JOURNÉE TECHNIQUE

# Pierre naturelle et poussières : comprendre pour mieux s'en protéger

3 JUIN 2025 - PARIS 5E



CTMNC
Pierre naturelle

17ÈME JOURNÉE TECHNIQUE DU CTMNC

# Pierre naturelle et poussières : comprendre pour mieux s'en protèger







## MARDI 3 JUIN 2025

**SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE**
77, rue Claude Bernard - PARIS 5e

PARTICIPATION AUX FRAIS : 35,00 € TTC
COMPREND : ACCÈS AUX CONFÉRENCES, REPAS, PAUSE, DOSSIER
DANS LA LIMITE DES PLACES DISPONIBLES (60 MAXI)

JOURNÉE RÉSERVÉE AUX PROFESSIONNELS DE LA FILIÈRE PIERRE NATURELLE ET À L'ENSEMBLE DES CHERCHEURS ET AUTRES PERSONNALITÉS DONT LES TRAVAUX ONT POUR OBJET L'EXPOSITION AUX POUSSIÈRES

LIEN D'INSCRIPTION :
HTTPS://FORMS.OFFICE.COM/E/YAJEVGKN2E
AVANT LE 26/05/2025

CONTACT
NADÈGE VERRIER
CTMNC-ROC@CTMNC.FR
TÉL : 01 44 37 50 00

# PROGRAMME DE LA JOURNÉE TECHNIQUE

ANIMATION : Jean-Louis VAXELAIRE, Président de la Graniterie PETITJEAN SAS
EN PRÉSENCE DE : Hervé LANOUZIÈRE, Directeur de l'INTEFP

9H15 - 9H45 ACCUEIL

9H45 - 10H00 DISCOURS D'OUVERTURE
Pourquoi agir sur l'exposition aux poussières ?
› Emeric DE KERVENOAËL, Carrières de Noyant, Vice-Président du CTMNC

10H00 – 10H40 RÉGLEMENTATION ET MÉTROLOGIE
Obligations, seuils et comparaisons européennes
› Bruno COURTOIS, INRS

10H40 – 11H20 MESURES EN ENTREPRISE
État des lieux et retours d'expérience
› Benoît MILOU, Carsat Midi-Pyrénées

11H20 – 12H00 POUSSIÈRES DE PIERRE NATURELLE
Résultats d'une étude terrain à l'échelle de la filière
› Adrien RIZZA, CTMNC

12H00 – 13H30 PAUSE DÉJEUNER

13H30 – 14H30 TÉMOIGNAGES : COMMENT LES PROFESSIONNELS S'APPROPRIENT-ILS LA PROBLÉMATIQUE ?
Granit : Retours terrain
› Marc DE BEAUFORT, Bretagne Granits
Marbrerie : particularités et solutions
› Philippe LEDRANS, MDY
Bois et poussières : similitudes et différences
› Vincent QUINT, Institut FCBA

14H30 – 15H45 SENSIBILISATION ET SOLUTIONS DE RÉDUCTION DES EXPOSITIONS
Guide de sensibilisation à la silice cristalline
› Sylvie GODFRIN, EPSAT Vosges
Solutions techniques existantes
› Sébastien SCHAEFFER, OberA
Surveillance et capteurs portatifs
› Adrien RIZZA, CTMNC

15H45 – 16H00 FINANCER LA PROTECTION : DISPOSITIFS ET OPPORTUNITÉS
› Vincent RAYNAUD, SNROC

16H00 – 16H30 TABLE RONDE
› Échanges avec tous les participants

16H30 – 16H45 CLÔTURE DE LA JOURNÉE
Remerciements et fin de la journée technique
› Emeric de Kervenoaël, Carrières de Noyant, Vice-Président du CTMNC




## SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

77, RUE CLAUDE BERNARD – 75005 PARIS

BUS : 24 - 21 - 27
RER : B - STATION LUXEMBOURG (SORTIE 3)

ACCUEIL À PARTIR DE 9H15

CONTACT
NADÈGE VERRIER
CTMNC-ROC@CTMNC.FR
TÉL : 01 44 37 50 00

CTMNC
Pierre naturelle

PIERRE NATURELLE

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite



17E JOURNÉE TECHNIQUE

# Pierre naturelle et poussières : comprendre pour mieux s'en protèger

3 JUIN 2025 – PARIS 5E

CTMNC
MATERIAUX NATURELS DE CONSTRUCTION

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# RÉGLEMENTATION ET MÉTROLOGIE
# Obligations, seuils et comparaisons européennes

Bruno COURTOIS, INRS

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Plan de la présentation

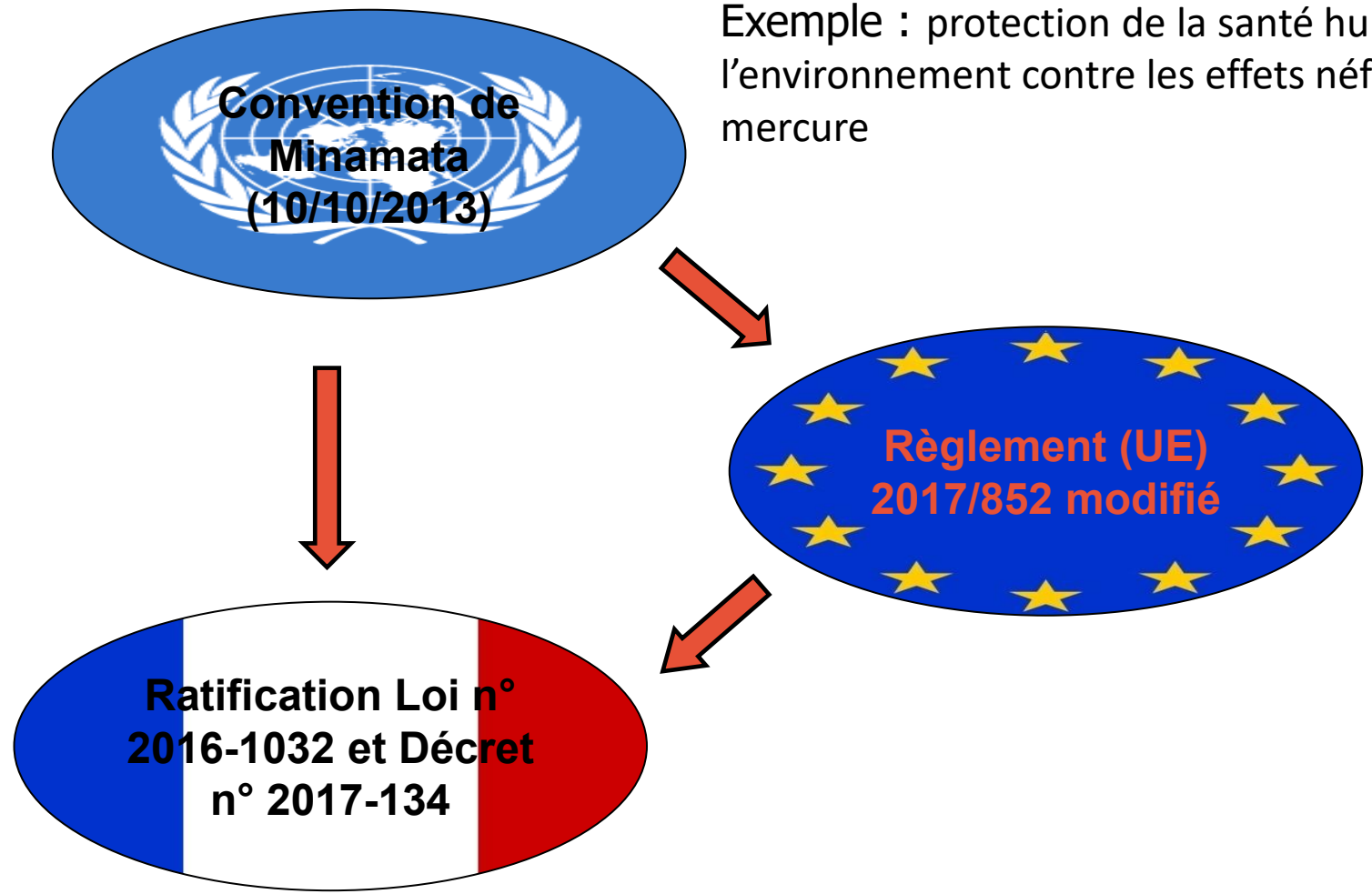
- **La réglementation européenne**
- **Les poussières et la silice cristalline**
- **VLEP silice cristalline et poussières dans différents pays**
- **Conclusions**

