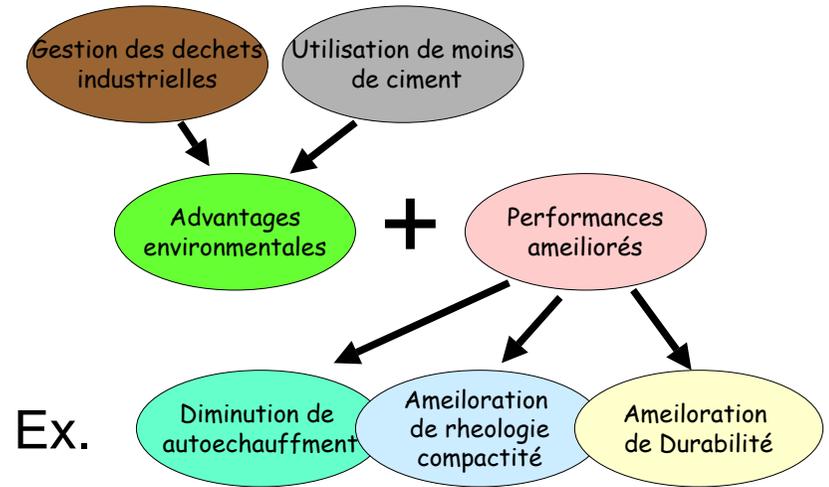


SCMs Supplementary Cementing Materials

Rationale



Les SCMs ne sont pas les matériaux inertes, ils ont une action soit

Pozzolanique

- Réagir avec le CH, hydroxide de calcium pour former plus de C-S-H

soit

Hydraulique

- Former plus des hydrates

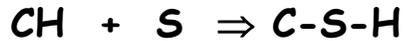
Les pozzolans:



Les volcans produisent des cendres riches en verre de silice et d'alumine:

Les pozzolans:

Les Romains utilisaient les cendres volcanique, de le voisinage de **Pozzoli, les pozzolanas** melangé avec la chaux:

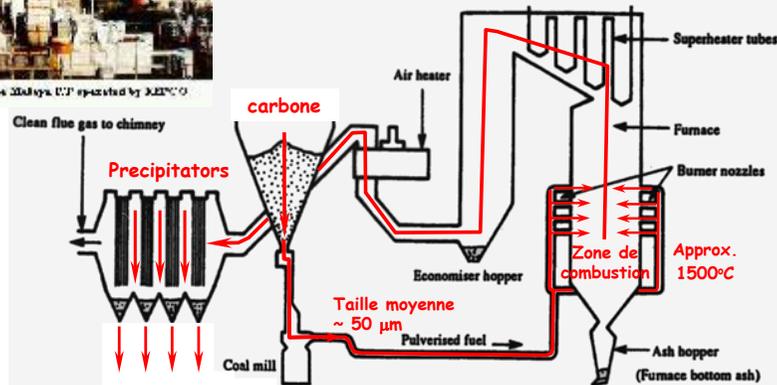


Ces ciment ont eu les proprietes superior et étaient utilisé dans les bâtiments montrants de bonne durabilité comme le Pantheon

Les pozzolans synthetique:



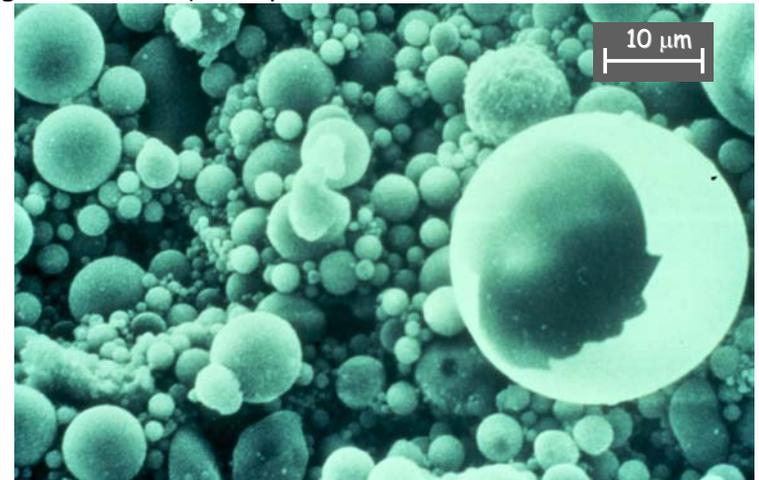
Centrale d'électricité thermique



Utilisation dans les bétons parmi autres applications

Cendres volants

Tous le matériel incombustible du carbonne, form les goutlets de liquide, puis condense



