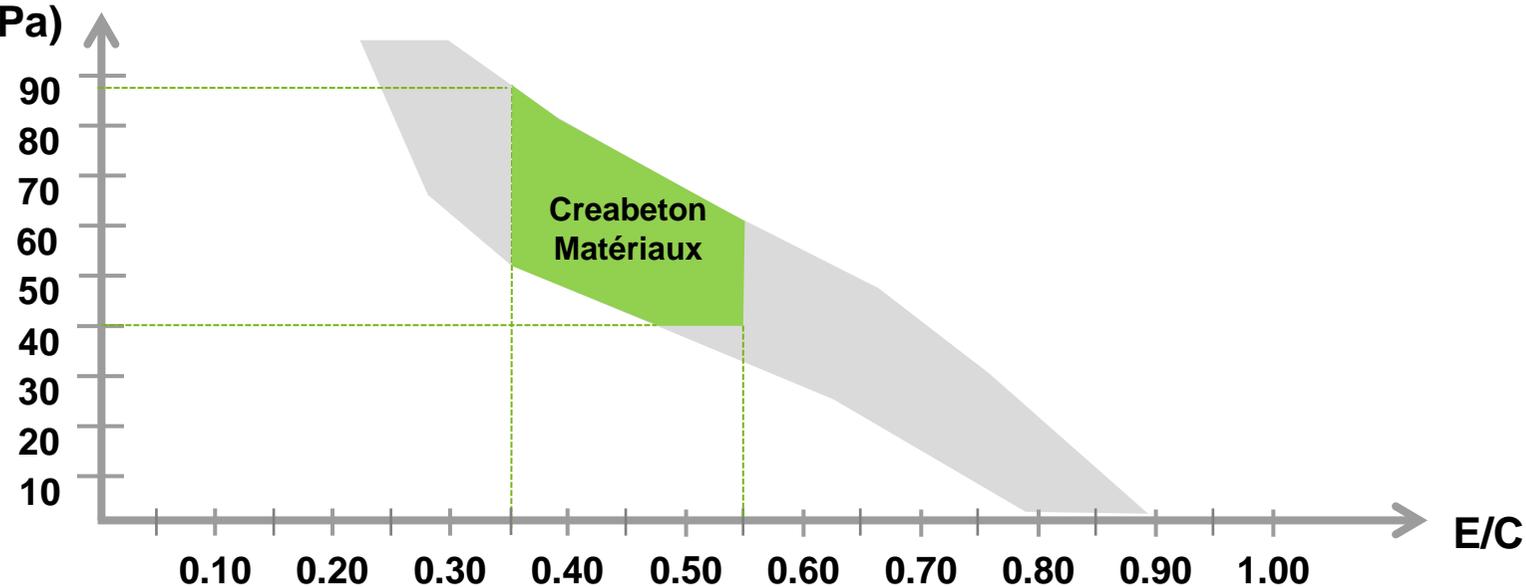


2.00 μm

Développement sur le long terme

Résistance en compression à 28j

(MPa)

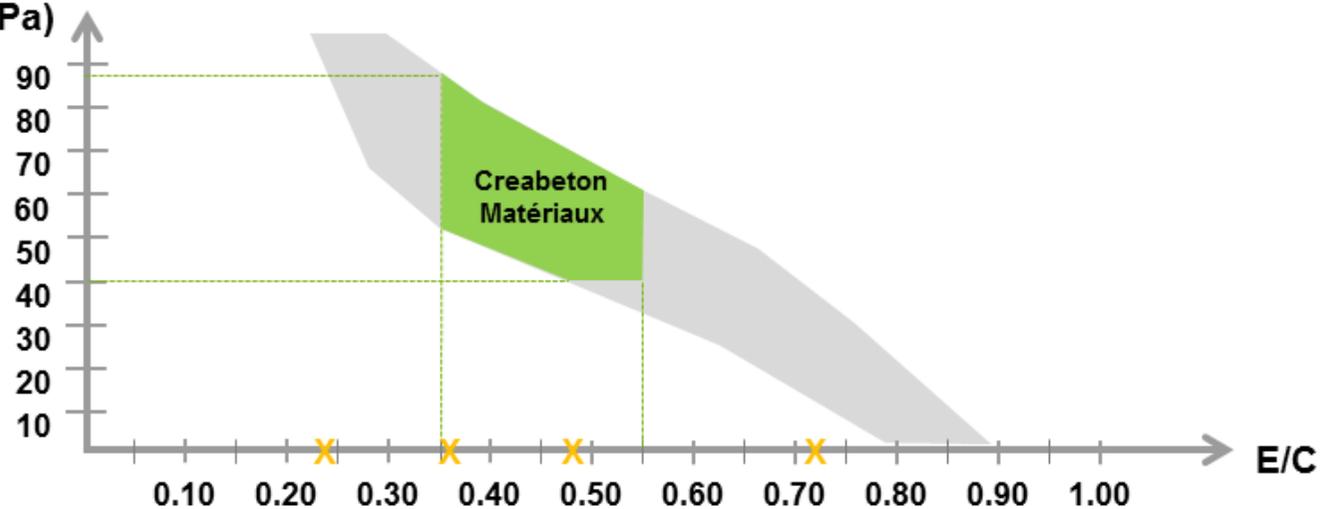


- Ciment anhydre
- Pores
- Produits hydratés

En pratique!

Mix	E/C	Ciment (g)	Eau (g)	Fluidifiant (g)
#1	0.24	250	60	-
#2	0.36	250	90	-
#3	0.36	250	90	10 gouttes
#4	0.48	250	120	-
#5	0.72	250	180	-

Résistance en compression à 28j (MPa)



En pratique!

Mix	E/C	Ciment (g)	Eau (g)	Fluidifiant (g)	Consistance	Mise en place	R _m	Esthétique	Facilité d'emploi	Coût	Applications
#1	0.24	250	60	-	Sec	Vibré	Vert	Rouge	Jaune	Vert	Génie civil
#2	0.36	250	90	-	Pâte	Coulé Pressé	Vert	Vert	Vert	Vert	Maçonnerie, béton de fond de pavés/daltes
#3	0.36	250	90	10 gouttes	Autoplaçant	Coulé	Vert	Vert	Rouge	Rouge	Architecture, ouvrages d'art, design
#4	0.48	250	120	-	Pâte fluide	Coulé Pressé	Jaune	Vert	Vert	Vert	Parement de pavés/daltes
#5	0.72	250	180	-	Autoplaçant	RIEN !!	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge	RIEN !!