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# La réglementation européenne

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Origines et hiérarchie du droit




Exemple : protection de la santé humaine et l'environnement contre les effets néfastes du mercure

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Règlement et directive au niveau européen

- Règlements : s'appliquent directement dans les états membres de l'Union Européenne
- Directives : doivent être transposées dans les réglementations des états membres de l'Union Européenne : il existe une marge d'adaptation

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Principaux textes européen risque chimique

- Règlement « **REACH** » (CE) n°1907/2006 : Evaluation des dangers des substances chimiques et limitations d'emplois
- Règlement « **CLP** » n° 1272/2008 classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges
- Directive « **ACD** » 98/24/CE cadre général agents chimiques dangereux
- Directive « **CMR** » 2004/37/CE cadre général Cancérigène, Mutagène et toxique pour la reproduction

- Directive « **Machine** » 2006/42/CE

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Directives Européennes ACD et CMR

- Les directives ACD et CMR visent à :
  - Aider les états membres dans la mises en œuvre de mesures de prévention pour protéger le travailleurs;
  - Chercher un équilibre des exigences entre harmonisation des mesures mises en œuvre par les Etats membres pour assurer un niveau de protection minimal pour tous les travailleurs afin d'éviter toute éventuelle distorsion dans le domaine de la compétitivité par l'application de mesures moins protectrices et moins couteuses ;

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Définition : substance

- Eléments chimiques et leurs composés
- tels qu'ils se présentent à l'état naturel ;
- ou qu'ils sont obtenus par un procédé de production ;
- comprenant un éventuel additif nécessaire à sa stabilité ou une éventuelle impureté.

- Exemple : quartz

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Définition : mélange

- Mélange ou solution composés de deux substances ou plus

- Exemple : mortier prêt à l'emploi (mélange de sable (quartz) et de ciment (clinker + sulfate de calcium))

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Définition : Agent chimique

- Tout élément ou composé chimique :
  - soit en l'état, soit au sein d'un mélange ;
  - naturel ou produit ;
  - utilisé ou libéré ;
  - produit ou non intentionnellement ;
  - mis ou non sur le marché
- Exemple : poussières de quartz



Copyright Yves COUSSON / INRS.

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Définition agent chimique dangereux

**Agent chimique …**

***dangereux***

**classé comme tel**



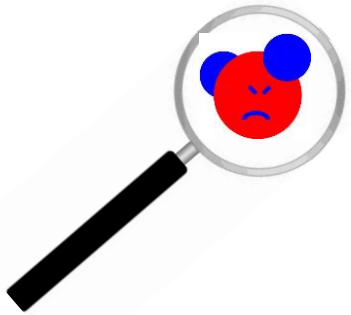
**connu comme tel**

**dispose d'une VLEP**

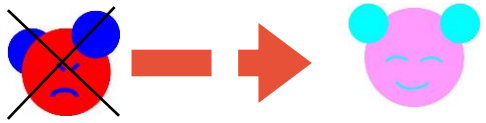
Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# La démarche de prévention du risque chimique dans les directives ACD et CMR

**1. Evaluation**



**2. Suppression** **3. Substitution**



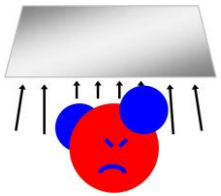
Pas possible pour la silice cristalline :

- Poussières alvéolaires dangereuses
- Omniprésence
- Propriétés mécaniques

**4. Conception des procédés de travail**



**5. Protection collective**

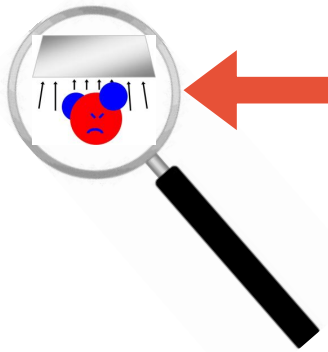


- Formation
- Surveillance médicale
- Traçabilité des expositions pour les CMR

**6. Protection individuelle : si nécessaire**



**7. Contrôle des moyens de prévention**



**8. Contrôle de l'exposition**



Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# VLEP dans les textes européens

- Les VLEP indicatives sont des objectifs de prévention et l'état membre peut transposer dans son droit une VLEP à un niveau inférieur ou supérieur.
- Les VLEP contraignantes tiennent compte de facteurs de faisabilité tout en maintenant l'objectif d'assurer la protection de la santé des travailleurs, les états membres ne peuvent transposer dans leur droit une VLEP moins protectrice.
- L'Etat membre informe la Commission des VLEP qu'il introduit ou révise.

- Attention : définitions différentes pour les VLEP contraignantes et indicatives dans le Code du travail

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Directives Européennes ACD et CMR

- Les directives ACD et CMR ne fixent pas:
  - Les mesures de contrôle du respect des VLEP:
    - Le caractère obligatoire ou non du mesurage,
    - La périodicité,
    - La stratégie d'échantillonnage,
    - Les méthodes de prélèvement et de mesure.
  - Les sanctions en cas de dépassement des VLEP

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Directive « Machine »

« 1.5.13. **Émission de matières et de substances dangereuses**

- La machine doit être conçue et construite de manière à éviter les risques d'inhalation, d'ingestion, de contact avec la peau, les yeux et les muqueuses, et de pénétration percutanée de matières et de substances dangereuses qu'elle produit.
- Lorsque le risque ne peut être éliminé, la machine doit être équipée de manière à ce que les matières et substances dangereuses puissent être confinées, évacuées, précipitées par pulvérisation d'eau, filtrées ou traitées par toute autre méthode pareillement efficace.
- Lorsque le processus n'est pas totalement confiné lors du fonctionnement normal de la machine, les dispositifs de confinement et/ou d'évacuation doivent être placés de manière à produire le maximum d'effet. »

- Règlement « Machine » (UE) 2023/1230, En vigueur à partir du 20 Janvier 2027 : peu d’évolution pour les émissions

