

un  
nouveau  
souffle  
dans le  
BTP

**LES  
PARTICULES  
FINES**

## Caractérisation en chambre d'émissions issus de situation de travail

**Christophe Bressot – INERIS**

Dr M. CAMBRELIN<sup>1</sup>, L. MEUNIER<sup>3</sup>, O. LE BIHAN<sup>3</sup>, Pr P. BROCHARD<sup>2</sup>

- (1) Président du GNMST BTP
- (2) Service de médecine du travail et pathologies professionnelles au CHU de Bordeaux patrick.
- (3) Institut National de l'Environnement et des Risques Industriels (INERIS)

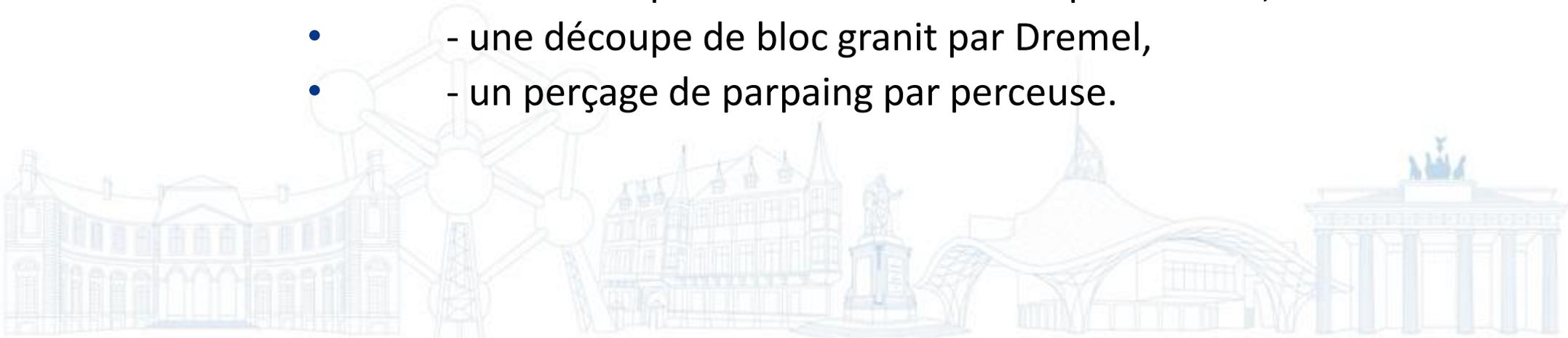
du **22** au **24**  
**MAI 2019**

**METZ**

Centre des Congrès  
Robert Schuman

## Contexte

- **Le GNMST BTP et le CHU de Bordeaux** souhaitent disposer de données sur l'exposition des ouvriers sur les chantiers de démolition impliquant de la silice cristalline. En effet, des cas d'exposition de travailleurs exposés à des particules des silices cristallines suite à sollicitation de roches sont documentés (*e.g. Radnoff et coll. 2014*).
- Une distribution granulométrique des aérosols obtenus permettrait l'identification des particules nanométriques (<100 nm) possiblement cytotoxiques.
- 
- Trois couples de sollicitation sont retenus :
  - - une découpe de bordure en béton par Dremel,
  - - une découpe de bloc granit par Dremel,
  - - un perçage de parpaing par perceuse.



# Expression du besoin

- Le GNMST BTP a confié à l'INERIS une étude sur les émissions de nanoparticules dues aux sollicitations de découpage et de perçage de matériaux de construction en boîte à gants. Les protocoles conçus en commun visent à reproduire les méthodes de démolition employées sur les chantiers. Ce groupement souhaite tout particulièrement disposer de données sur l'exposition à la silice cristalline d'ouvriers présents sur les chantiers de démolition de bâtiments. Le *protocole a été mis au point entre l'INERIS, le GNMST BTP, et le Pr Brochard (expert au groupe de travail « Silice » de l'ANSES).*



*Description des échantillons soumis à essais*

Code	Type de matériaux	Dimensions (L x l x h en cm)	Sollicitations	Image échantillon
<b>Bordure en béton</b>	Mortier de béton, type bordure de trottoir T2 <a href="#">bonomi-beton</a> .	9,5 x 12 x 25	Découpe /Dremel	
<b>Pavé en granit</b>	Pavé de Granit naturel.	18 x 11 x 24	Découpe /Dremel	
<b>Parpaing</b>	Béton Référence N° 1894065 chez Point P Senlis.	19 x 10 49,5	Perçage par perceuse.	

## Conditions des sollicitations

sollicitation par	Apport de l'appareil	Domaine d'utilisation	Paramètres
<b>disqueuse</b>	Découpe avec moteur déporté	Matériau solide	Dremel 400 digital, 175 W, 28 000 T/min, disque de tronçonnage n° 409 en alumine. <a href="http://www.dremel.com">www.dremel.com</a>
<b>Perceuse</b>	Perçage	Matériau solide	Skil 6280 550 W 0 - 3000 T/min foret béton Ø 6 mm.