Comparaison

béton coulé sur place

vs.

préfabriqué

▪ Avantages

- Adaptable à la situation réelle sur site (souvent inattendue)
- Production sur-mesure

- Réalisation de l'ouvrage total accélérée (logistique + production indépendamment de la météo)
- Qualité élevée, régulière et contrôlée (esthétique, performance)
- Géométries complexes réalisables
- Correction d'erreurs possible
- Intégration d'incorporés facilité
- Production de grandes séries facilitée

▪ Inconvénients

- Réalisation de l'ouvrage total ralentie (préparation des armatures, préparation des coffrages, décoffrage, durcissement)
- Qualité non garantie et souvent irrégulière (esthétique, performance)

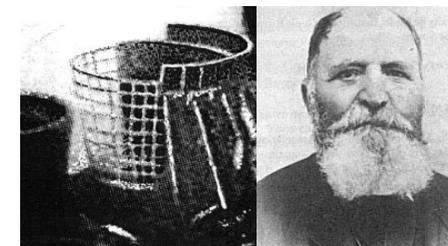
- Dimensions des éléments limitée
- Joints compliqués (étanchéité, ...)

Le béton



Circuit des innovations dans le béton: cas du béton armé

- **Proof-of-concept sur un élément d'Aménagement extérieur**
Bac à plante
1867 – Joseph Monier, jardinier
- **Démonstration de la performance dans le Génie civil**
Pont à Wigggen (LU)
1894 – François Hennebique, ingénieur
- **Application dans le Bâtiment**
Immeuble 25bis rue Franklin à Paris
1903 – Frères Perret, architectes



Circuit des innovations dans le béton: cas du BFUP



Bardage en BFUP pour « Flon Pépinières »

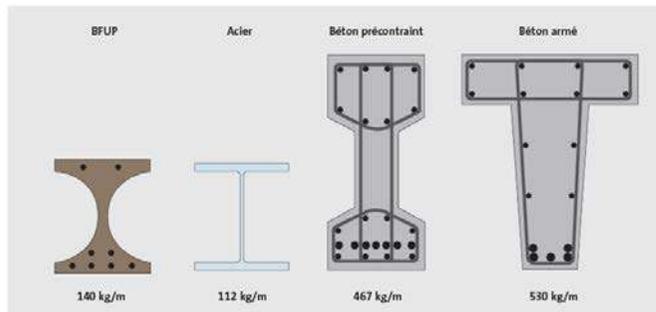
Cahier des charges: Bardage résille ↔ Discothèque (jour/nuit) & Pépinière (motif)

- **Pourquoi le choix du béton**
 - Contraste esthétique (brut/fin)
 - Durabilité
- **Pourquoi le choix de la préfabrication**
 - Géométrie complexe
 - Finition esthétique de haute qualité
- **Pourquoi le choix de Creabéton Matériaux**
 - Conseil technique
 - BFUP propre
 - Eléments de bardage en résille existants (VENA®)



Bardage en BFUP pour « Flon Pépinières »

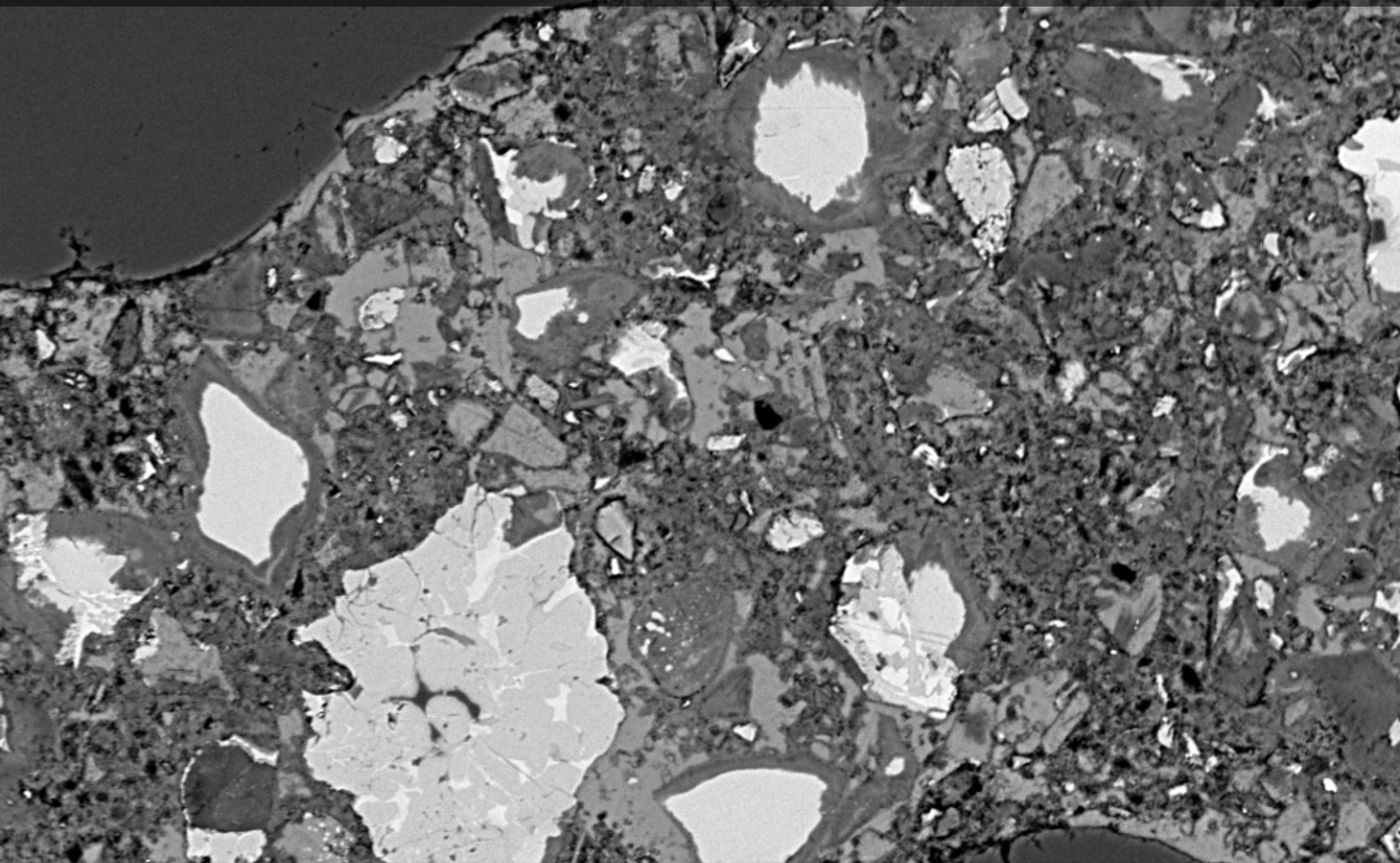
BFUP vs. béton "normal"



Sections transversales de poutres de même résistance conçues avec divers matériaux

		BFUP	BETON NORMAL
	compression	120 à 180 N/mm ²	25 à 45 N/mm ²
	flexion	24 à 32 N/mm ²	16 à 29 N/mm ² avec aciers
	densité	2350 - 2500 kg/m ³	2400 kg/m ³
E	module Young	45000 N/mm ²	32000 N/mm ²
	retrait	0 à 500 µm/m	300 µm/m
	gel - dégel	insensible	précautions à prendre
	dilatation thermique	$1.2 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$
	porosité eau	~1.4%	~14%
	abrasion	1	3
	prof. carbonatation	0.05 mm	10 mm
	résistance aux UV (lumière)	insensible	mauvais si teinté