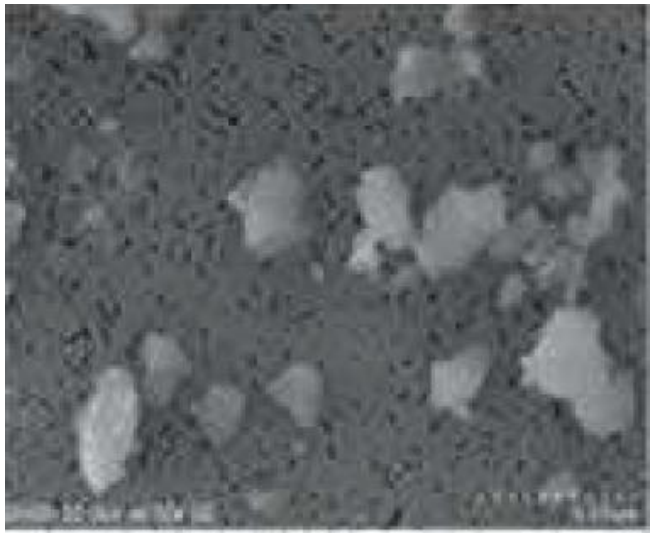
Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

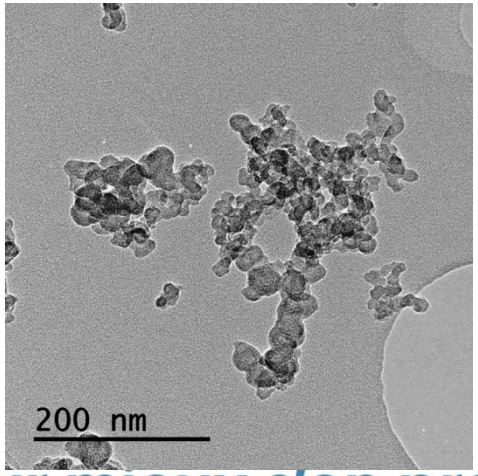
# Les poussières et la silice cristalline

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Les poussières

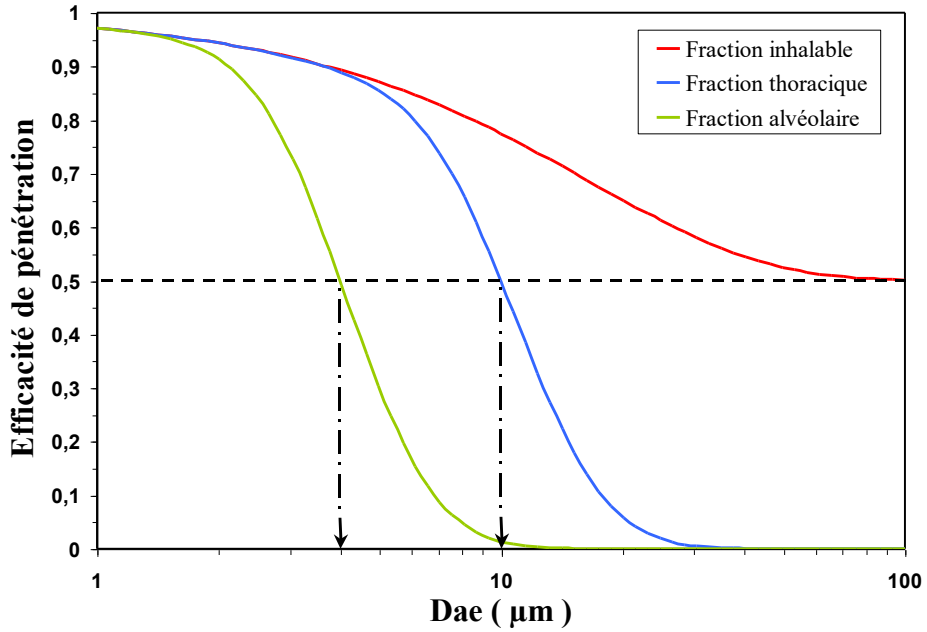
- Les **poussières** sont des dispersions de particules solides dans l'air, formées par un procédé mécanique ou par la remise en suspension depuis les lieux de dépôt.
- D'une façon plus générale, un **aérosol** désigne une dispersion dans l'air de particules solides ou liquides, quel que soit son mode de formation (par exemple condensation de vapeurs formées à températures élevées).





Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

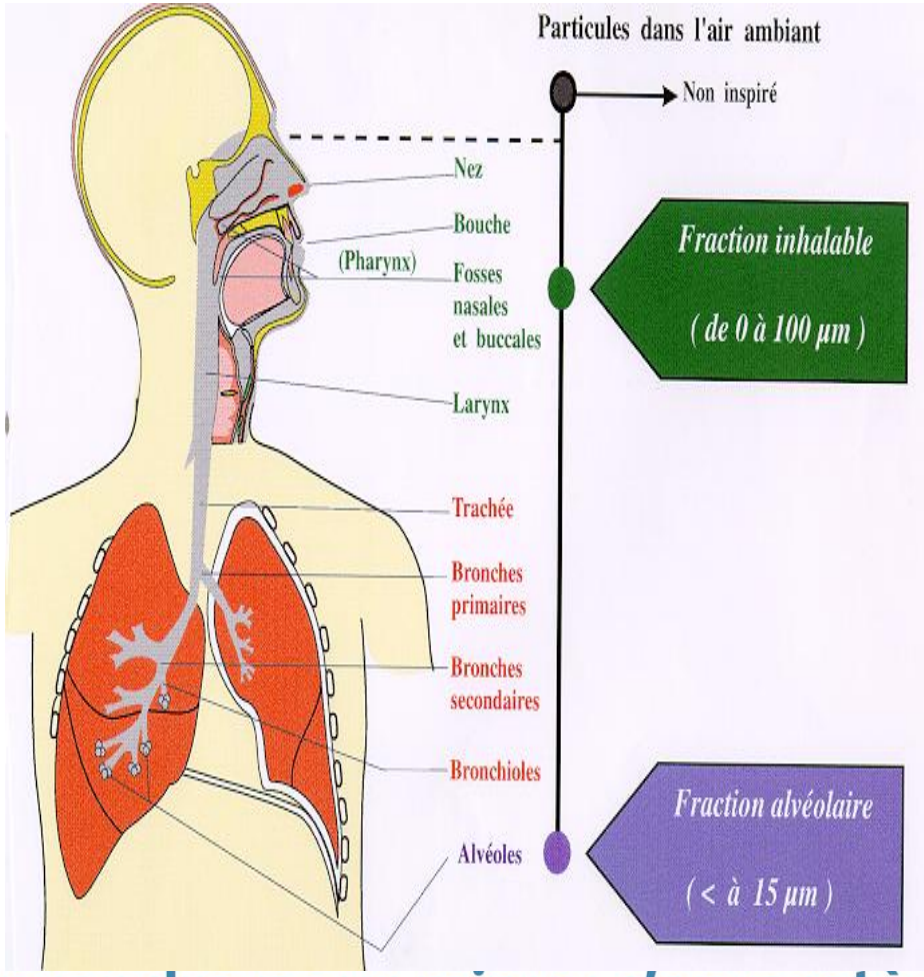
# Les fractions conventionnelles




**CEN (1993)**

**ACGIH (1994-1995)**

**ISO (1995)**



Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Les poussières

- Les poussières peuvent en se déposant dans les voies respiratoires avoir des effets négatifs sur la santé. En effet, la capacité du poumon à éliminer les particules déposées peut être dépassée lors d'expositions à des concentrations élevées de poussières pendant de longues durées. On parle alors de surcharge pulmonaire.

