



Laboratoire
Génie Civil
et géo-Environnement
Lille Nord de France

David BULTEEL



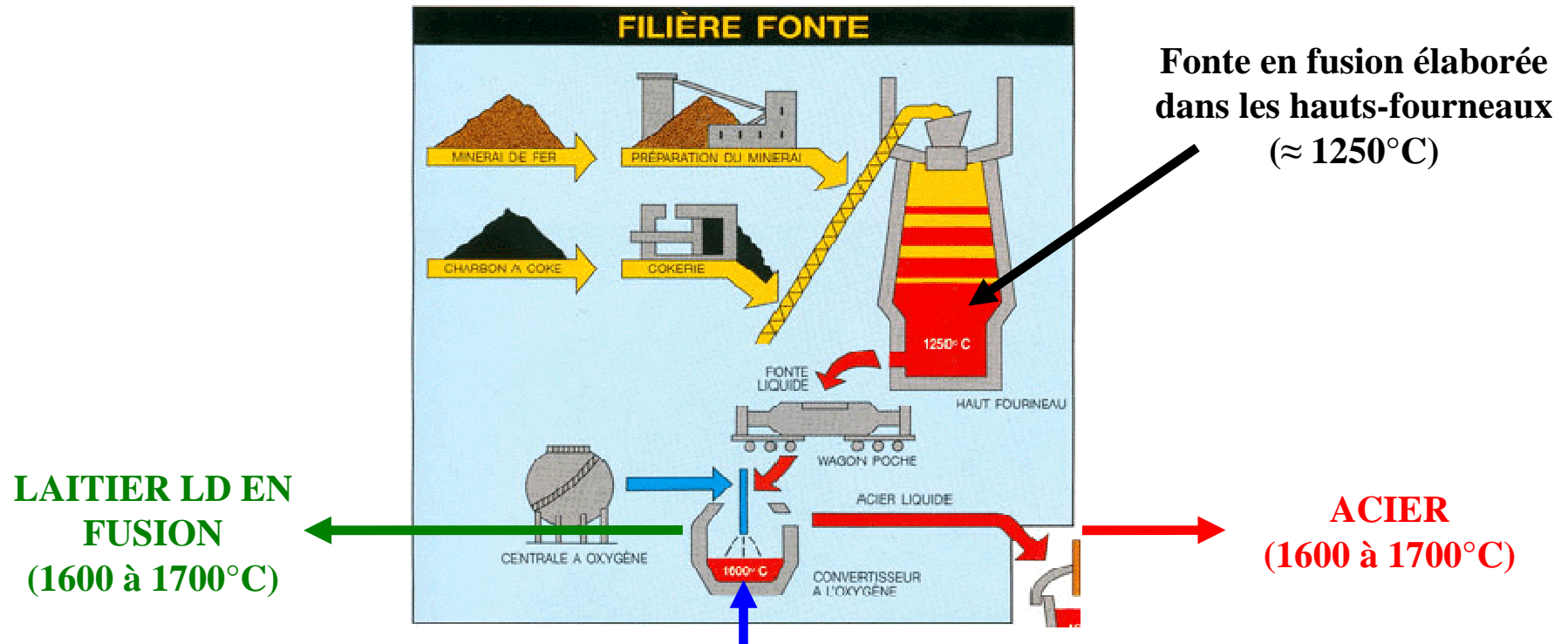
Julien WALIGORA
Michel MEASSON



Journée Technique du 5 juin 2014 à Douai

LE PROCEDE DE SELECTION A LA SOURCE DES LAITIERS D'ACIERIE DE CONVERSION LD

Laitiers d'aciérie de conversion LD : co-produits industriels résultant de l'élaboration d'acier en convertisseur à oxygène (procédé Linz-Donawitz).



Conversion de la fonte en acier par soufflage d'oxygène pur dans un convertisseur

→ Ajouts de chaux, dolomie, ferrailles, laitier de métallurgie en poche, castine pour éliminer les impuretés contenues dans la fonte (**C, Si, Mn, P**)

L'importante production d'acier génère de **grands tonnages de laitier LD** (# 1,2 MT/an en France)
→ Il est nécessaire de trouver des voies de valorisation pour ce co-produit.