Dremel →

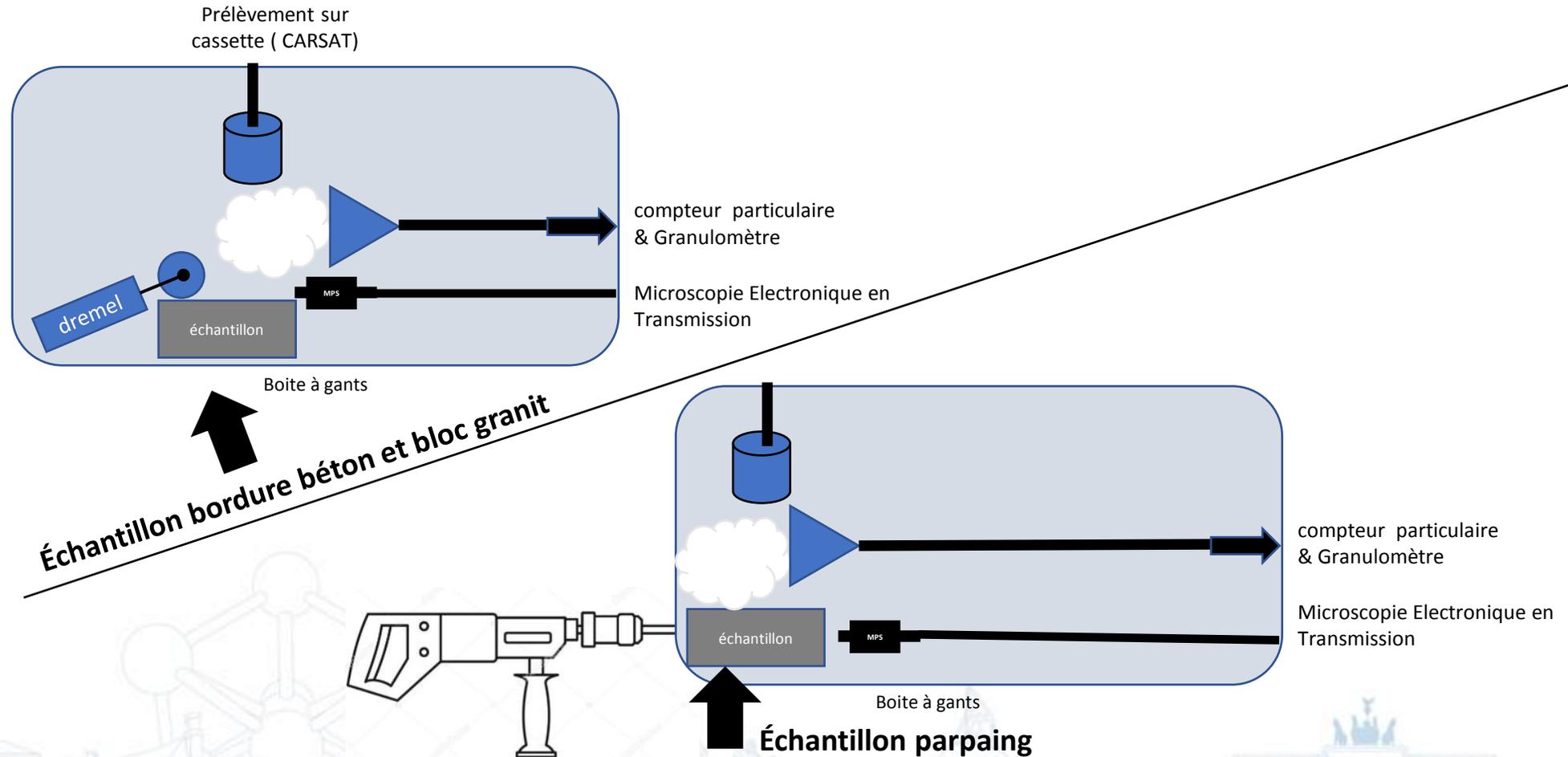
pavé en granite et bordure en béton

Perceuse →

parpaing

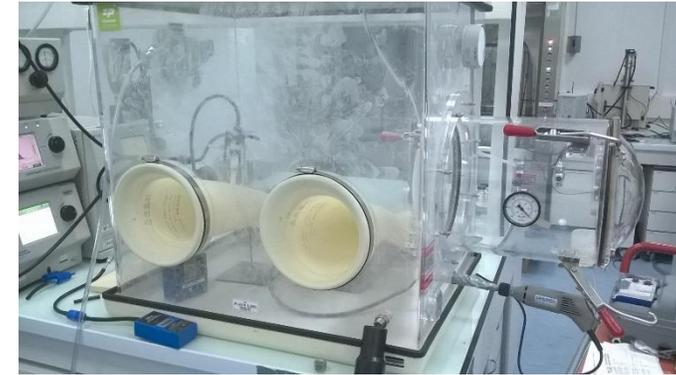
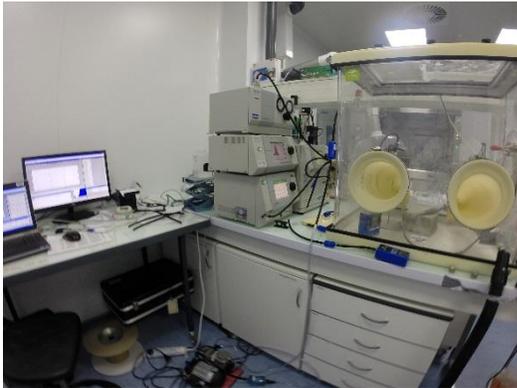
. La durée de chaque l'opération est de 10 secondes de découpe et 50 secondes d'attente

*Deux configurations : la découpe (Dremel) et le perçage (perceuse)*



- Laboratoire nanosécurisé (contrôle de l'empoussièrement)

# Description du laboratoire et des instruments



- Les essais se sont déroulé au sein de la Plateforme d'essais Nanomatériaux Nanopoudres S-NANO

	3775 TSI	SMPS	APS / TSI	MPS
Photo				
Solvant	Butanol	Butanol		
Gamme	4 nm - 2,5µm	15 -750 nm	0,5 µm- 20 µm	1nm -100 µm
Débit	0,3L/min -	0,3L/min	5 L/min	0.3 L/min



préleveur sur cassette pour les analyses de diffraction RX (Carsat).