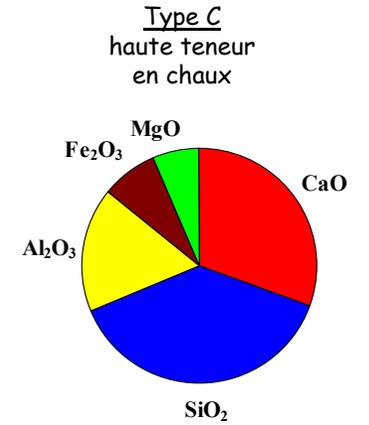
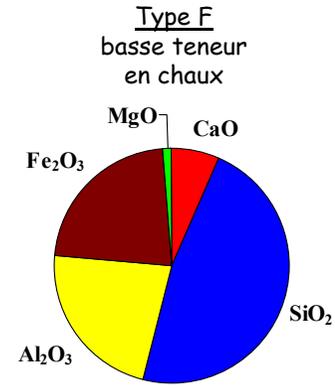
Cendres Volants

FLY ASH

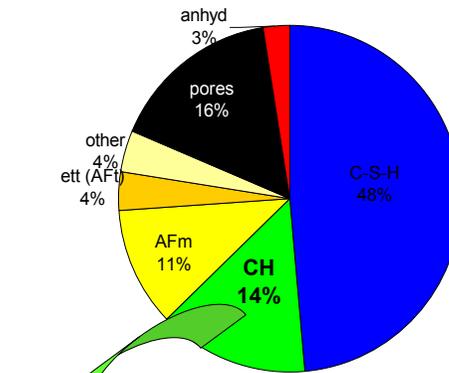
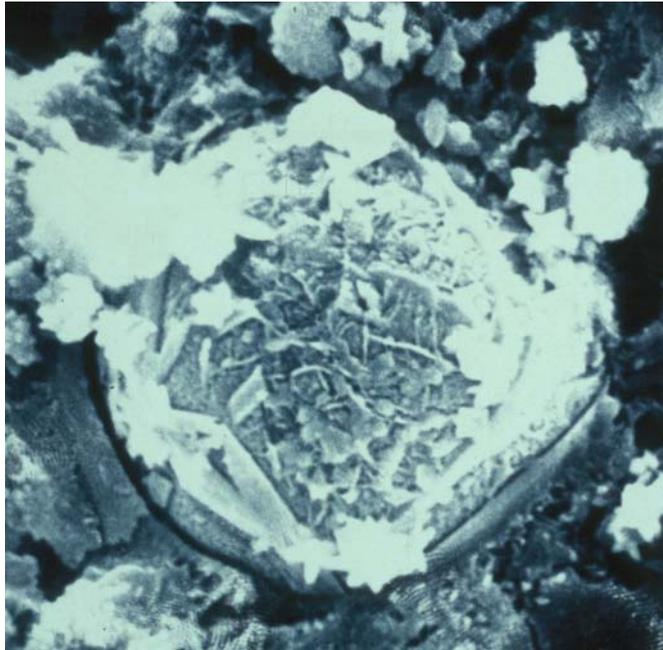