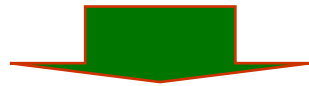
La technique routière est la principale filière de valorisation envisagée pour les laitiers LD.

Toutefois dans certains cas :

- ☞ **Apparition de désordres dimensionnels.**
- ☞ **Problème d'instabilité de ces laitiers.**



GONFLEMENT dû à l'hydratation et la carbonatation de la *chaux* (CaO) et de la *magnésie* (MgO) vives



*Gonflement d'une chaussée contenant des laitiers LD
[da Silveira et al., 2005]*

- Il est nécessaire de stabiliser les laitiers LD pour pouvoir les valoriser en technique routière.
- Différents procédés de stabilisation existent mais ils sont plus ou moins fiables et/ou coûteux.

Autre voie possible : la sélection des coulées à la source mais à ce jour la part valorisable reste faible.



**MIEUX COMPRENDRE LE ROLE DE LA CHAUX
OPTIMISER LE MODE DE SELECTION**

9 échantillons de Laitier LD non maturés ont été étudiés correspondant à des coulées Uniques (1 coulée par fosse).

→ Référencés laitiers LU 1 à 9.

Toutes les analyses ont été réalisées sur des granulats **→ Fraction 6/20 mm.**

Ces coulées ont été sélectionnées sur une période suffisante de production (plus d'un an) de façon à couvrir les différentes conditions de fonctionnement des convertisseurs et la plage de teneur en chaux libre rencontrée dans des conditions normales de production : 3 à 20% environ.

Teneurs en chaux :

Coulée		LU 1	LU 2	LU 3	LU 4	LU 5	LU 6	LU 7	LU 8	LU 9
Teneur en chaux libre (%) CaO + Ca(OH) ₂	Min.	3,3	6,5	7,3	9,6	9,6	13,1	15,9	16,5	20,4
	Max.	4,5	7	7,4	10	12	13,6	16,6	19,7	20,9
	Moyenne	3,9	6,7	7,3	9,8	10,8	13,4	16,2	18,1	20,6
Chaux hydratée (ATG) Ca(OH) ₂		Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	0,3	0,3	0,3
Chaux carbonatée (ATG) CaCO ₃		Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr

La chaux se trouve quasi exclusivement sous forme de chaux vive (laitiers non maturés)

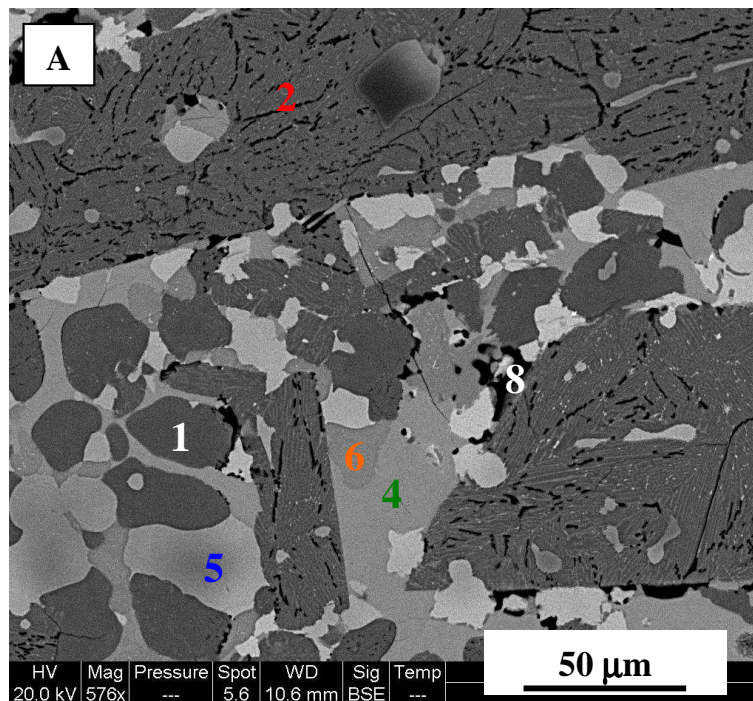
Tr : Traces

Identification des phases minérales :