## Comptages particulaires

- Bordures en béton/Dremel :

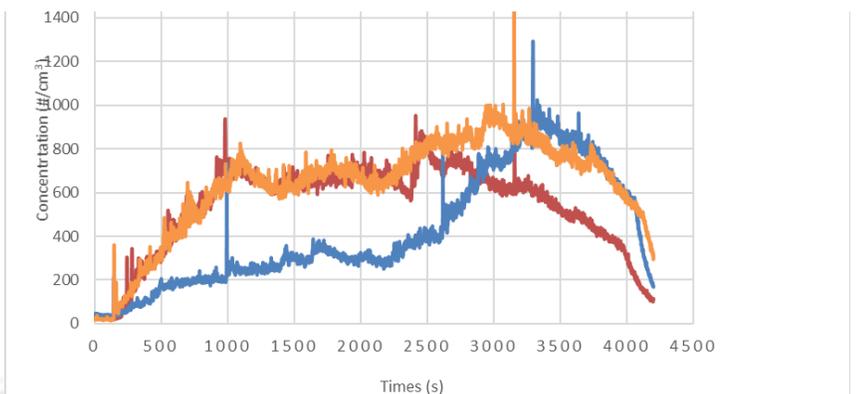
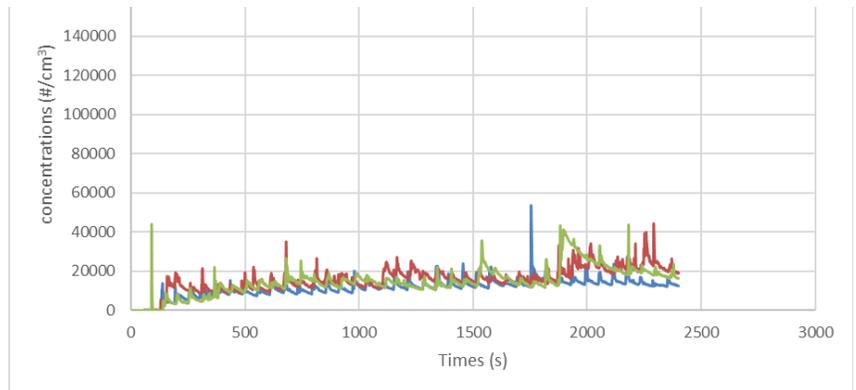
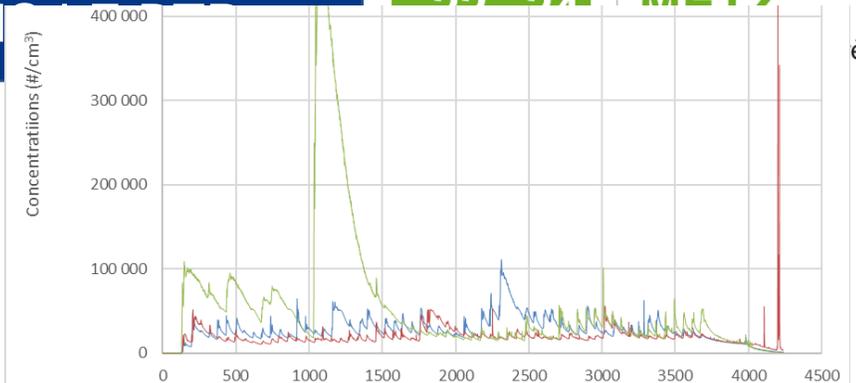
Les essais mettent en évidence des niveaux importants de concentrations particulaires généralement entre 10 000  $\#/cm^3$  et 100 000  $\#/cm^3$  avec parfois des pics sporadiques supérieurs à 100 000  $\#/cm^3$ .

- Pavé en granit/Dremel :

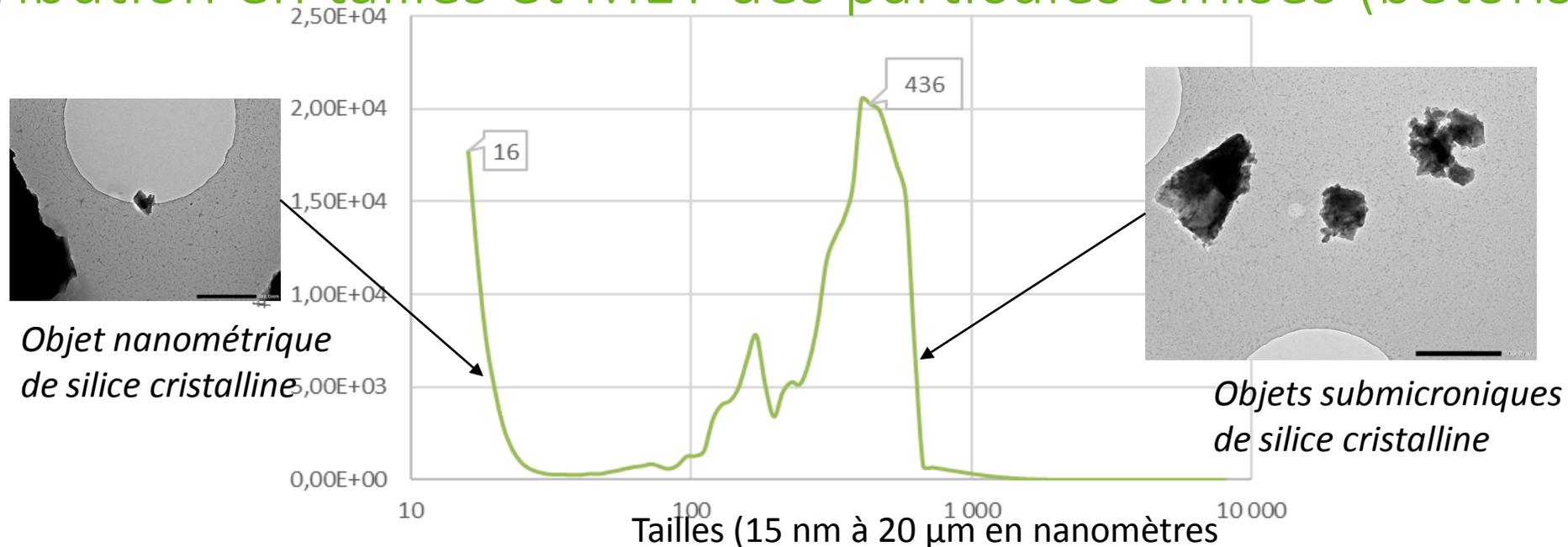
le nombre des particules émises lors de découpe de pavé de granit se situe principalement en dessous de 60 000  $\#/cm^3$  avec des maxima ponctuels supérieurs à 100 000  $\#/cm^3$ .