Microstructure d'un béton "normal" après 28 jours d'hydratation

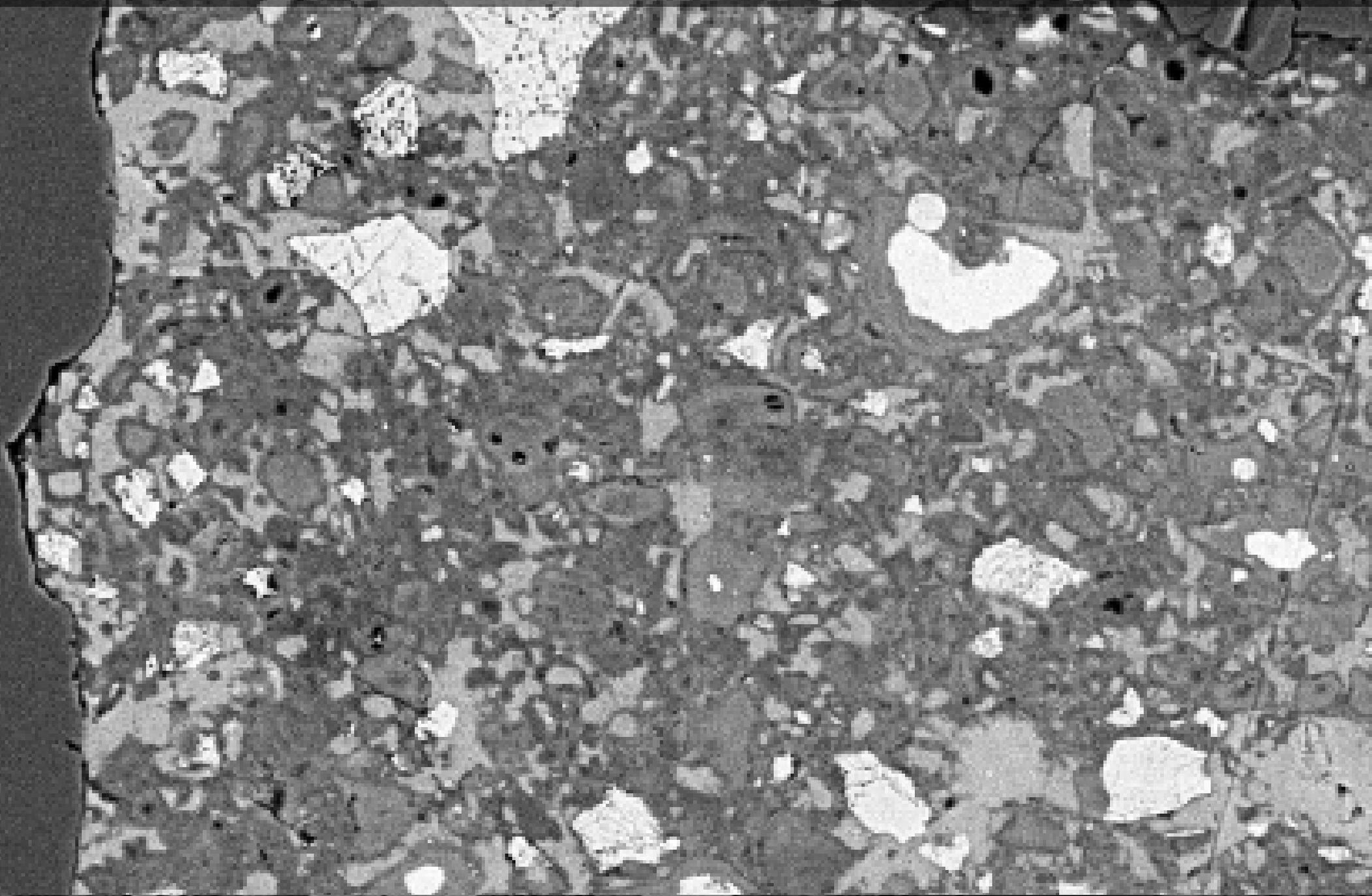


[Aude Chabrelie, EPFL, 2009]

50 μm



Microstructure d'un BFUP après 28 jours d'hydratation



[Vanessa Kocaba, EPFL, 2009]

50 μm

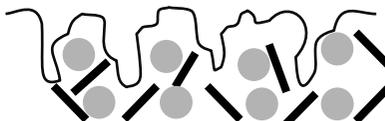
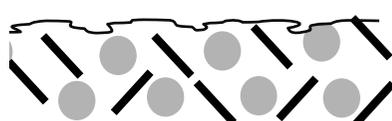


Bardage en BFUP pour « Flon Pépinières »

CREABETON

Développement et fabrication des éléments

- **Design**
 - 250 kg/élément → 150 kg/élément
 - Réservations pour intégration des LED et câbles
 - **Teinte**
 - BFUP de Creabéton = anthracite bleuté
 - Travail de formulation pour offrir la teinte gris clair nécessitant un sourcing de fumée de silice spécifique
 - **Moule**
 - Polyuréthane sur support bois et métal
- 70 To de béton au total
- 30j de travail effectif
- 2 mois développement
- Production du moule
- Temps de durcissement
- Livraison et pose
→ 6 mois de délai requis
→ **Nécessité d'impliquer le préfabricant le plus tôt possible dans le projet**





FINISH

**«Die Hand ist der verlängerte
Arm des Herzens.»**

Andreas Tenzer, deutscher Philosoph



BETONSUISSE – le béton naturellement.
Merci beaucoup pour votre attention!
Et plein succès aux étudiants pour vos études!

Merci en particulier à:

Roman Loser
MOBIMO

Laurent Eller
Burckhardt+Partner

Marco Bosso
INGENI

Bertrand de Rochebrune
D'SILENCE

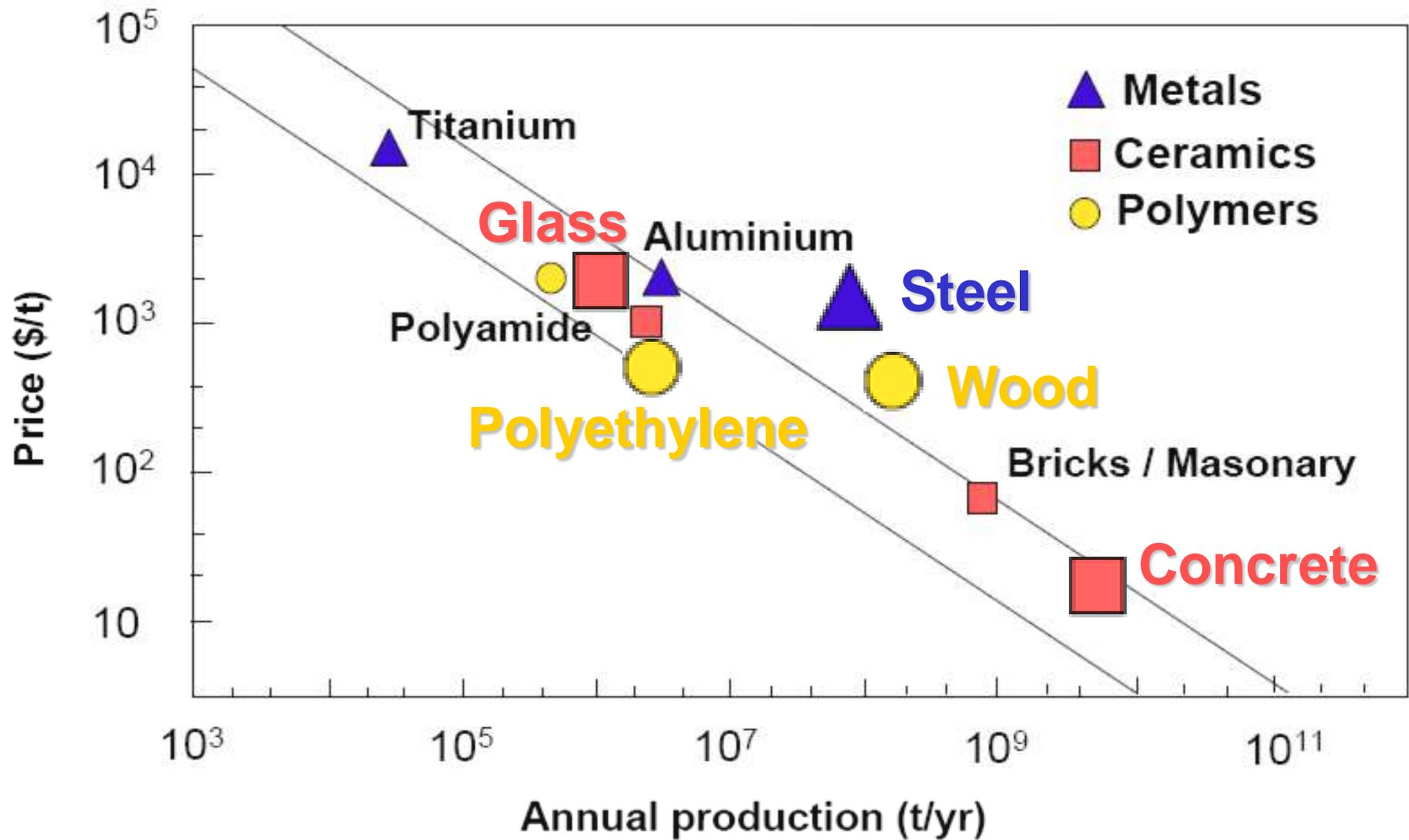
CREABETON
MATERIAUX

HEMU - Haute Ecole de
Musique de Lausanne

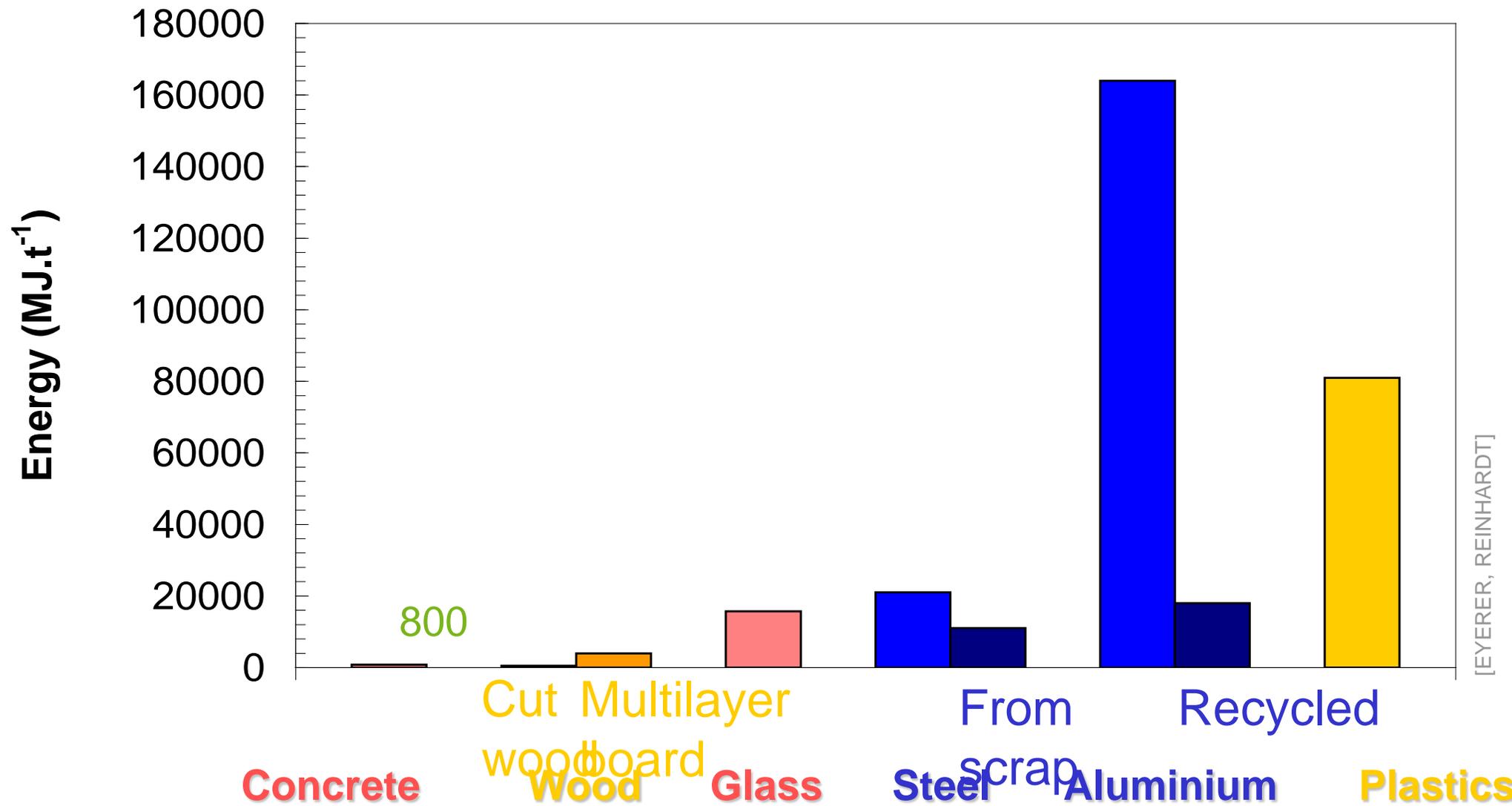
LEUBA TRAITEUR

Back up