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# La silice cristalline

- La silice existe :
  - à l'état combinée dans les silicates :
  - les groupes $SiO_2$ sont liés à d'autres atomes : Al, Fe, Mg, Ca, Na, K,…
  - à l'état libre :
    - sous forme cristalline: la silice cristalline,
    - sous forme amorphe (non cristallisée)
- La silice cristalline est présente sous 3 principales variétés :
  - le quartz (l'un des minéraux les plus abondants de l'écorce terrestre),
  - la tridymite et la cristobalite (rare à l'état naturel),
- Le quartz est présent dans presque tous les types de roches :
  - éruptives (granite)
  - métamorphiques granitiques (gneiss, quartzite),
  - sédimentaires (sable, grès),

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Roches et silice cristallines

| **Roches** | **Taux de silice cristalline** |
|---|---|
| Calcaire | généralement inférieur à 1% |
| Basalte | jusqu'à 5% |
| Dolérite | jusqu'à 15% |
| Granite | jusqu'à 30% |
| Ardoise | jusqu'à 40% |
| Schiste | 40-60% |
| Grés | supérieur à 90 % |
| Quartzite | supérieur à 95 % |

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Cristobalite et tridymite

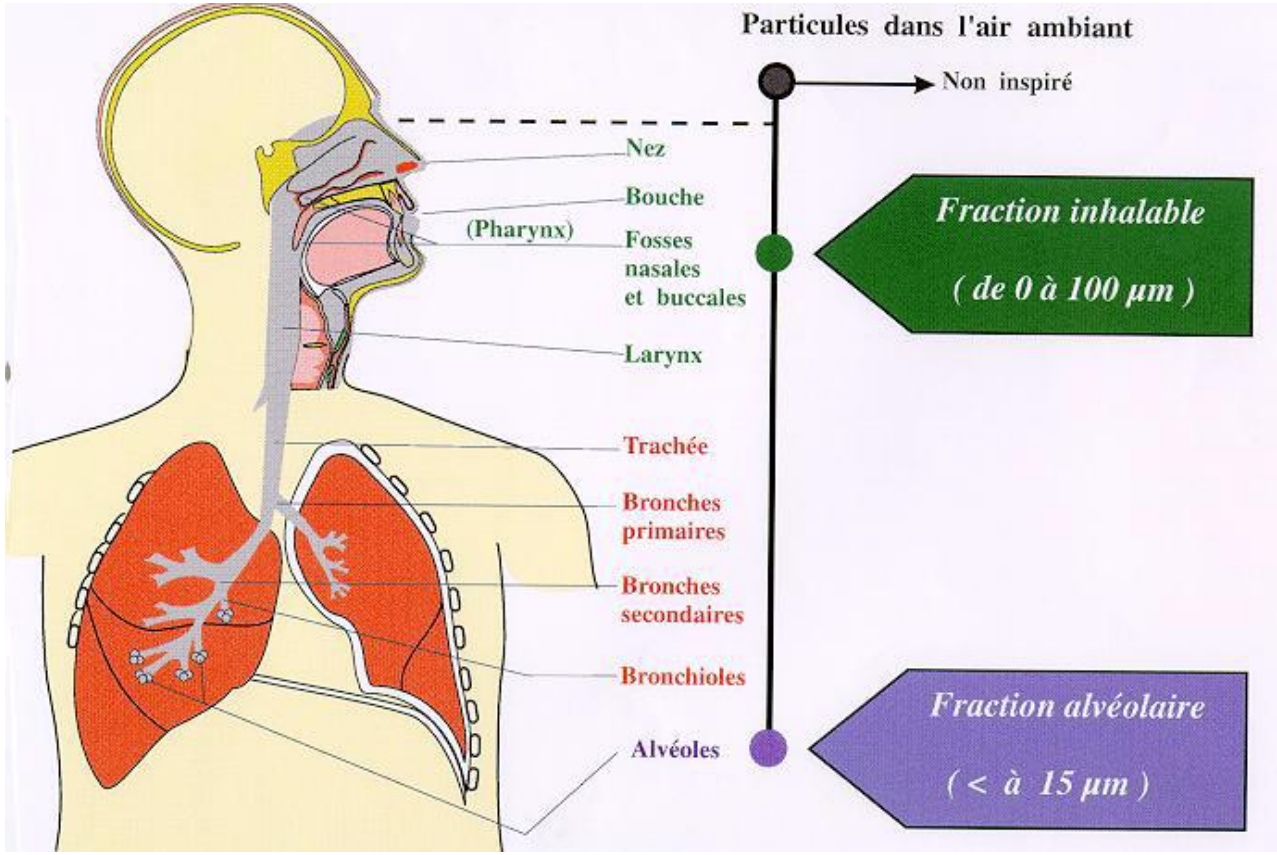
- Formes stables à plus haute température que le quartz
- Présentes dans des roches volcaniques comme l'obsidienne
- Peuvent se former lors du chauffage du quartz, de silice amorphe ou de silicate à des températures élevées (sables utilisés en fonderie, réfractaires de fours, terres de diatomées calcinées…)
- Température de formation de la cristobalite > 1470°C la température de formation de la tridymite >870°C

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Effets sur la santé de la silice cristalline

- Fraction alvéolaire est dangereuse

- Silicose
- Autres pathologies non cancéreuses
- Cancer pulmonaire
  - Classée (quartz et cristobalite) dans le groupe 1 (cancérogène pour l'homme) par le CIRC en 1996 confirmée en 2012



Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Dangers de la silice cristalline : importance de la chimie de surface des poussières