- Parpaing / perceuse :

Les niveaux de comptage des essais de perçage du parpaing se situent préférentiellement entre quelques centaines de  $\#/cm^3$  et 16 000  $\#/cm^3$ .



## Distribution en tailles et MET des particules émises (bétons/dremel)



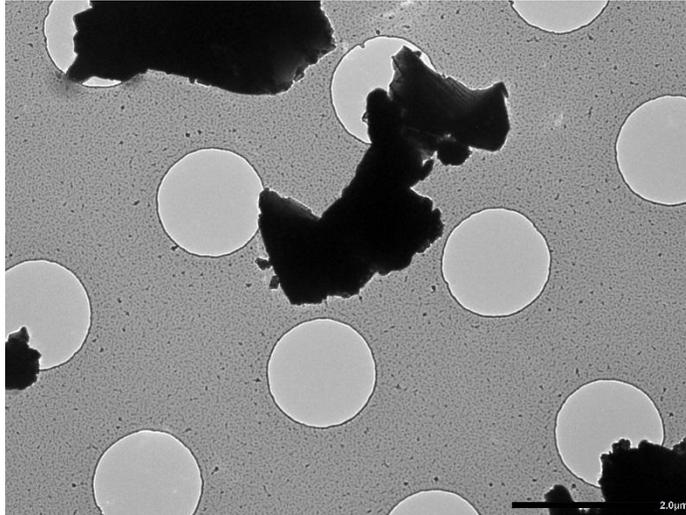
• **Moyenne de distribution en tailles lors de 15 minutes de découpage :**

- Mesures entre 16 nm et 20  $\mu\text{m}$ .
- Fortes concentrations observées ( $\sim 30\,000 \text{ \#/cm}^3$ ). Modes principaux observés : < 16 nm et 436 nm.

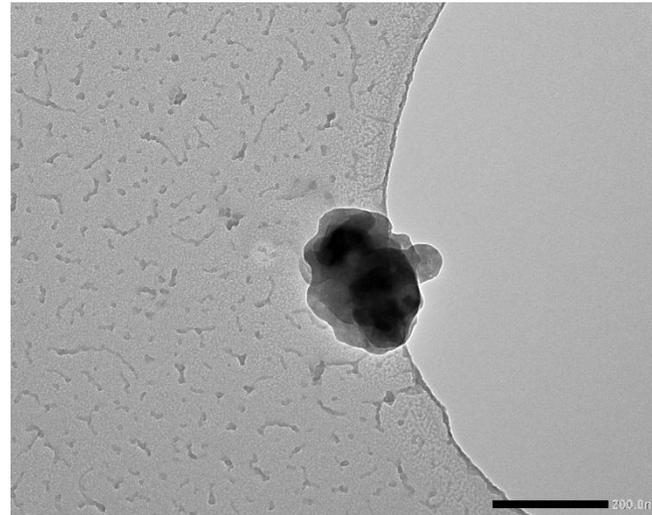
• **Microscopie en Transmission (MET) :**

- Présence de silice cristalline nanométrique (<100 nm) et submicronique (< 1 $\mu\text{m}$ ).
- Peu de silice cristalline au dessus de 1  $\mu\text{m}$ .