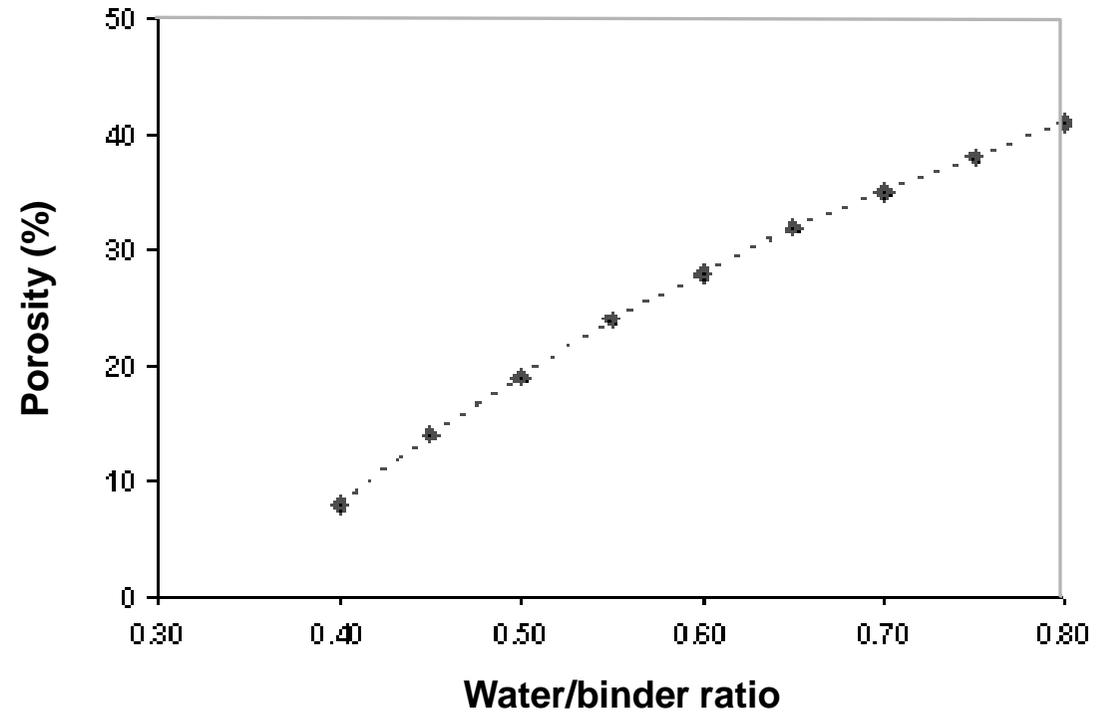
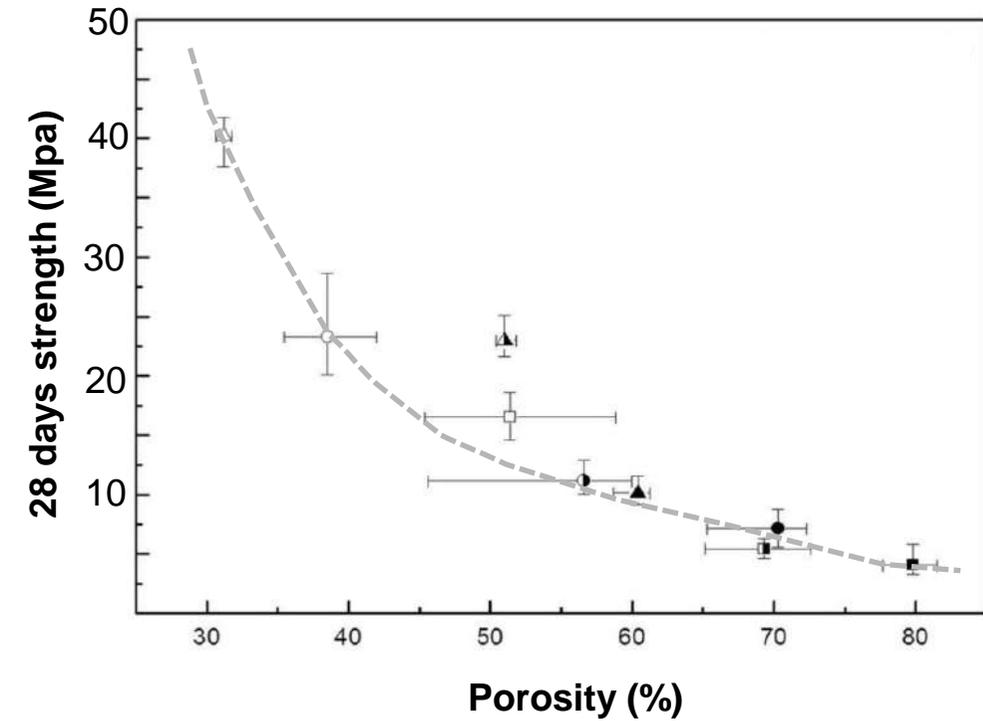
Concrete production vs. costs



Concrete environmental impact

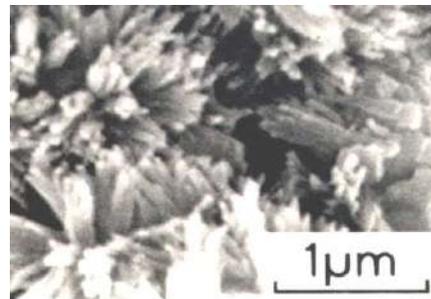
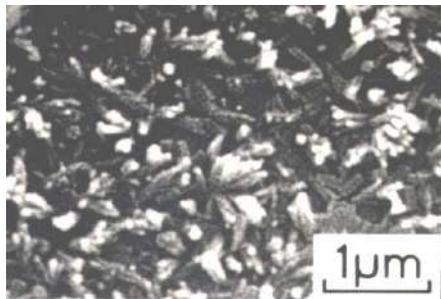
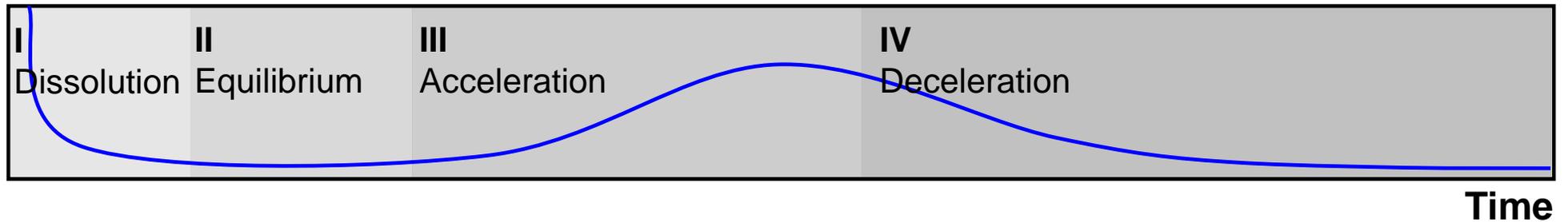