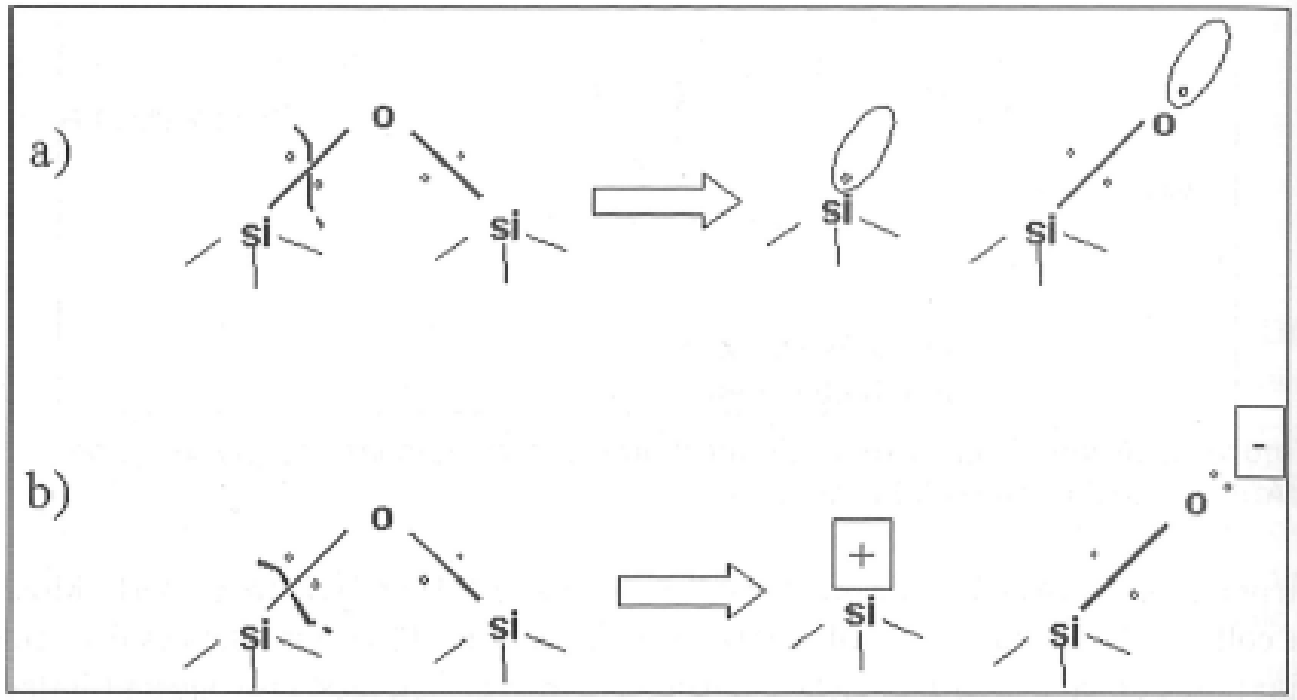



**Figure 7.3.** Formation de sites actifs à la surface d'une silice par broyage. a) Rupture homolytique d'une liaison covalente : les deux électrons de la liaison covalente se partagent entre les deux atomes liés, donnant naissance à deux radicaux libres ; b) Rupture hétérolytique : les deux électrons restent sur l'atome le plus électronégatif, donnant naissance à deux charges de surface, l'une positive et l'autre négative.

- La masse des poussières n'est donc pas la grandeur la mieux adaptée pour évaluer les expositions à la silice cristalline
- Elle reste la seule utilisable en pratique

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Réglementation européen : silice cristalline

- directive (UE) 2017/2398 du 12 décembre 2017 modifie directive CMR :
  - introduit, dans la liste des procédés cancérogènes, les travaux exposant à la poussière de silice cristalline alvéolaire issue de procédés de travail
  - fixé une VLEP pour la poussière de silice cristalline alvéolaire à 0,1 mg/m³ (somme des différentes forme de silice cristalline)
  - la Commission européenne évaluera la nécessité d'examiner cette valeur limite à l'occasion de son rapport de mise en œuvre après cinq années d'entrée en vigueur.

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# VLEP silice cristalline en France

- Silice cristalline (fraction alvéolaire dont le quartz à l'exception des fractions alvéolaires de cristobalite et de tridymite) : 0,1 mg/m³
- Cristobalite : 0,05 mg/m³
- Tridymite : 0,05 mg/m³
- Mélanges de poussières : Cns/5 +Cq/0,1 + Cc/0,05 + Ct/0,05
  - Cns : concentration des poussières alvéolaires non silicogènes (mg/m³)
  - Cq : concentration de quartz dans les poussières alvéolaires (mg/m³)
  - Cc : concentration de cristobalite dans les poussières alvéolaires (mg/m³)
  - Ct : concentration de tridymite dans les poussières alvéolaires (mg/m³)
- Formule pour les mélanges en cours d'évaluation par l'Anses

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Limites pour les poussières

Poussières dans les locaux à pollution spécifique :

- Poussières alvéolaires 0,9 mg/m$^3$
- Poussières totales : 4 mg/m$^3$

Lieux de travail extérieurs dans les industries extractives :

- Poussières alvéolaires : 5 mg/m$^3$

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# VLEP silice cristalline et poussières dans différents pays

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# VLEP Silice cristalline alvéolaire (Base Gestis)

new updated

| | Limit value - TWA | | | Limit value - STEL | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Country | ppm | mg/m³ | F/cm³ | ppm | mg/m³ | F/cm³ |
| Australia | | 0,05 | | | | |
| Austria | | 0,15 | | | | |
| Belgium | | 0,1 | | | | |
| Canada - Québec | | 0,05 | | | | |
| Denmark | | 0,05 | | | 0,1 | |
| European Union | | **0,1** | | | | |
| Finland | | 0,05 | | | | |
| Ireland | | 0,1 | | | | |

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# VLEP Silice cristalline alvéolaire (Base Gestis)

| | |
|---|---|
| Italy | 0,1 |
| Japan (JSOH) | 0,03 (1) |
| Latvia | 0,1 |
| New Zealand | 0,025 (1) |
| Singapore | |
| Spain | 0,05 |
| Switzerland | 0,15 (1) |
| The Netherlands | 0,0758 (1) |

CTMNC
MATERIAUX NATURELS DE CONSTRUCTION

otèger

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# VLEP Quartz alvéolaire (Base Gestis)

| | Limit value - TWA | | | Limit value - STEL | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Country | ppm | mg/m³ | F/cm³ | ppm | mg/m³ | F/cm³ |
| Finland | | 0,05 (1) | | | | |
| France | | 0,1 (1) | | | | |
| Germany (AGS) | | 0,05 (1) (2) | | | 0,4 (1) (2) (3) | |

Remarks:
(1) Assessment standard, see Technical Rules for Hazardous Substances (TRGS) 559 "Dust containing quartz".
(2) Respirable fraction
(3) 15 minutes average value

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# VLEP Quartz alvéolaire (Base Gestis)

| Country | Limit value - TWA | | | Limit value - STEL | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ppm | mg/m³ | F/cm³ | ppm | mg/m³ | F/cm³ |
| Canada - Québec | | 0,1 (1) | | | | |
| Denmark | | 0,1 (1) | | | 0,2 (1) | |
| | | 0,3 (1) | | | 0,6 (1) | |

Remarks:
(1) Respirable aerosol

Remarks:
(1) Inhalable aerosol

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Poussières alvéolaires

| | Limit value - TWA | | | Limit value - STEL | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Country | ppm | mg/m³ | F/cm³ | ppm | mg/m³ | F/cm³ |
| Belgium | | 3 | | | | |
| France | | **0,9** (1) | | | | |
| Germany (AGS) | | 1,25 (1) (2) (3) (4) (5) | | | | |

Remarks:
(1) Insoluble particulates
(2) not applicable for ultra-fine dusts and dusts with specific toxicity
(3) the limit value is a general upper limit for technical measures, as long as no specific regulations for toxic or carcinogenic substances are available
(4) the limit value was derived for dusts with an average density of 2.5 mg/m³
(5) at work areas where all technical and further measures are state of the art but the LV is still not adhered, the old LV can be applied for a transitional period until 31st December 2018 (8 h-LV: 3.0 mg/m³, 15 minutes average value: 6.0 mg/m³)

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Germany (DFG) | | 0,3 (1) | | | 2,4 (1) (2) | |

Remarks:
(1) For granular, bio-resistant dusts, except ultra-fine particles
(2) 15 minutes average value

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Exemple TRGS 559 (2020) (Allemagne)

- Référentiel technique s'appliquant à la protection des travailleurs et autres personnes lors d'activités susceptibles de générer des poussières contenant du quartz et de la cristobalite.
  - 1 Champ d'application
  - 2 Définitions
  - 3 Détermination des informations et évaluation des risques
  - 4 Mesures de protection
  - 5 Concept de mesures de protection pour les exceptions justifiées
  - 6 Prévention par la médecine du travail
  - Annexe : Schéma de déroulement Définition des mesures de protection

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Conclusions

- Réglementation protection des travailleurs contre le risque chimique cadrée par 2 directives européennes
- Différences entre pays existent notamment sur les contrôles d'exposition
- Variations limitées entre pays pour les VLEP pour la silice cristalline

- Il existe un projet de révision de la partie risque chimique du Code du travail et en particulier des contrôles d'exposition. Mais il est difficile à concrétiser actuellement.