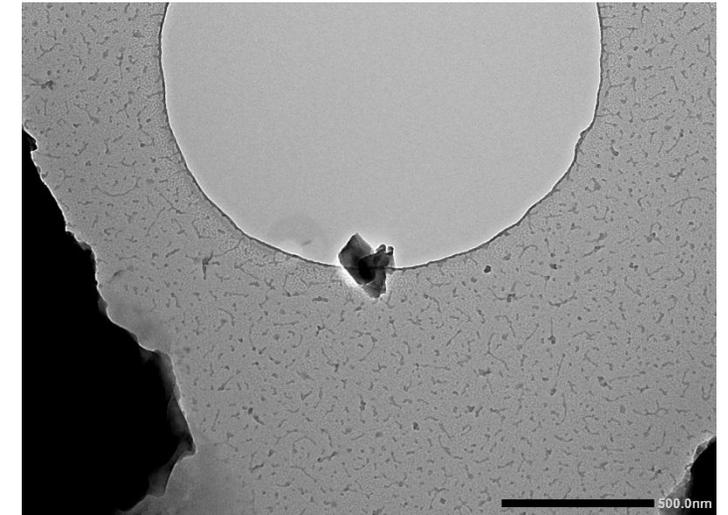
# Détails microscopiques des émissions



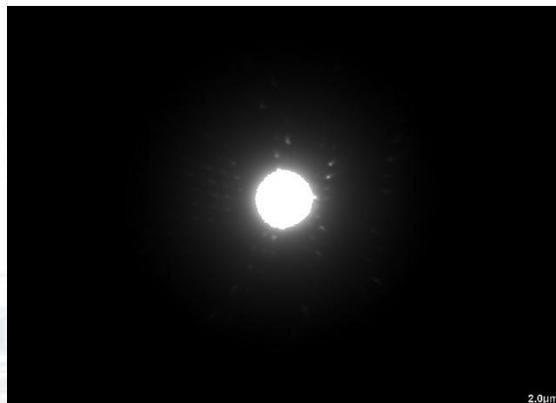
Gros objets microniques



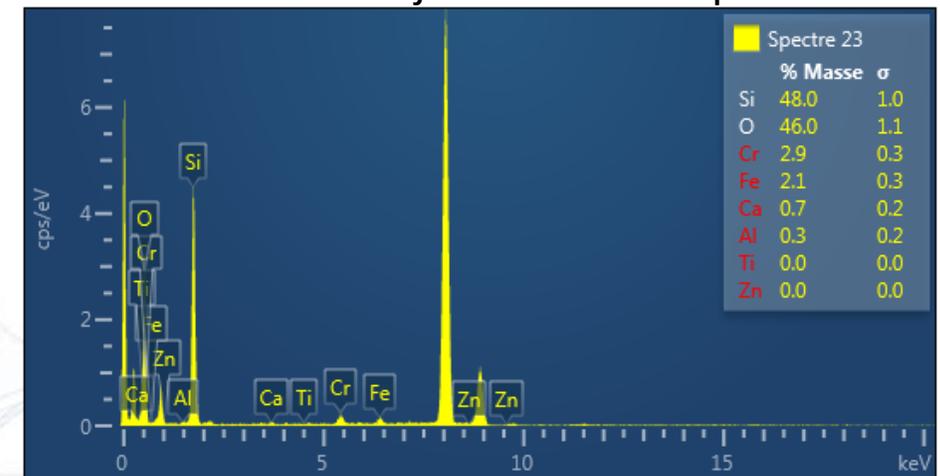
Objets nanométriques



Objets nanométriques

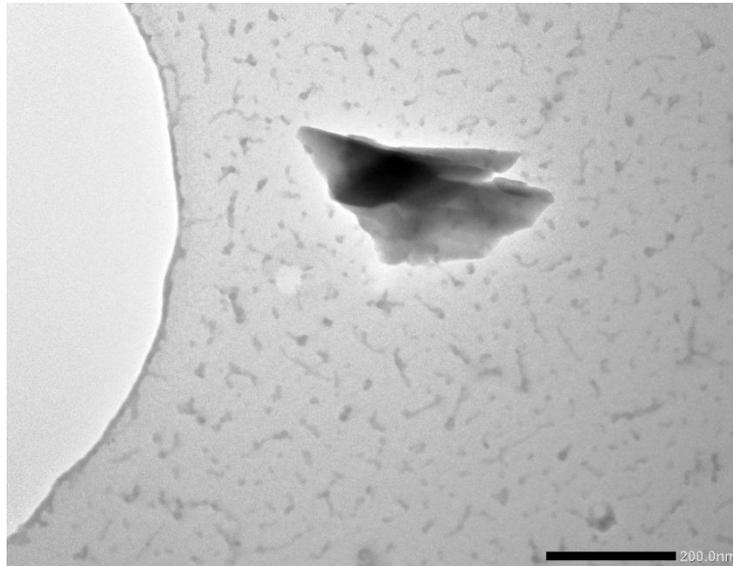


Diffraction / nano-objets

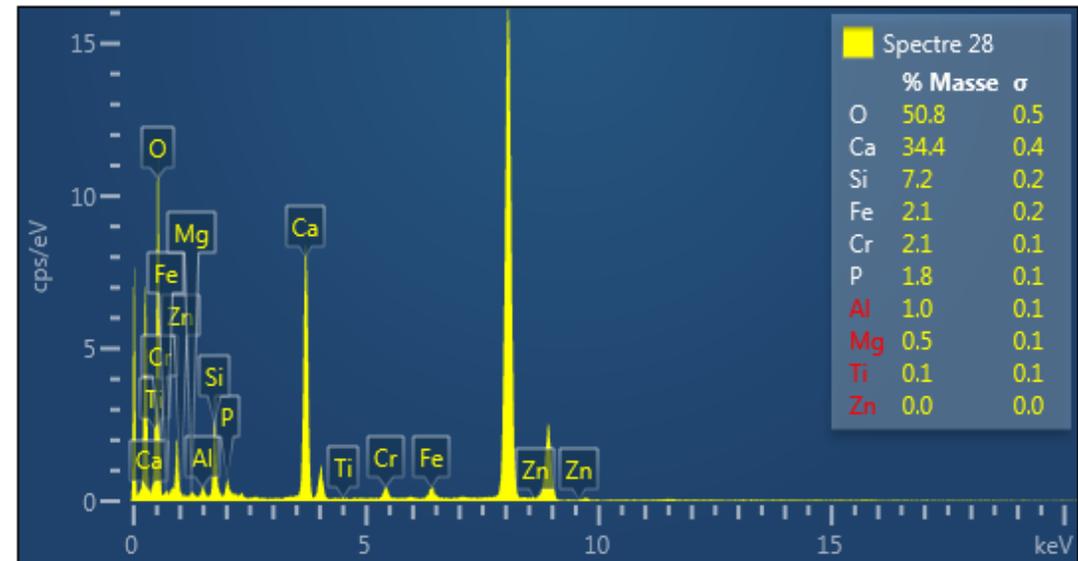


Spectre EDS / nano-objets

## Détails microscopiques des émissions

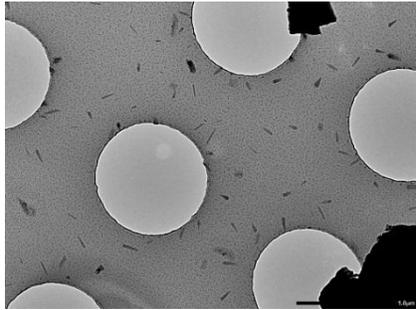


Objet submicronique

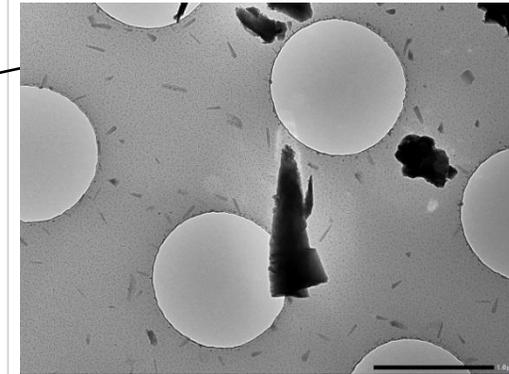
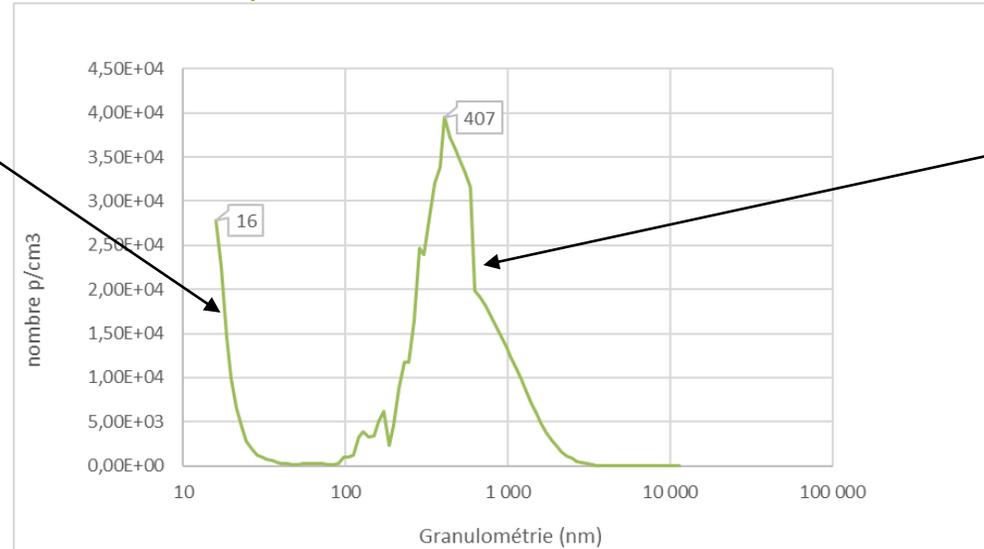


Spectre EDS / objet

## Distribution en tailles et MET des particules émises lors du découpage d'un bloc granit.



Objet nanométrique  