Particules avec le même finesse de ciment

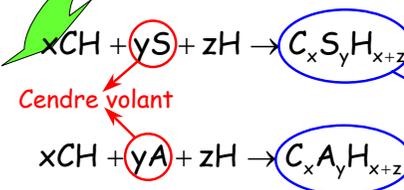
Composition: 60 – 95% amorphe



Seulement le parti amorphe est réactif

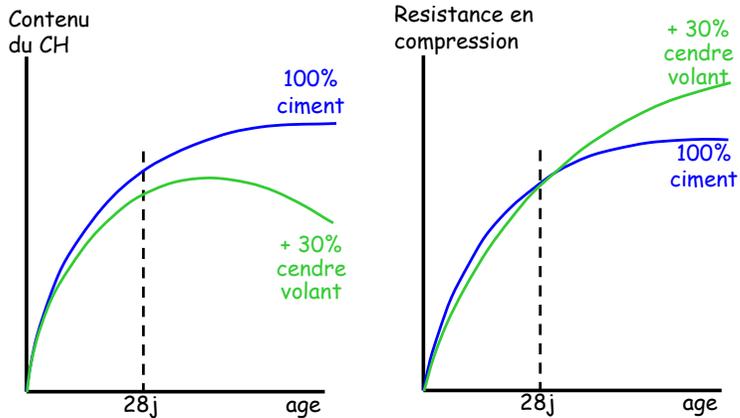


Composition typique d'un pâte de ciment



Cendre volant

Plus de hydrates
moins de porosité



La réaction est assez lente. Elle commence après 3-7 jour
 Elle a besoin d'humidité
 Le résistance d'un bétons avec ~30% cendres volants
 Depasse celle d'un 100% ciment après ~28 jours

SI IL Y A UN BON « CURE »

Utilisation

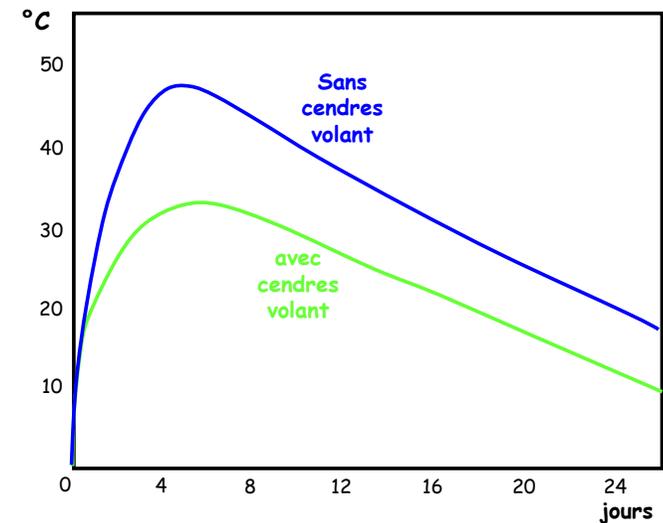
Substitution dans un béton pour
 10 - 30 % du ciment

(attention $e/c \rightarrow e/l$ (liant) ou w/b (binder))

Avantages

- Amelioration de ouvrabilité ($e/l \downarrow$ pour même slump)
- Reduction de chaleur d'hydratation
 - Reduire le risque de fissuration thermique dans les grandes masses
- Reduction de porosité
 - Augementation de résistance à terme
 - Diminution de permeabilité
 - Augementation de durabilité
- Reduction de risque de réaction alkali silicate
- Moins chère que ciment