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Pour en savoir plus

- Le droit du travail
  - Code du travail **http://www.legifrance.gouv.fr/**
  - Réglementation de l'Union européenne **http://eur-lex.europa.eu/**

- REACH
  - ECHA **http://echa.europa.eu/**
  - Ministère en charge de l'écologie **http://www.developpement-durable.gouv.fr/REACH-contexte-et-mise-en-oeuvre.html**
  - Service d'assistance national sur REACH **http://www.ineris.fr/reach-info/**

- CLP
  - Dossier INRS **http://www.inrs.fr/risques/classification-etiquetage-produits-chimiques/ce-qu-il-faut-retenir.html**

- Contrôle des expositions
  - Dossier INRS **http://www.inrs.fr/risques/mesure-expositions-agents-chimiques-biologiques/ce-qu-il-faut-retenir.html**
  - Circulaire du 13 avril 2010 relative au contrôle du risque chimique sur les lieux de travail **http://circulaire.legifrance.gouv.fr/**

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Pour en savoir plus

- Silice cristalline et poussières
  - Dossier web Silice cristalline : https://www.inrs.fr/risques/silice-cristalline/ce-qu-il-faut-retenir.html
  - Fiche toxicologique n°232 - Silice cristalline
  - Dossier web Poussières https://www.inrs.fr/risques/poussieres/ce-qu-il-faut-retenir.html
  - Cabines ventilées pour le travail de la pierre, ED 6550
  - Guide de bonnes pratiques NEPSI : https://nepsi.eu/fr/good-practice-guide-and-tools/introduction/

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite



17E JOURNÉE TECHNIQUE

# Pierre naturelle et poussières : comprendre pour mieux s'en protèger

3 JUIN 2025 - PARIS 5E

CTMNC
MATERIAUX NATURELS DE CONSTRUCTION

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

l'Assurance Maladie
RISQUES PROFESSIONNELS

VOTRE INTERLOCUTEUR EN RÉGION
Carsat Retraite & Santé au travail
Midi-Pyrénées

# Mesures en entreprises : état des lieux et retours d'expérience



CTMNC
MATERIAUX NATURELS DE CONSTRUCTION

## Pierre naturelle et poussières : comprendre pour mieux s'en protèger

Restreint, diffusion restreinte

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion partielle ou totale, est interdite



# Sommaire


- 1- La Carsat
- 2- Contexte de l'action
- 3- Le Sidobre
- 4- Les mesures
- 5- Les hypothèses
- 6- Les pistes d'actions
- 7- Conclusion




Restreint, diffusion restreinte

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion partielle ou totale, est interdite



# 1- La Carsat





Restreint, diffusion restreinte

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion partielle ou totale, est interdite

# La Carsat

- 3 grandes missions
  - Préparer et payer la retraite
  - Prévenir et tarifer les risques professionnels
  - Aider et accompagner les assurés en difficulté


Restreint, diffusion restreinte

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion partielle ou totale, est interdite

# La Carsat

- Le service prévention

- Nos missions :

➢ Développer et coordonner la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles dans les entreprises de Midi-Pyrénées.

- Finalités :

➢ Rendre les entreprises autonomes en prévention des risques professionnels,

➢ Réduire l'exposition des salariés,

➢ Diminuer la sinistralité AT-MP immédiate et différée.



Restreint, diffusion restreinte

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion partielle ou totale, est interdite



# La Carsat

- Nos modes d'intervention vers les entreprises :

➢ Conseil

➢ Contrôle

➢ Formation

➢ Information / Documentation

➢ Incitations financières

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion partielle ou totale, est interdite



# 2- Contexte de l'action






Restreint, diffusion restreinte

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion partielle ou totale, est interdite



# Contexte de l'action

- Programme national Risques Chimiques PROS
- Une liste d'entreprises du même bassin d'emploi, d'activité identique
- Une exposition à la silice avérée (activité, matière, maladies professionnelles)



Restreint, diffusion restreinte

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion partielle ou totale, est interdite



# 3- Le Sidobre





Restreint, diffusion restreinte

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion partielle ou totale, est interdite