de silice cristalline



Objets submicroniques  
de silice cristalline

Tailles (15 nm à 20 µm en nanomètres)

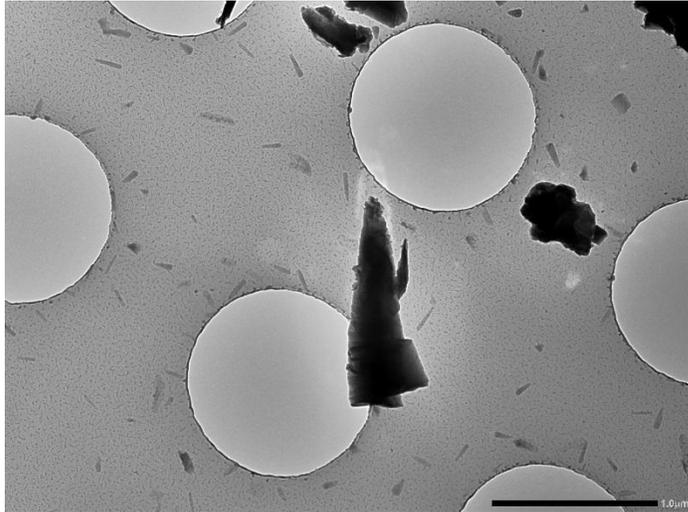
• **Moyenne de distribution en tailles lors de 15 minutes de découpage :**

- Mesures entre 16 nm et 20 µm.
- Fortes concentrations observées (~ 30 000 #/cm<sup>3</sup>). Modes principaux observés : < 16 nm et 407 nm.

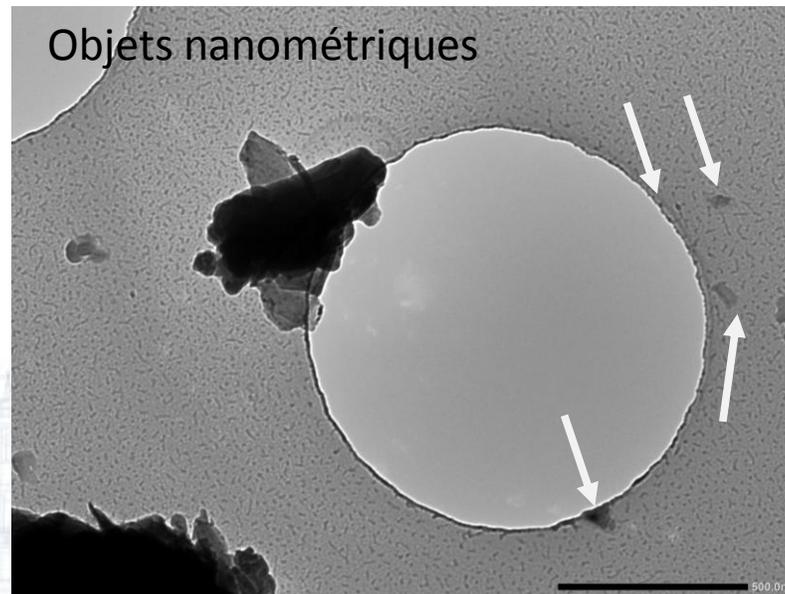
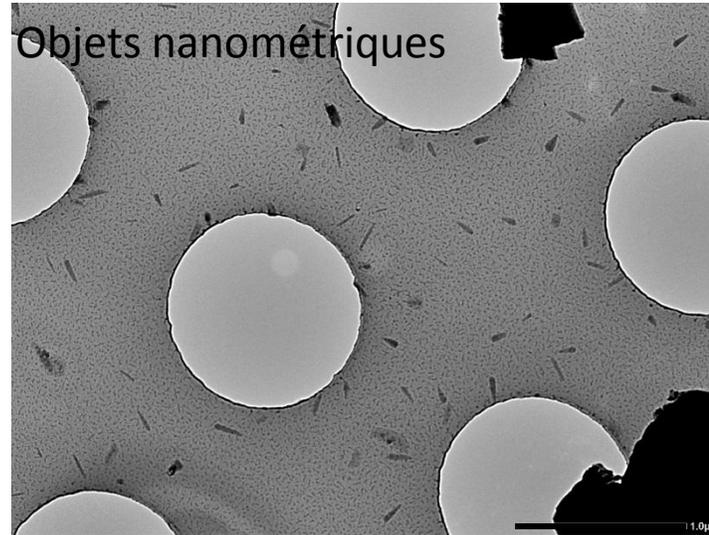
• **Microscopie en Transmission (MET) :**

- Forte présence de silice cristalline nanométrique (<100 nm) avec quelques objets submicroniques (<1µm).
- Peu de silice cristalline au dessus de 1 µm.