Diminution d'autoechauffment

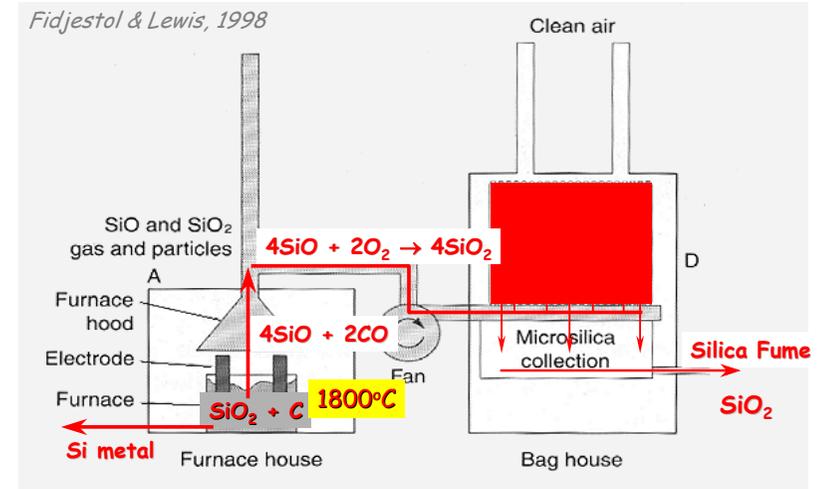


Desavantages

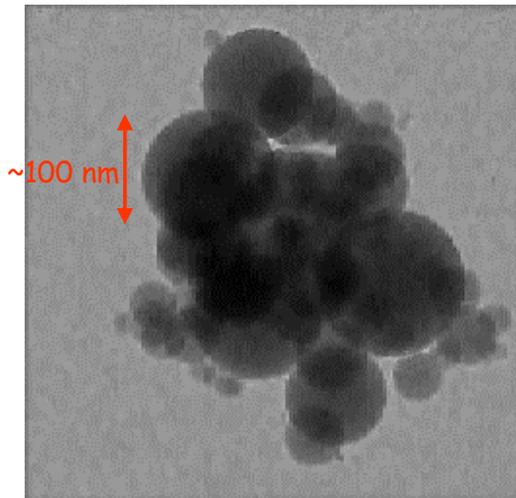
- Efficacité des adjuvants, ex entrainers d'air
 - Fonction de charbonne residuelle
- Importance de bon « cure » augmente

Fumée de silice:

sous produit de production des alliages de silicium

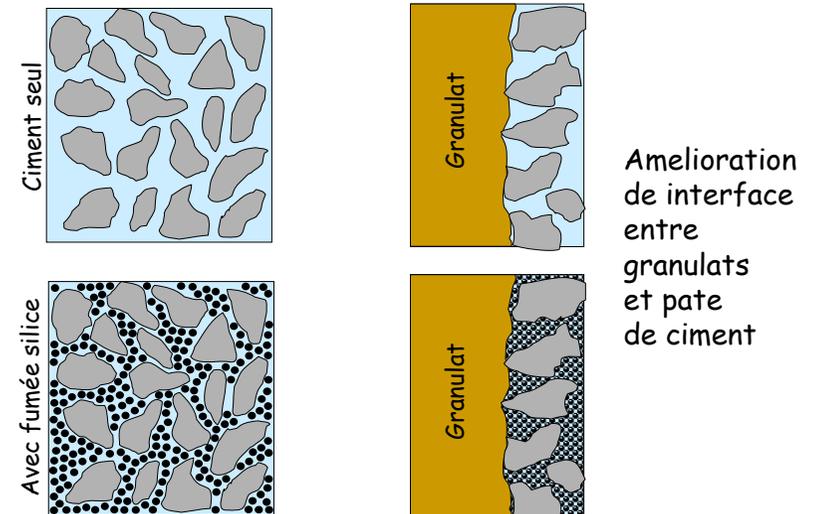


Verre de silice (90 – 99.9% SiO₂)



- Agglomerates de particules très fin
- Surface spécifique: ~15000m²/kg (cf. 350 m²/kg ciment)
- Reactif (similaire au ciment)
- Reduction de CH par réaction pozzolanique

Microfiliérisation



Utilisation

Substitution dans un béton pour
5 - 15 % du ciment

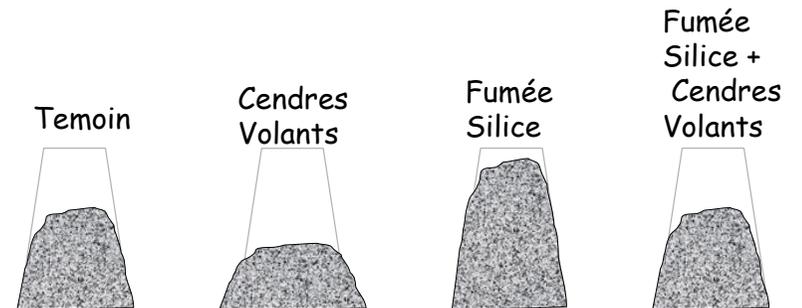
Avantages

- Réduction de ressuage et ségrégation
- Forte Réduction de porosité
 - Augmentation de résistance
 - Diminution de perméabilité
 - Augmentation de durabilité
- Amélioration de liaison entre pâte et granulat.
- Composant utilisé dans la plupart des bétons de haute performance