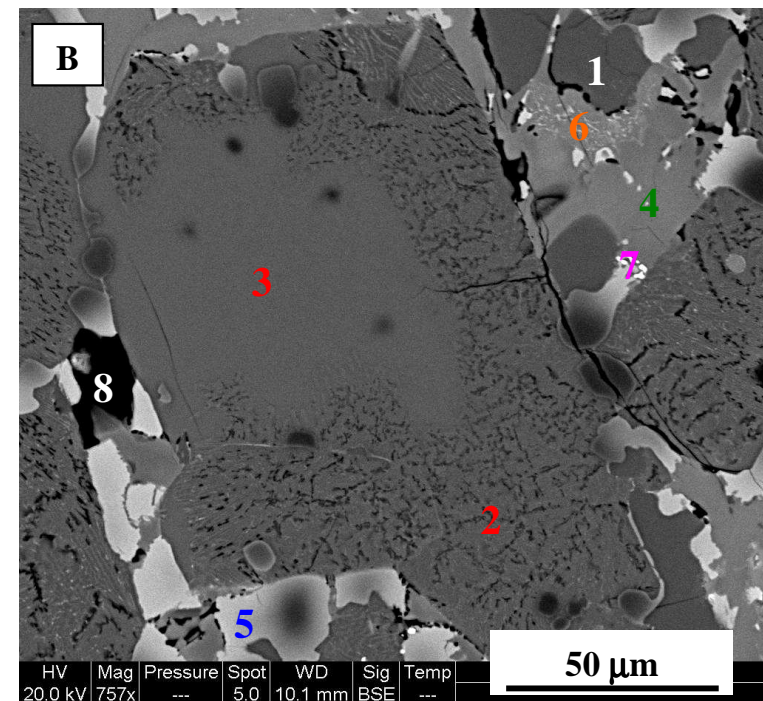
- 1 : Silicate bicalcique $\beta\text{-Ca}_2\text{SiO}_4$
- 2 : Silicate calcique hétérogène contenant des micro-inclusions
- 3 : Silicate tricalcique Ca_3SiO_5
- 4 : Ferrite de calcium $\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{Fe}_2\text{O}_{10}$