Mechanical performances, porosity, W/B

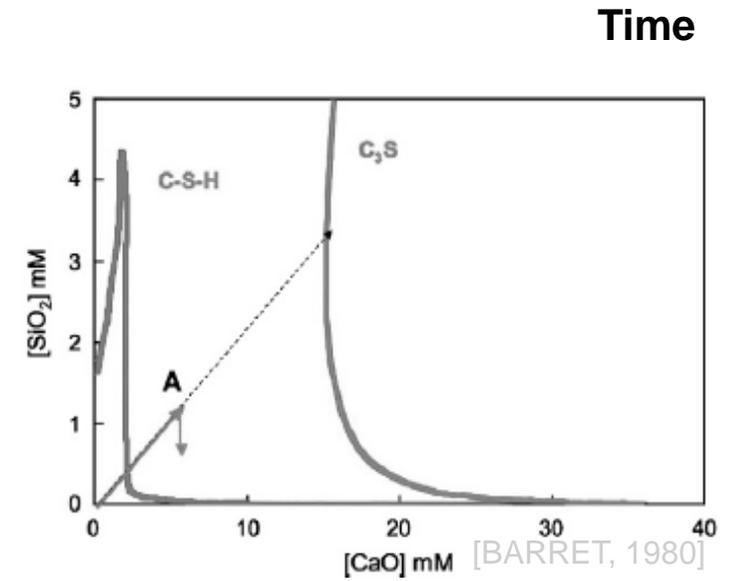
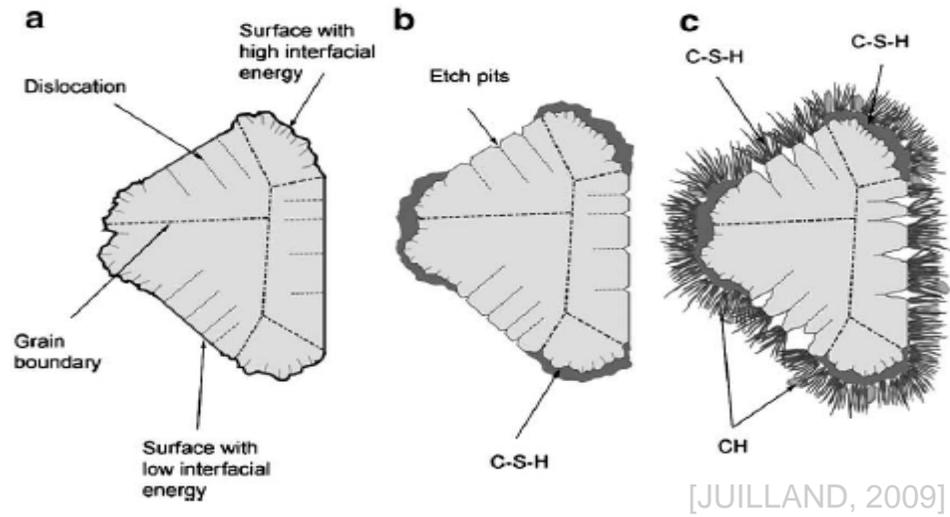


Développement à jeune âge

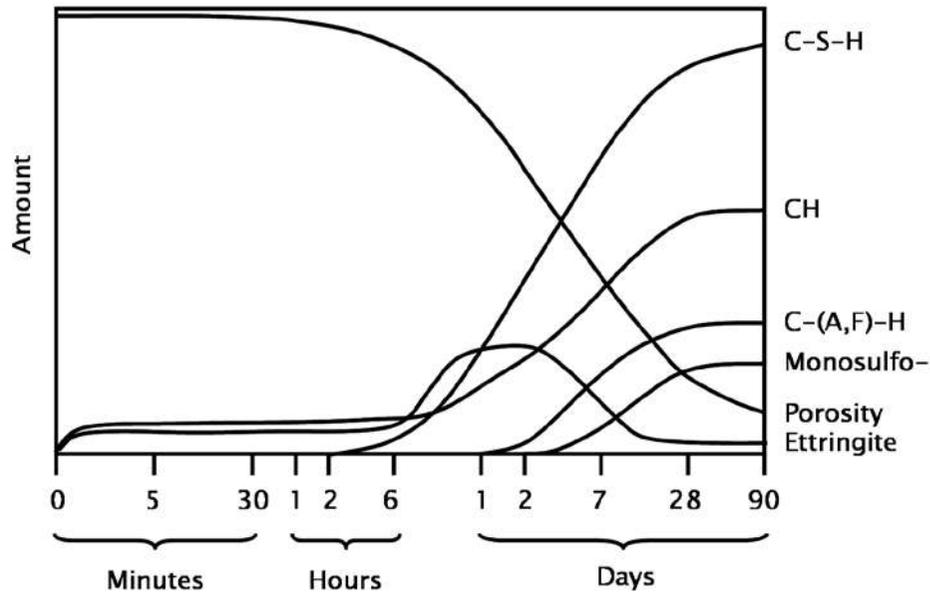
Heat of hydration



Cement hydration

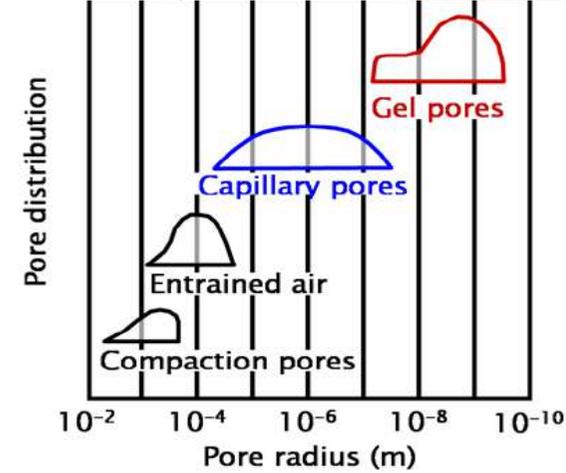
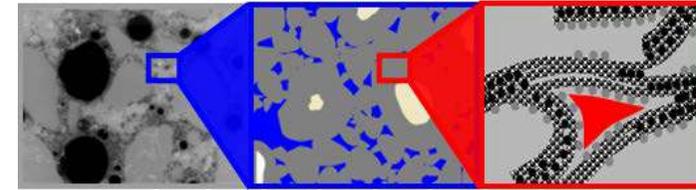