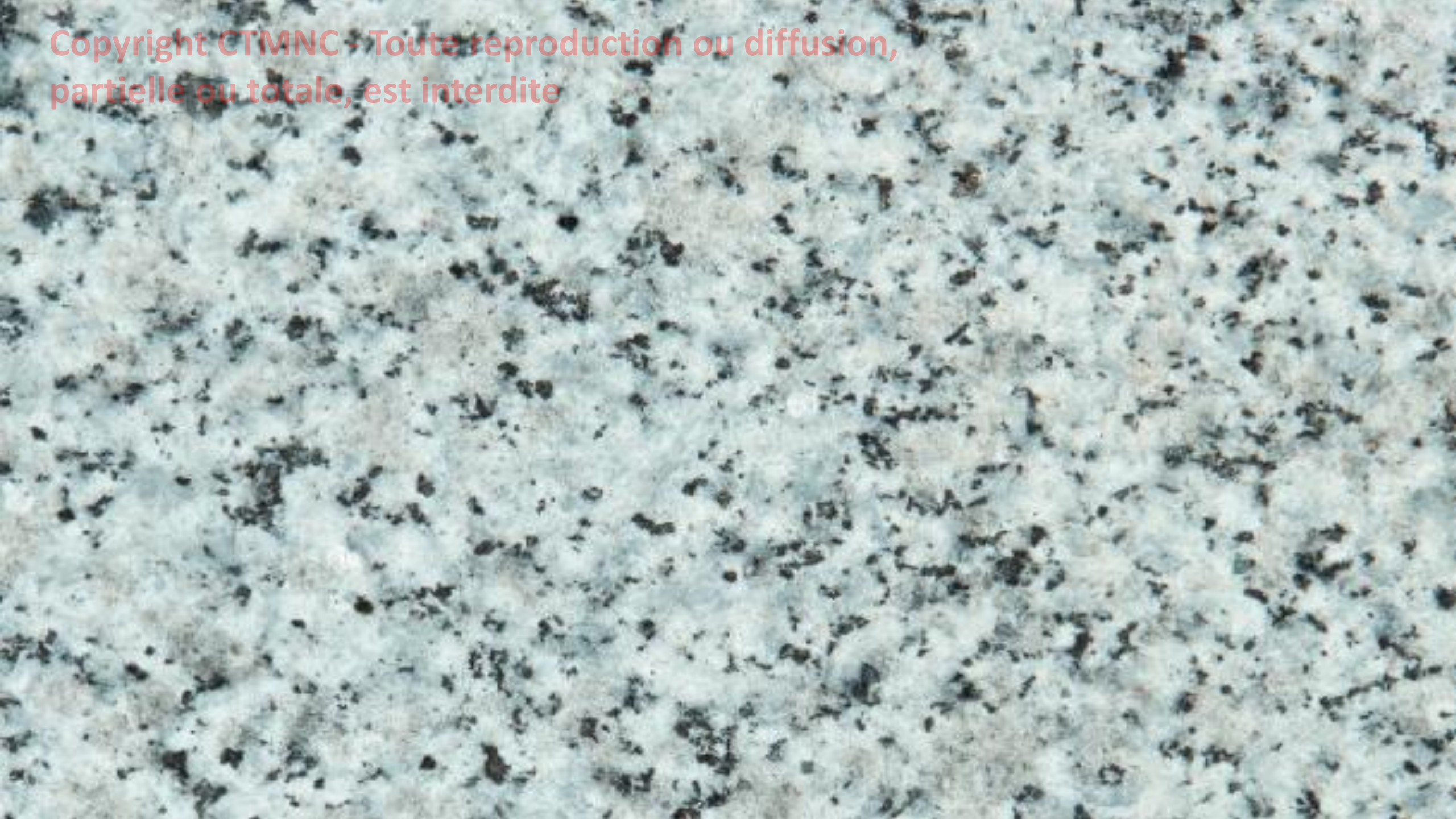
# Le Sidobre

| Essais d'identité | | |
|---|---|---|
| Désignation de l'essai | Norme | Valeur |
| Masse volumique apparente | NF EN 1936 | >2600 kg/M3 |
| Porosité | NF EN 1936 | ≤ 0.50% |
| Résistance à la flexion | NF EN 12372 | >13 Mpa |
| **Essais d'aptitude à l'emploi** | | |
| Désignation de l'essai | Norme | Valeur |
| Usure au disque métallique | NF EN 14157 | 17 mm |
| Résistance à la compression | NF EN 1926 | >190 Mpa |
| Vitesse de propagation du son | NF EN 14579 | 5620 m/s |
| Résistance au gel | NF EN 12371 | 240 cycles |
| Glissance en milieu sec sur flammé | NF EN 14231 | 97 |
| Glissance en milieu humide sur flammé | NF EN 14231 | 83 |
| Coefficient d'absorption d'eau par capillarité CI & C2 | NF EN 772-11 | 1 |



Restreint, diffusion restreinte

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite



Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion partielle ou totale, est interdite



# Le Sidobre

- La filière

- 13 carrières
- 80 ateliers

→ 800 salariés

- Fabricants de machines, fournisseurs de matériaux
- Transporteurs
- Bureaux d'étude
- 1 CFA



Restreint, diffusion restreinte

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion partielle ou totale, est interdite



# Le Sidobre

- L'activité en atelier

- Funéraire (90%), voirie, décoration/bâtiment

- Sciage au fil diamanté
- Débitage à la scie circulaire → Travail à l'eau
- Polissage

(+ reprises défauts, perçages, ponçage, flammage, gravure…)



Restreint, diffusion restreinte

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion partielle ou totale, est interdite



# 4- Les mesures



Restreint, diffusion restreinte

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion partielle ou totale, est interdite



# Les mesures

- Par notre centre de mesures physiques
- Non réglementaire, mais dans le respect des normes applicables
- Dans 4 ateliers de production comparables (funéraire)



Restreint, diffusion restreinte

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion partielle ou totale, est interdite



# Les mesures

- Quartz : jusqu'à 5 fois la VLEP (0,1mg/m^3) avec de fréquents dépassements de l'ordre de 2 fois la VLEP, majoritairement au polissage

- Cristobalite : jusqu'à 2 fois la VLEP (0,05mg/m^3) avec des dépassements peu fréquents

- Poussières alvéolaires : des dépassements constatés dans une seule entreprise, proche de la valeur limite


Restreint, diffusion restreinte

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion partielle ou totale, est interdite



# Les hypothèses



Restreint, diffusion restreinte

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion partielle ou totale, est interdite



# Les hypothèses

- Densité de production ?

- Polissage : vitesse d'émission, taille des particules ☑
  - Étude IRSST Québec
- Le travail à l'eau, une efficacité avérée mais limitée ☑
  - Etude IRSST Québec 10 à 50% d'abattage
- La barrière physique pour contenir les aérosols ☒
  - Mesures en entreprise



Restreint, diffusion restreinte

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion partielle ou totale, est interdite



# 6- Les pistes d'actions



Restreint, diffusion restreinte

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion partielle ou totale, est interdite



# Les pistes d'action

- Travailler avec les fabricants
  - Vitesses de rotation des polisseuses / étude IRSST
- Travailler avec les fournisseurs de consommables
  - Idem
- L'impact de la qualité de l'eau
  - Filtrer l'eau recyclée → projet Carsat Midi-Pyrénées


Restreint, diffusion restreinte

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion partielle ou totale, est interdite



# 7- Conclusion



Restreint, diffusion restreinte

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion partielle ou totale, est interdite



# Conclusion

- Un travail sur la durée
- L'importance de la connaissance (à partager et à découvrir)
- La nécessité de travailler collectivement
- Des espoirs pour l'avenir



Restreint, diffusion restreinte

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion partielle ou totale, est interdite

Benoît MILOU

06 77 90 35 86

benoit.milou@carsat-mp.fr



Restreint, diffusion restreinte

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite



17E JOURNÉE TECHNIQUE

# Pierre naturelle et poussières : comprendre pour mieux s'en protèger

3 JUIN 2025 – PARIS 5E

CTMNC
MATERIAUX NATURELS DE CONSTRUCTION

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

« Posons la première pierre de cette présentation ! »

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Contexte et objectifs de l'étude

**Deux types de poussières** :

→ Poussières à **effets non spécifiques** (ne contenant pas de silice cristalline)
→ Poussières à **effets spécifiques** (contenant de la silice cristalline)

Le décret 23 décembre 2021 a divisé les concentrations par 1,8 et 3,8 *(Tableau 1)*

*Tableau 1 : Évolution des VLEP – Seuils des concentrations moyennes en poussières totales et alvéolaires*

| Poussières sans effet spécifique | Du 1er janvier 2022 à 30 juin 2023 | A partir du 1er juillet 2023 |
|---|---|---|
| Fraction alvéolaire | | |
| Fraction inhalable | | |

Décret n°2021-1763

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Contexte et objectifs de l'étude



- **Proposer et développer** des solutions de métrologie adaptées aux **poussières de pierre naturelle** et à la variabilité des procédés industriels ;



- Constituer un véritable **guide méthodologique** d'évaluation et de maîtrise des risques

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# MATÉRIEL ET MÉTHODES

« Taillons dans le vif du sujet ! »

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Préparation de la campagne de mesure

1 • **Type de pierre** :