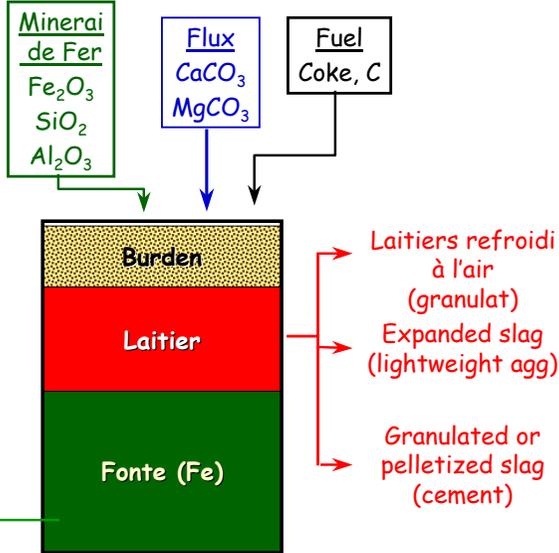
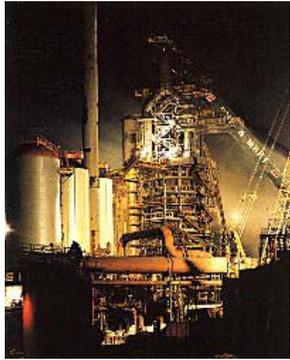
Désavantages

- Ouvrabilité, il faut utiliser les superplastifiants
- Il faut bien malaxer pour casser les agglomérats
- Augmentation de retrait possible
- Assez chère

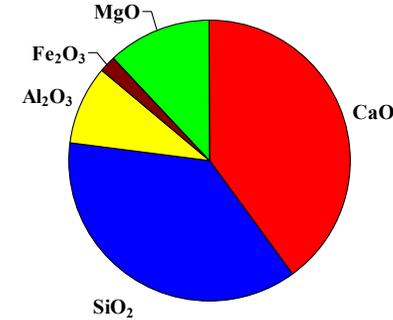
Ouvrabilité



Laitier de haut fourneaux



Composition 80-100% amorphe



Dû à son forte teneur en CaO laitier n'est pas un pozzolan

Il est lentement hydraulique (reagir avec l'eau pour former les hydrates similaire au ciment)

Le vitesse de réaction est augmenté (**activer**) par chaux ou alkalis
Donc ciment