Cement hydration



Complex physico-chemistry

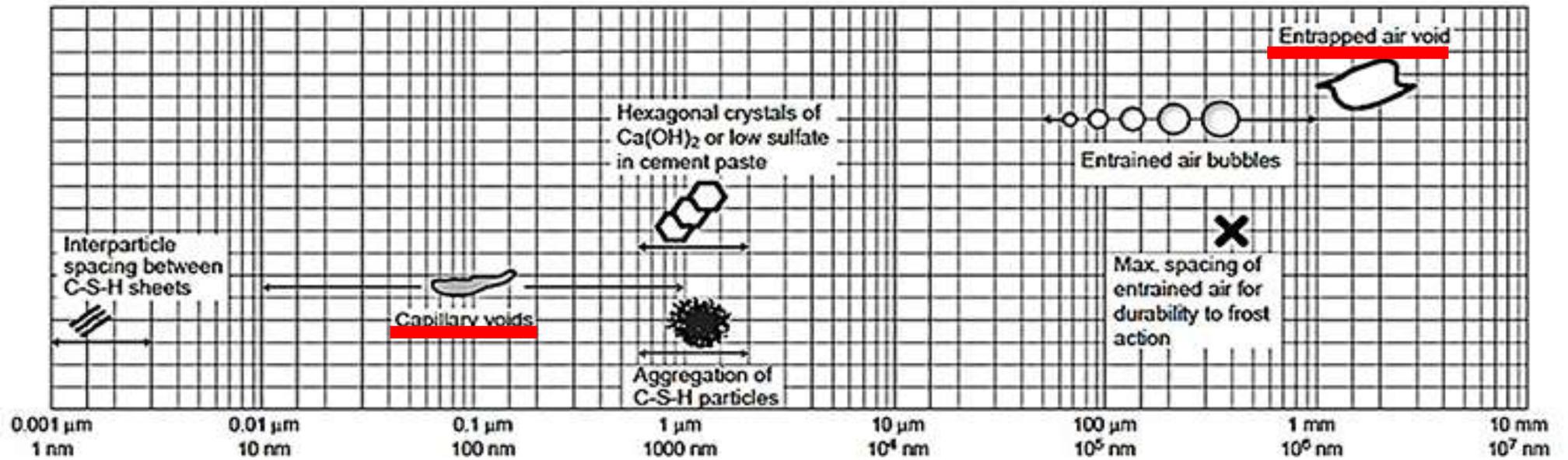
Fine intermix of phases



Complex morphology

Multi-scale porous network

Porosités



Cement is never 100% Portland cement



+



+



Main Types	Notation of the 27 products (types of common cement)		Composition [proportion by mass ¹⁾]										Minor Additional constituents
			Main constituents										
			Clinker K	Blastfurnace slag S	Silica fume D ²⁾	Pozzolana		Fly ash		Burnt shale T	Limestone*		
						natural P	natural calcined Q	siliceous V	calcareous W		L	LL	
CEM I	Portland cement	CEM I	95-100	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0-5
	Portland-slag Cement	CEM II/A-S	80-94	6-20	--	--	--	--	--	--	--	--	0-5
		CEM II/B-S	65-79	21-35	--	--	--	--	--	--	--	--	0-5
CEM II	Portland-silica fume cement	CEM II/A-D	90-94	--	6-10	--	--	--	--	--	--	--	0-5
	Portland-Pozzolana cement	CEM II/A-P	80-94	--	--	6-20	--	--	--	--	--	--	0-5
		CEM II/B-P	65-79	--	--	21-35	--	--	--	--	--	0-5	
		CEM II/A-Q	80-94	--	--	--	6-20	--	--	--	--	0-5	
		CEM II/B-Q	65-79	--	--	--	21-35	--	--	--	--	0-5	
CEM II	Portland-fly ash cement	CEM II/A-V	80-94	--	--	--	--	6-20	--	--	--	--	0-5
		CEM II/B-V	65-79	--	--	--	--	21-35	--	--	--	0-5	
		CEM II/A-W	80-94	--	--	--	--	--	6-20	--	--	0-5	
		CEM II/B-W	65-79	--	--	--	--	--	21-35	--	--	0-5	
CEM II	Portland-burnt shale cement	CEM II/A-T	80-94	--	--	--	--	--	--	6-20	--	--	0-5
		CEM II/B-T	65-79	--	--	--	--	--	--	21-35	--	--	0-5
CEM II	Portland-limestone cement	CEM II/A-L	80-94	--	--	--	--	--	--	--	6-20	--	0-5
		CEM II/B-L	65-79	--	--	--	--	--	--	--	21-35	--	0-5
		CEM II/A-LL	80-94	--	--	--	--	--	--	--	--	6-20	0-5
		CEM II/B-LL	65-79	--	--	--	--	--	--	--	--	21-35	0-5
CEM II	Portland-composite cement ³⁾	CEM II/A-M	80-94	←-----→		6-20		-----→		--	--	--	0-5
		CEM II/B-M	65-79	←-----→		21-35		-----→		--	--	--	0-5
CEM III	Blastfurnace cement	CEM III/A	35-64	36-65	--	--	--	--	--	--	--	--	0-5
		CEM III/B	20-34	66-80	--	--	--	--	--	--	--	--	0-5
		CEM III/C	5-19	81-95	--	--	--	--	--	--	--	--	0-5
CEM IV	Pozzolanic cement ³⁾	CEM IV/A	65-89	--	←-----→		11-35		-----→		--	--	0-5
		CEM IV/B	45-64	--	←-----→		36-55		-----→		--	--	0-5
CEM V	Composite cement ³⁾	CEM V/A	40-64	18-30	--	←-----→		18-30		-----→		--	0-5
		CEM V/B	20-38	31-50	--	←-----→		31-50		-----→		--	0-5

Precast concrete challenges



Market

- application
- selling volume
- delivery frequency

Concrete properties

- workability
- setting time
- strength

interactions

Mould/formwork

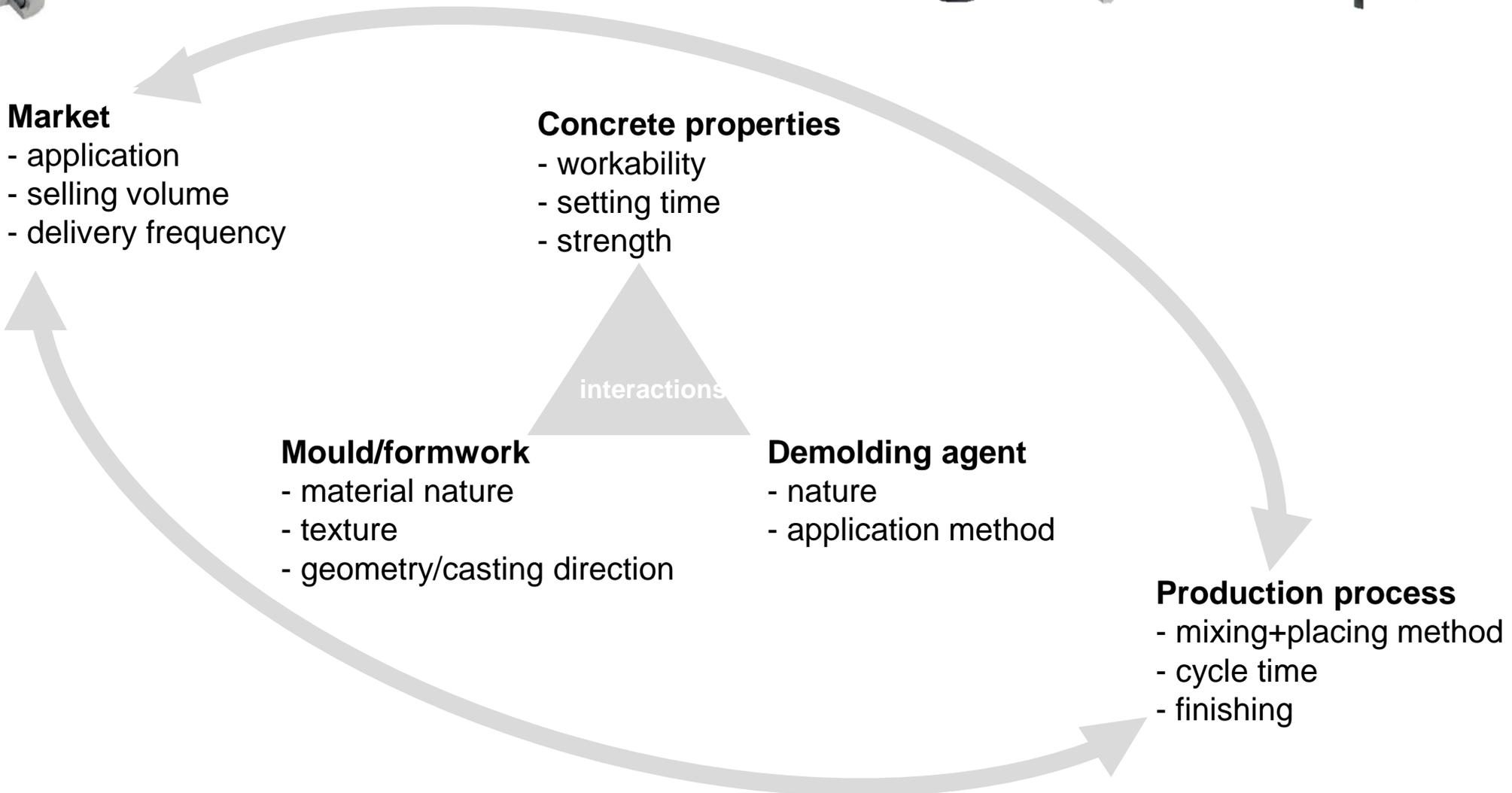
- material nature
- texture
- geometry/casting direction