- 5 : Oxyde de fer FeO
- 6 : Chaux vive CaO
- 7 : Fer métal Fe
- 8 : Porosité

MEB, électrons rétrodiffusés



Laitiers LU 1, 2, 3, 7, 8 et 9

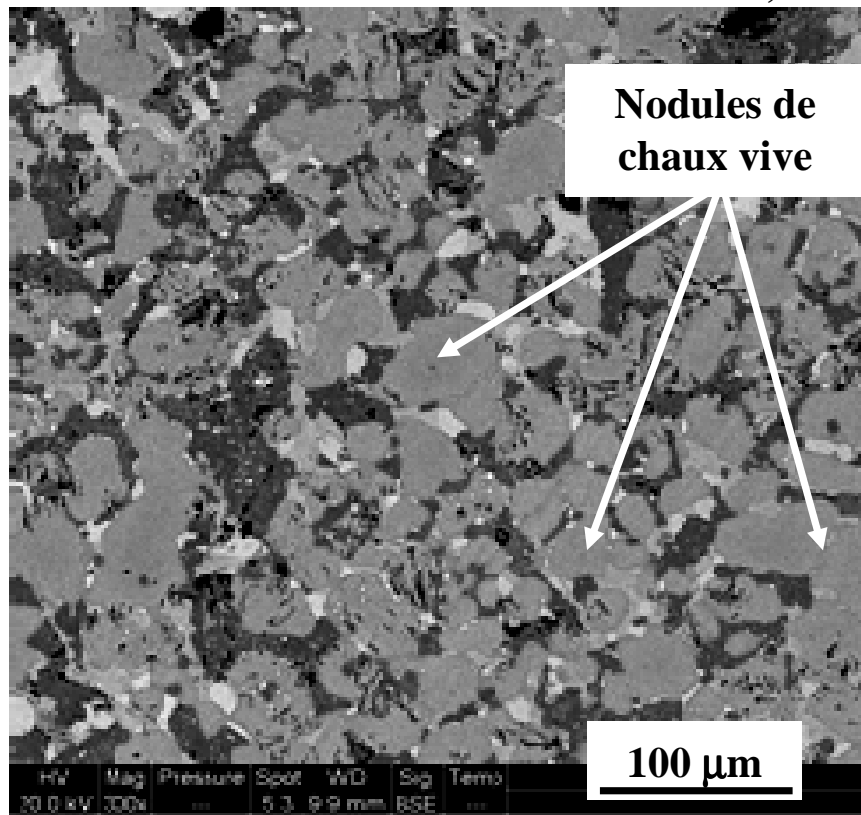


Laitiers LU 4, 5 et 6

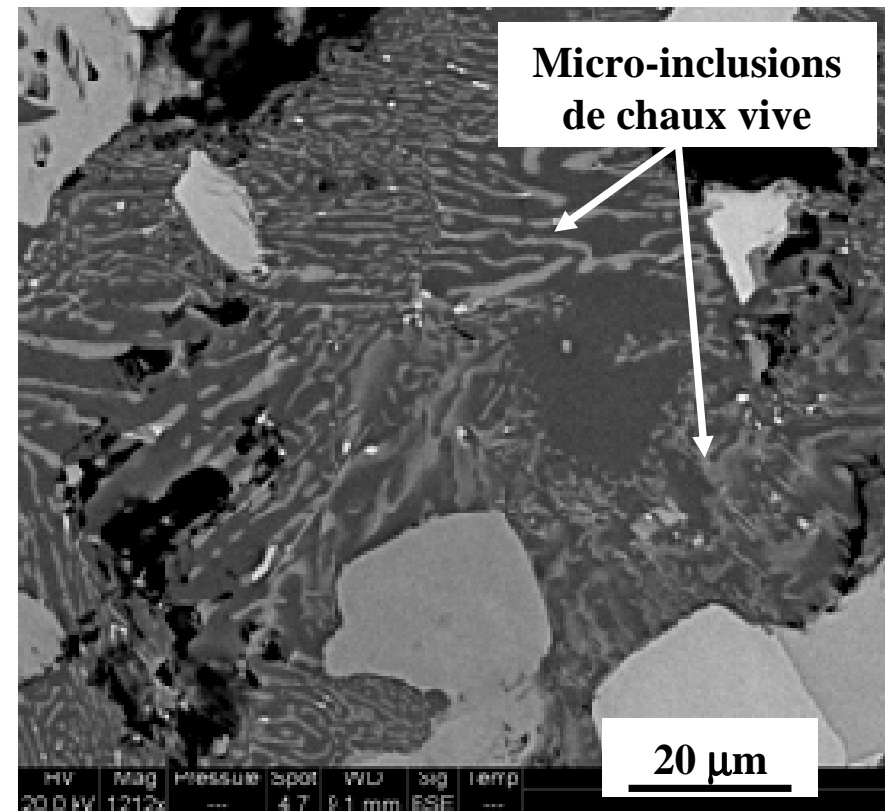
Chaux vive CaO :

→ 2 formes ont été mises en évidence dans les laitiers :

MEB, électrons rétrodiffusés



Nodules de chaux



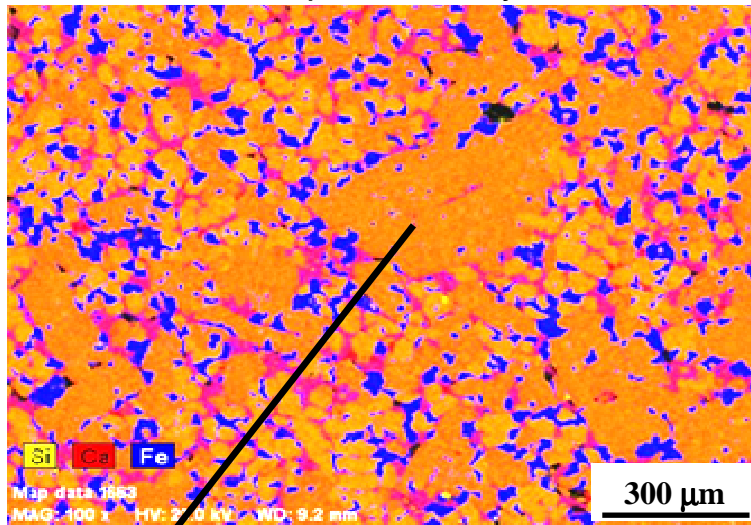
**Silicate calcique hétérogène :
C₂S + C (micro-inclusions)**

Répartition des nodules et des micro-inclusions de chaux vive dans les laitiers :