Utilisation

Substitution dans un béton pour
30 - 70 % du ciment

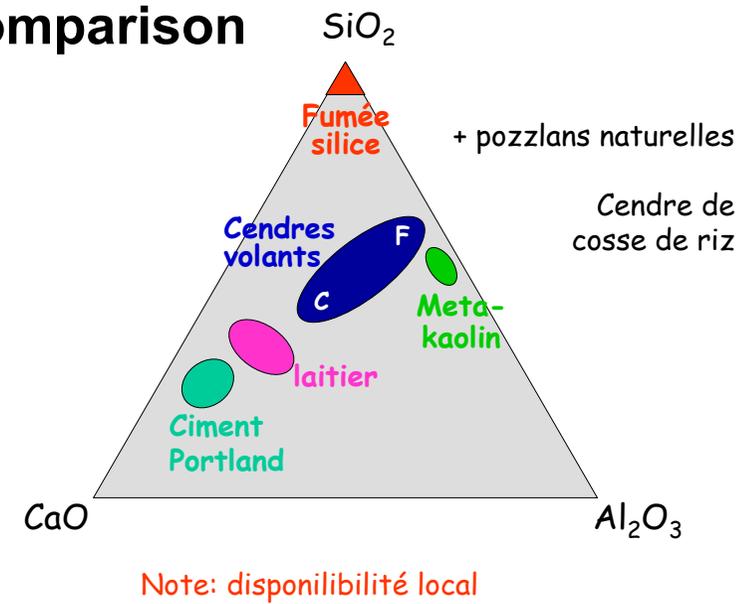
Avantages

- Réduction de chaleur d'hydratation modéré
 - Réduire le risque de fissuration thermique dans les grandes masses
- Réduction de porosité
 - Augmentation de résistance à terme
 - Diminution de perméabilité
 - Augmentation de durabilité
- Réaction des aluminates avec les ions chlore
 - Réduction de corrosion des armatures

Desavantages

- Sensibilité au bon « cure »
- Augmentation de retrait possible

Comparison



Classification des principaux types de ciments selon ENV 197-1: ciment pré-mélangé en usine

Type	Désignation Ciment	Notation	Composition en % massique		
			Principaux		Secondaire
			Clinker	Ajout	
I	Portland	I	95-100	0	0-5
II	Portland	II / A-S	80-94	6-20	0-5
	au laitier	II / B-S	65-79	21-35	0-5
	Portland à la F.S.	II / A-D	90-94	6-10	0-5
	Portland au calcaire	II / A-L	80-94	6-20	0-5
		II / B-L	65-79	21-35	0-5
	... etc				
III	Ciment de haut fourneau	III / A	35-64	36-65	0-5
		III / B	20-34	66-80	0-5
		III / C	5-19	81-95	0-5
IV	Ciment pouzzolanique	IV / A	65-89	11-35	0-5
		IV / B	45-64	36-55	0-5
V	Ciment composé (*)	V / A	40-64	36-60	0-5
		V / B	20-39	61-80	0-5

EXEMPLES de UTILISATION



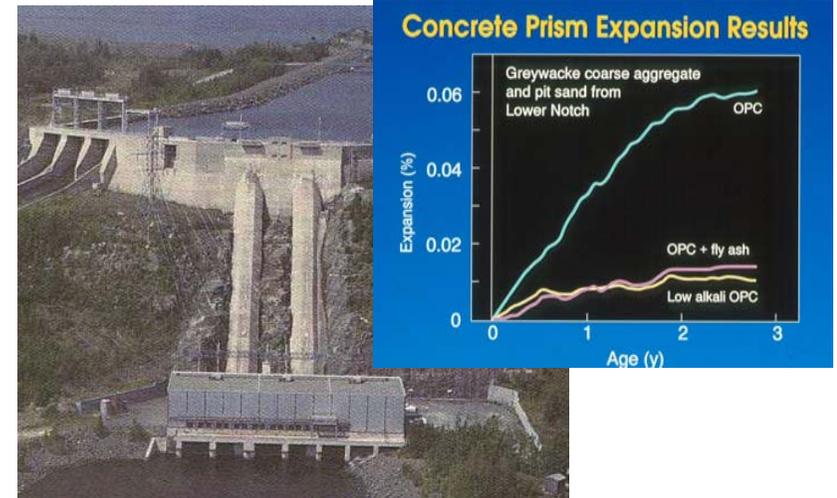
Viaduct en Cameroun utilisation de ciment avec fumée de silice importé du Canada - pour ameiloration d'etancheité



Confederation bridge, Canada: ciment+FS pré-mélangé +cendres volante ajouter à stage de fabrication du béton - pour augement durabilité, ameilorer pompabilité, reduire chaleur, meilleur resistance



Causeway en Floride - Cendres volante utilisé pour augemente resistance à la penetration des ions chlore



Barrage au Canada - Cendres Volants (Type F) pour minimiser risque d'expansion par reaction alkali granulats (ASR)



Voutre pour tunnel -ciment avec FS pré-melangé plus latier, pour
reduire penetration des ions chlore