Demolding agent

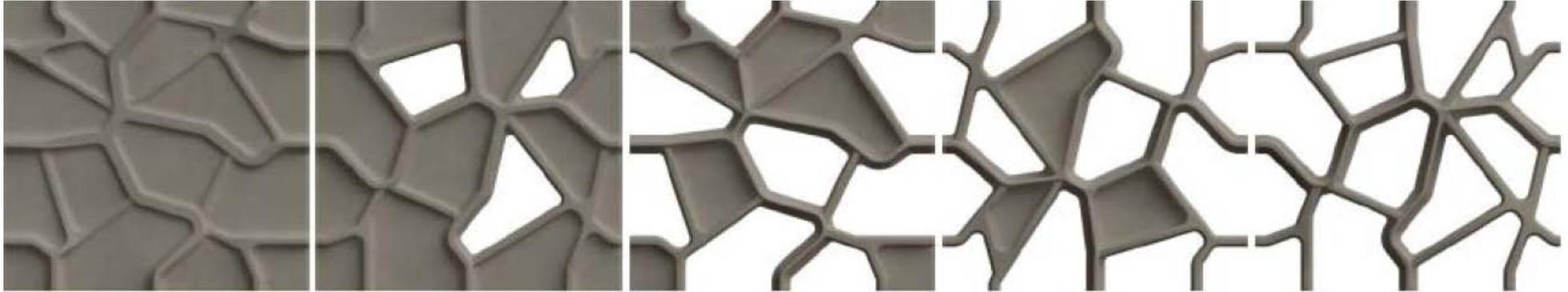
- nature
- application method

Production process

- mixing+placing method
- cycle time
- finishing



Precast façade elements for Architecture + Design



Precast façade elements for Architecture + Design



Sichtbeton

Einflussfaktoren

Betonzusammensetzung

(Zement, Mineralkörnung, Zusatzstoff, Pigmente...)

Verarbeitung des Betons (Konsistenz, w/b...)

Schalung

(Material, Oberfläche/Textur, Dichte, Steifigkeit, Fugen..)

Trennmittel (Öl-basiert, Wasser-basiert, Emulsion...)

Abstandhalter

Einbringart

Nachbehandlung

Temperatur und Witterung

Curing

Personal

...

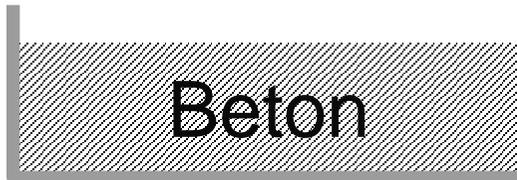


Sichtbeton

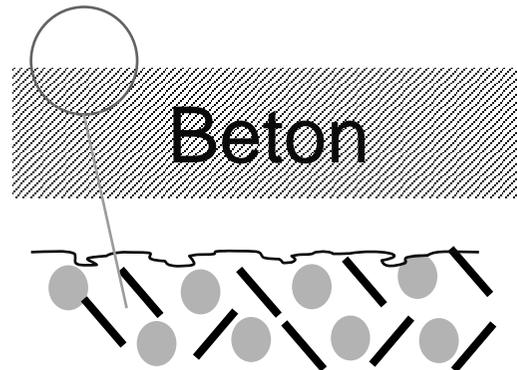
Einflussfaktoren: Beispiel von Schalungsmaterial



Schalung aus
Polyurethane



Oberfläche
nach der
Ausschalung



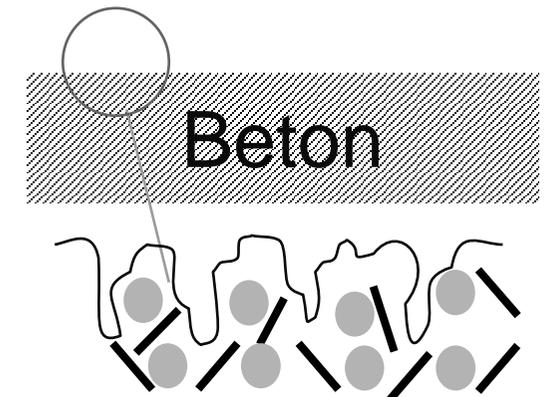
Relativ
glatt



Schalung
aus
Holz



Oberfläche
nach der
Ausschalung



Relativ
rau

Vorfabrikation

Zusammenfassung

Je mehr Parameter auf den Beton Einfluss nehmen, desto schwieriger ist es, die Qualität eines Betons zu garantieren

→ Hier liegt die Stärke der Vorfabrikation im Vergleich zum Ortsbeton

Die Beherrschung der Kunst des Schalungsbaus ist bei Sichtbetonwerken Pflicht

So früh wie möglich Kontaktaufnahme mit dem Vorfabrikant für eine Integration in den Entwicklungsprozess

- Auswahl von Farbton basierend auf Mustern
- Einbauteile (Elektro, Sanitär etc) in den Beton
- Details bei den Fenstern (Ausbildung der Bank-Sturz und Leibungen)
- Fugenausbildungen (Formen, Querschnitte, Dicke, Art)
- Elementkanten (scharfkantig, gefast)
- Definition Liefertermin (Menge Schalungen und Arbeitszeit)
- ...

Der Vorteil der Vorfabrikation ist