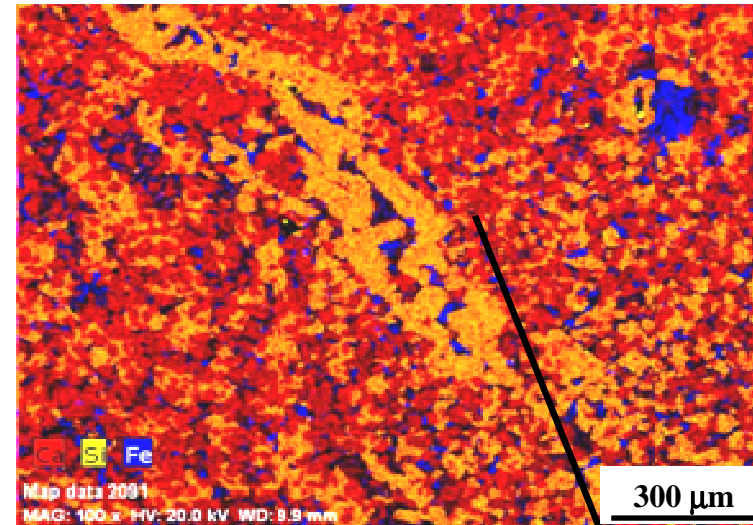
Correspondance couleurs/phases minérales :

■ Silicates calciques ■ Oxydes de fer

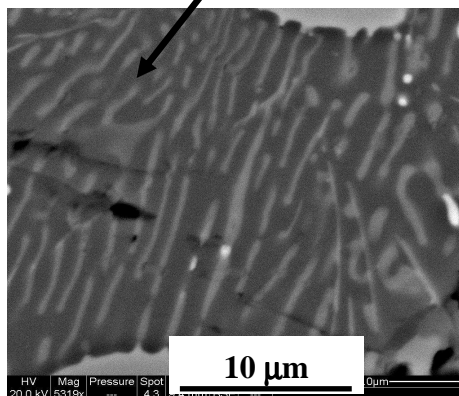
■ Ferrites de calcium ■ chaux vive



Laitiers LU 1, 2, 3 et 4



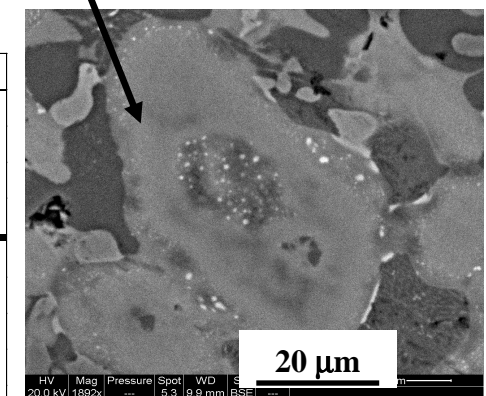
Laitiers LU 5, 6, 7, 8 et 9



Micro-inclusions

Laitier	MICRO-INCLUSIONS	NODULES
LU 1	90 à 95%	5 à 10%
LU 2		
LU 3		
LU 4		
LU 5	Plus de 40%	Jusqu'à 60%
LU 6		
LU 7		
LU 8		
LU 9		