## Détails microscopiques des émissions



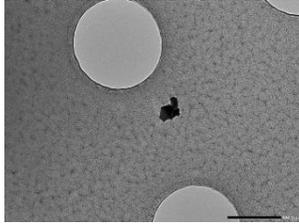
Gros objets microniques



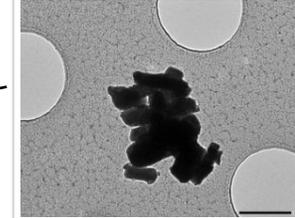
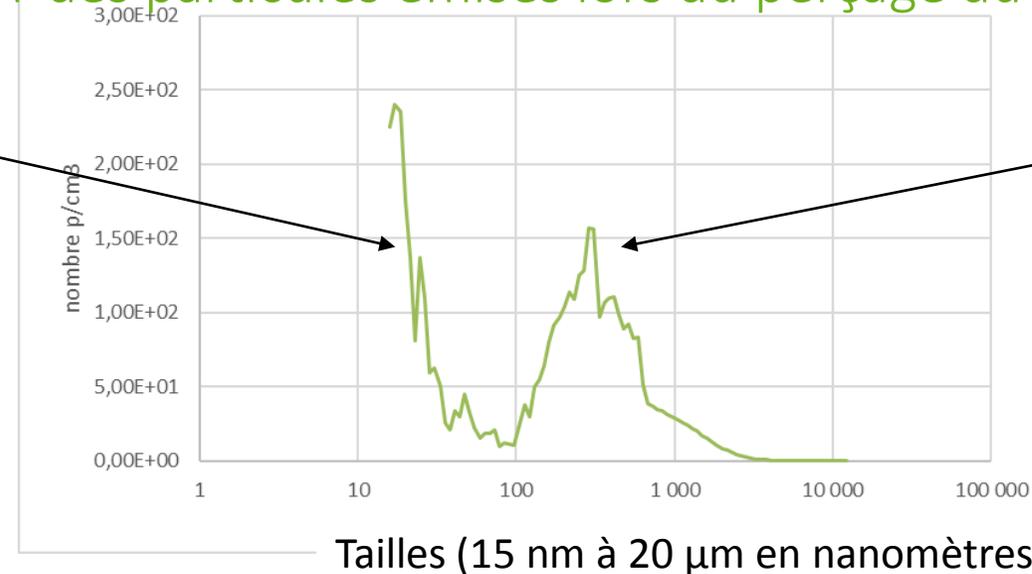
Diffraction / nano-objets



## Distribution en tailles et MET des particules émises lors du perçage du parpaing pendant 30 min.



Objet nanométrique  
de matrice cimentaire (C,  
O, Ca, Si)  
Pas de silice libre  
observable



Objets  
submicroniques/microniques  
De matrices cimentaires. Pas  
de  $\text{SiO}_2$  libre observable.