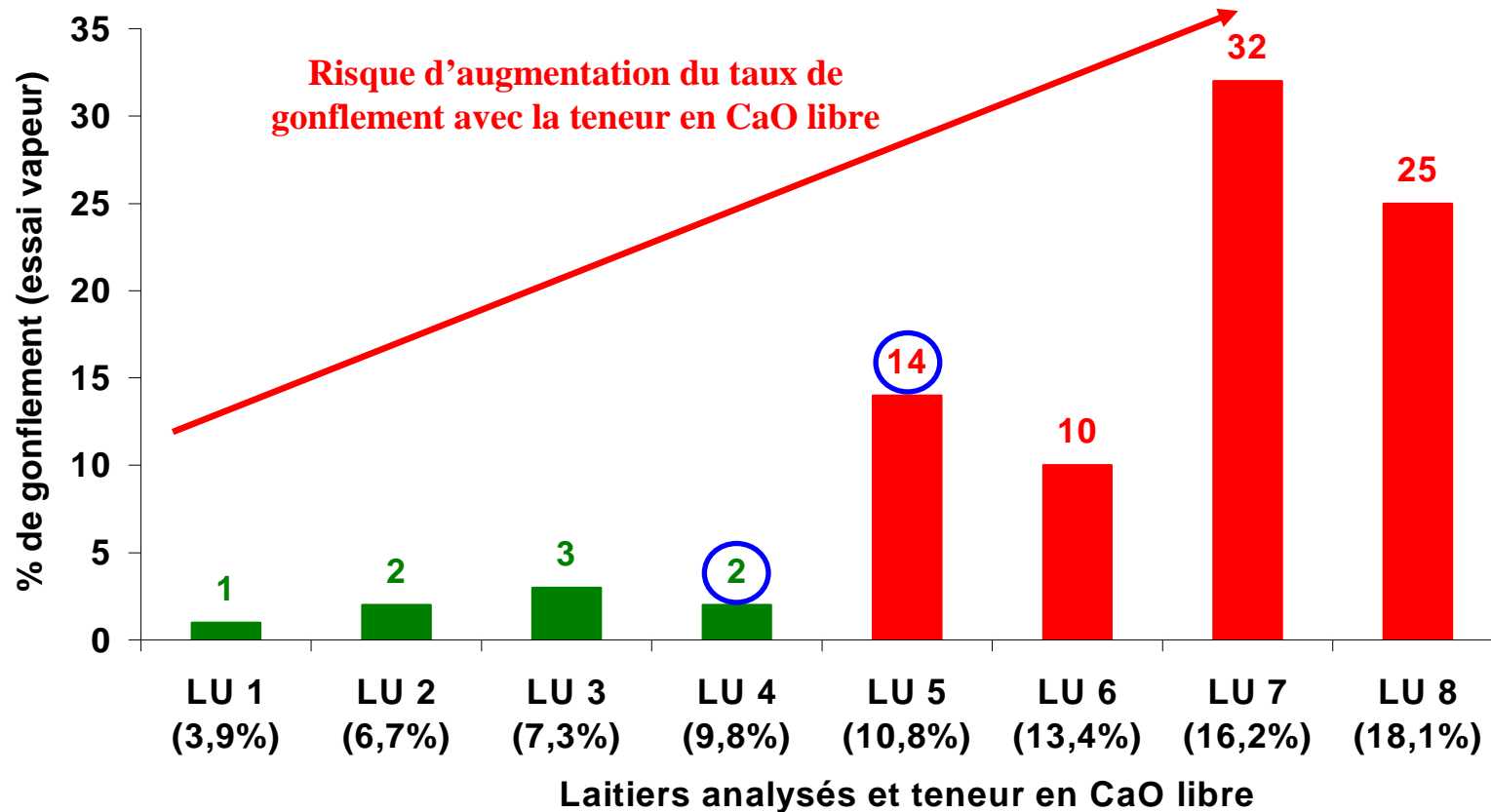
Estimation des proportions de nodules et de micro-inclusions de chaux vive dans les laitiers



Nodules

4. Influence de la teneur en chaux libre et de sa répartition (nodules, micro-inclusions) sur l'instabilité des laitiers

Taux de gonflement des laitiers corrélés à leur teneur en chaux libre :

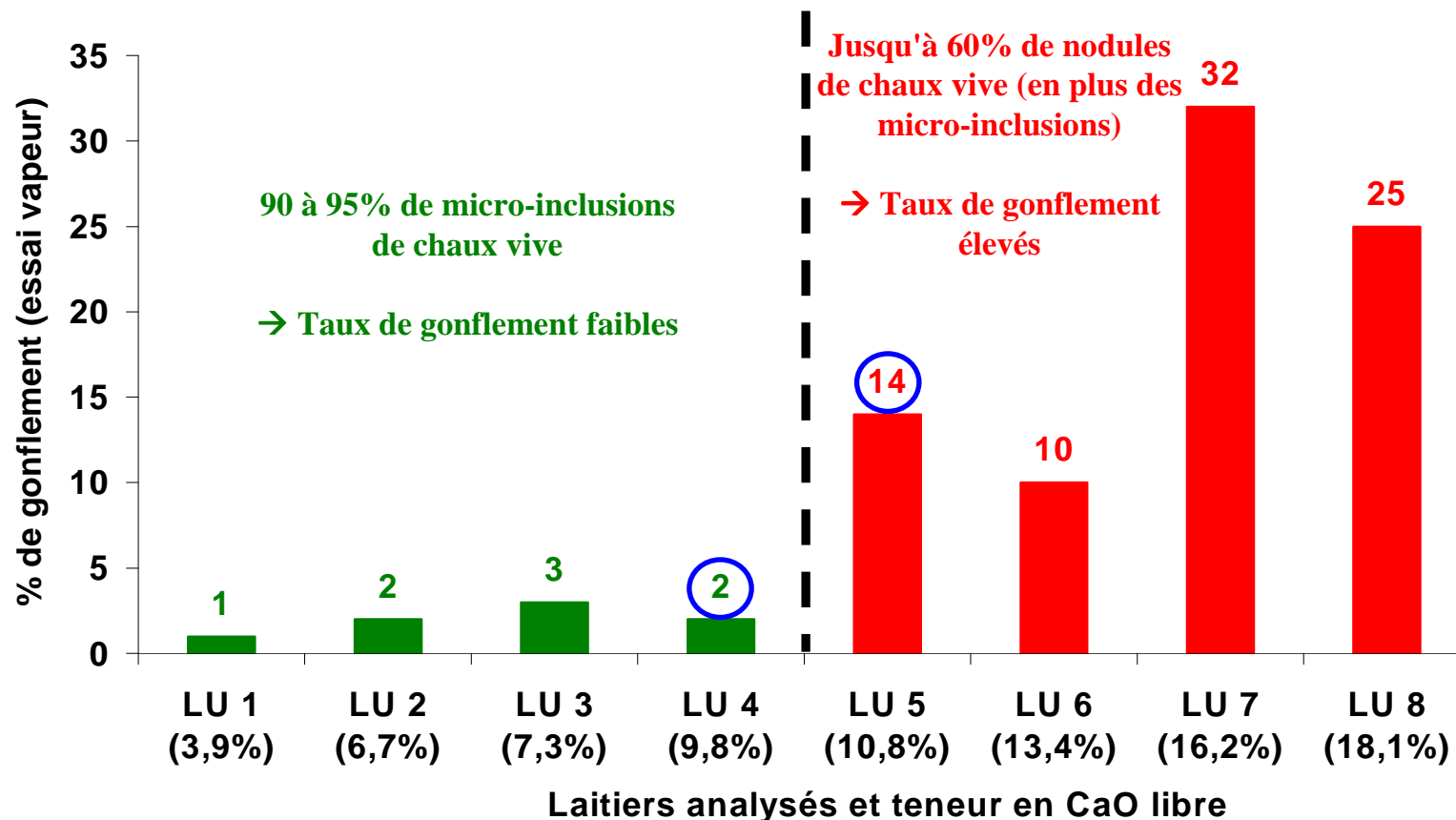


→ La teneur en chaux libre est un paramètre fondamental à prendre en compte dans l'instabilité.

→ Elle ne permet cependant pas toujours de l'expliquer.

4. Influence de la teneur en chaux libre et de sa répartition (nodules, micro-inclusions) sur l'instabilité des laitiers

Taux de gonflement des laitiers corrélés à la répartition des nodules et des micro-inclusions de chaux vive :



→ Les micro-inclusions de chaux vive sont, en terme de stabilité, très peu délétères.

→ La répartition de la chaux vive est un paramètre TRES DISCRIMINANT.

1) Mise en évidence que la chaux vive est présente sous deux formes dans les laitiers LD :

NODULES et **MICRO-INCLUSIONS**.

2) Influence de la teneur en chaux libre et de sa répartition sur l'instabilité des laitiers a permis d'établir que :

- Lorsque des **NODULES** sont présents en grande quantité dans les laitiers, les risques de désordres dimensionnels sont très élevés.
- Lorsque les laitiers contiennent essentiellement des **MICRO-INCLUSIONS**, ces risques sont très faibles.

3) Sur la base de la connaissance de la composition chimique du laitier et des conditions de fonctionnement du convertisseur pour chaque coulée, il a pu être établi un mode de sélection des coulées de laitier contenant essentiellement la chaux sous forme de micro-inclusions.



Département
Génie Civil et
Environnemental



Laboratoire
Génie Civil
et géo-Environnement
Lille Nord de France



Merci pour votre attention



Journée Technique du 5 juin 2014 à Douai