### Moyenne de distribution en tailles lors de 15 minutes de perçage :

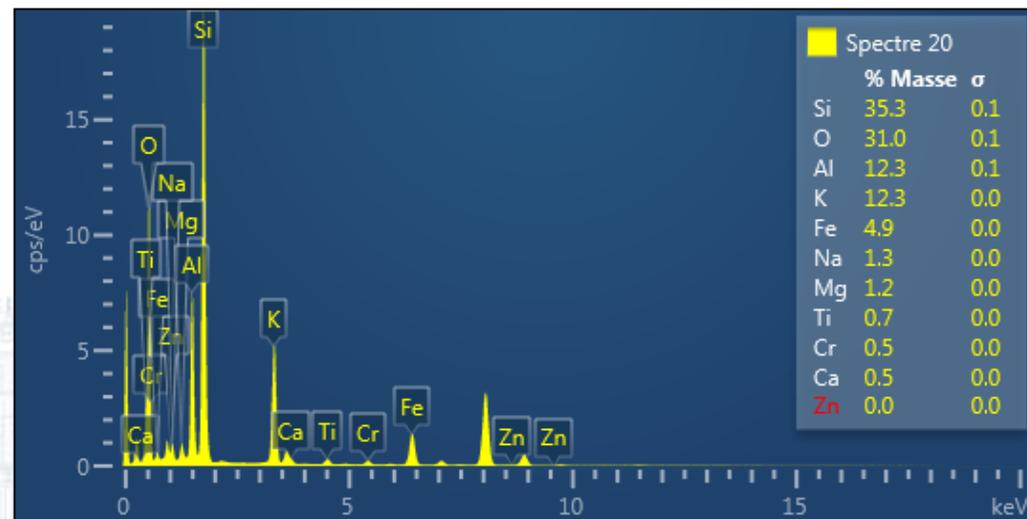
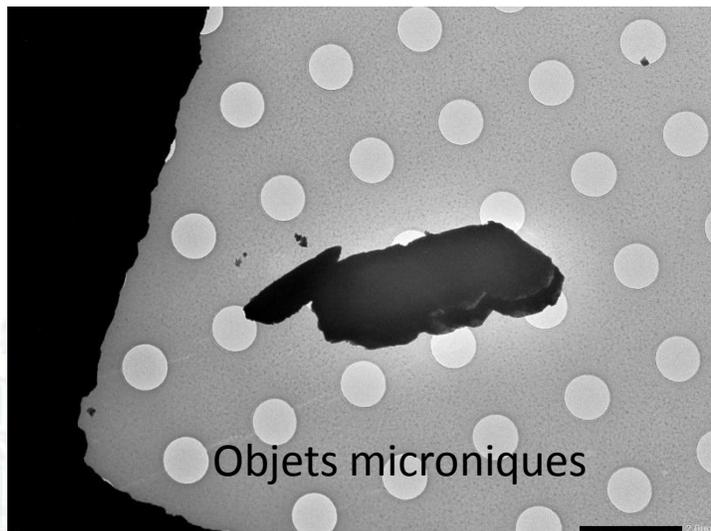
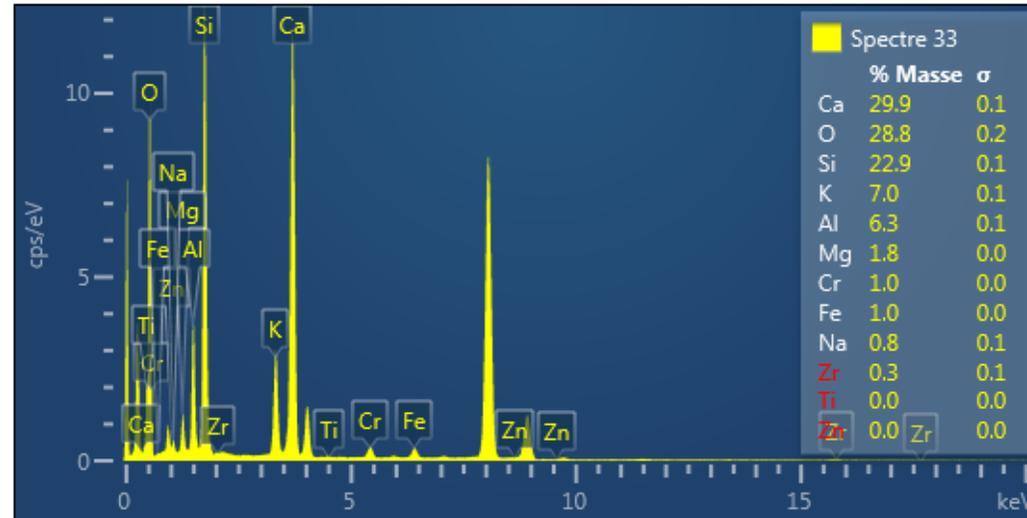
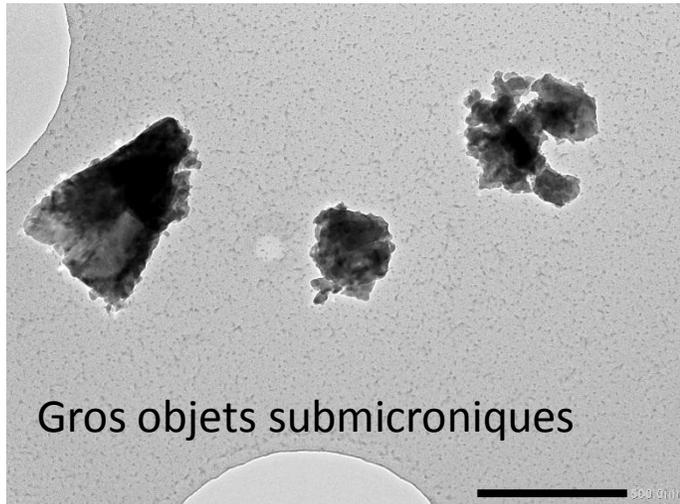
Mesures entre 16 nm et 20  $\mu\text{m}$ .

Concentrations observées plus faibles ( $\sim 200$  à  $10\,000$   $\#/\text{cm}^3$ ). Modes principaux observés : 16 nm et 309 nm ;

### Microscopie en Transmission (MET) :

Aucune particule libre silice cristalline nanométrique observée mais des débris de matrice cimentaire à composition complexe (Ca, C, O, Si).

## Détails microscopiques des émissions



## Analyse RX (Carsat Bordeaux)

Chaque essai a donné lieu à un prélèvement intégratif sur cassette pour dosage de la silice cristalline de tout grade par RX. Elles sont à comparer aux Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle VLEP contraignantes pour la silice cristalline) pour le quartz et la cristobalite respectivement égales à 0,1 mg/m<sup>3</sup> et 0,05 mg/m<sup>3</sup>. (cf. Article R. 4412-149 du code du travail).

	Béton/ Dremel		Granit/ dremel		Parpaing/perceuse	
	Quartz (mg/m <sup>3</sup> )	Cristobalite (mg/m <sup>3</sup> )	Quartz (mg/m <sup>3</sup> )	Cristobalite (mg/m <sup>3</sup> )	Quartz (mg/m <sup>3</sup> )	Cristobalite (mg/m <sup>3</sup> )
15 min	22,9 *	0,2*	2,7	0,4	≤ 0,06	≤ 0,05
30 min	16,8*	0,08*	3,4*	0,3*	≤ 0,033	≤ 0,027
60 min	5,3*	0,03	7,3*	0,04	≤ 0,01	≤ 0,01

**En rouge** valeur excédent les Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle VLEP contraignantes pour la silice cristalline) pour le quartz et la cristobalite.

\* Valeur indicative car excédent la gamme d'étalonnage.

## Conclusion

- Les protocoles envisagés et proche des sollicitations terrains mettent en évidence :
  - De fortes émissions particulières de silices cristallines nanométriques et submicroniques (fraction alvéolaire) lors de la découpe du bloc granit,
  - Des émissions particulières élevées de silices cristallines nanométriques et submicroniques (fraction alvéolaire) durant la découpe de la bordure béton,
  - Les émissions dues au perçage des parpaings très inférieures aux essais précédents. Quelques composites de plusieurs micromètres de diamètre, faits de silice cristalline et de matrice cimentaire sont observés. Aucune silice cristalline libre n'est observable sur les prélèvements.
- Par ailleurs les analyses par diffraction RX des prélèvements des aérosols (CARSAT Bordeaux) confirment bien la présence de silice cristalline lors des trois types d'essais.