*Granit*


*Calcaire dur*


*Calcaire tendre*


*Grès*

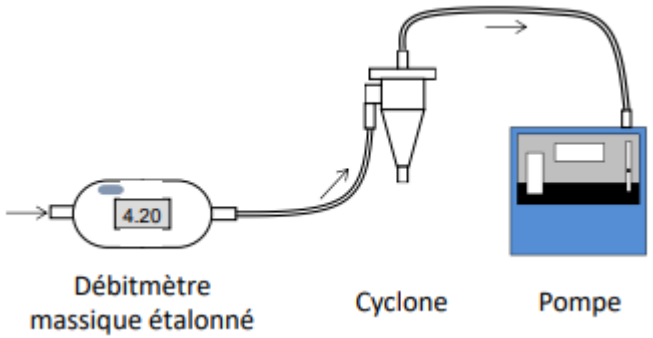
2 • **Type d'entreprise** : ateliers, tailleurs de pierre ou industriels (8 sites à travers la France)

3 • **Choix des procédés à échantillonner**
→ Définition des GEH (Groupes d'exposition homogène)

4 • **Deux campagnes de mesures** : une campagne estivale et une campagne hivernale
→ Paramètres surveillés : La température, l'hygrométrie, l'aération des locaux, les concentrations inhalées, les concentrations émises, les systèmes de captages…

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Appareils de mesures : Cyclone/Cassette/Impacteur




Montage pour la mesure du débit de la pompe




Pompe Casella APEX 2 0-5 l/min



Cyclone GK 269



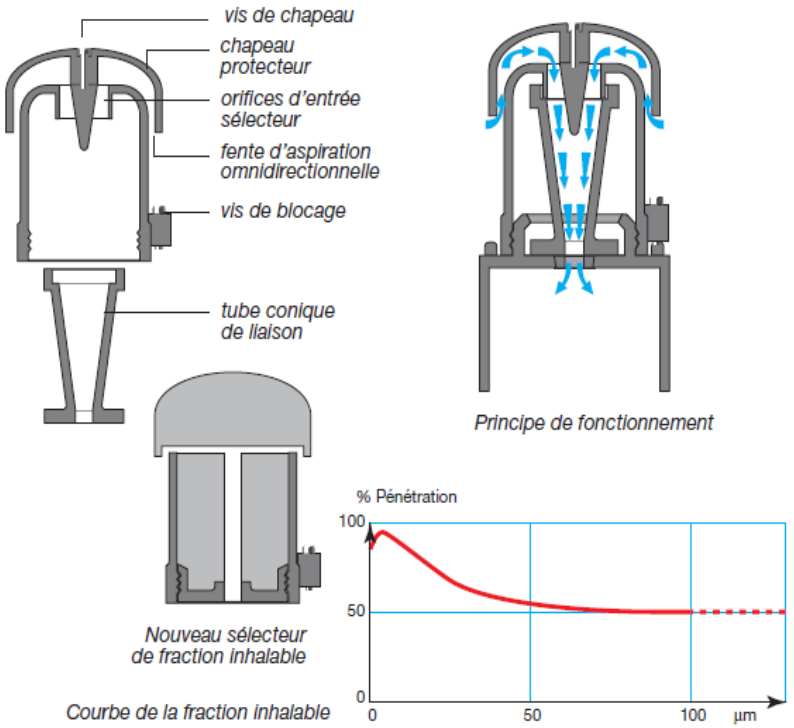
Cassette de prélèvement




Impacteur PPI

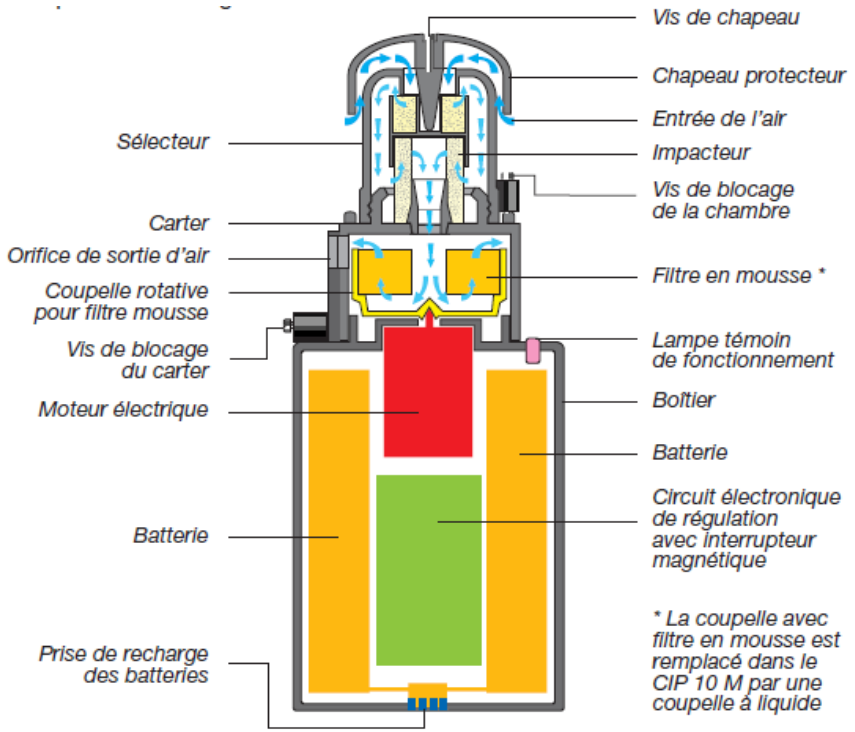
Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Appareils de mesures : CIP10






Principe de fonctionnement

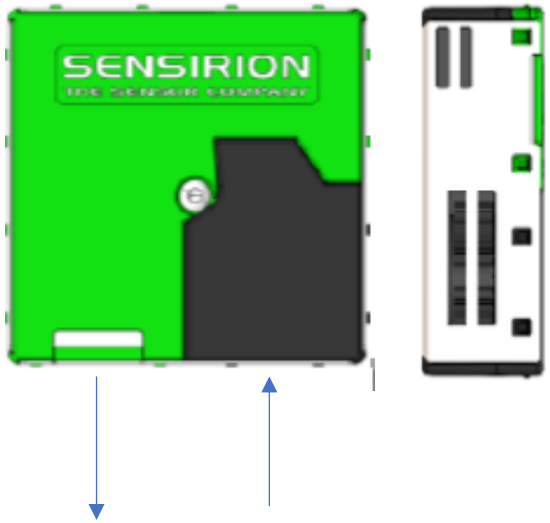





Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

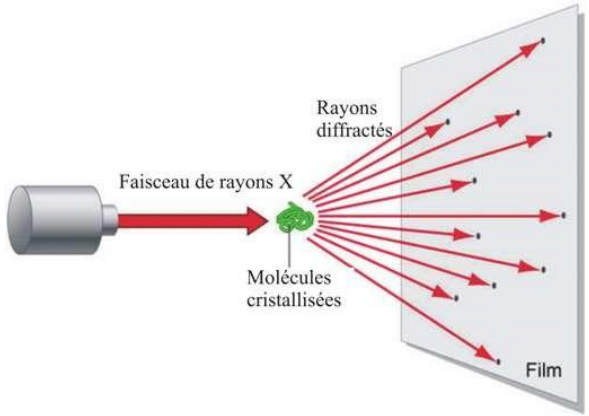
# Appareils de mesures : ranulomètre optique

Capteur Sensirion SPS30




Compteur de particule GRIMM



Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# GEH (Groupe d'exposition homogène) ciblés par l'étude



- Travaux de finitions (découpe, meulage, gravure, etc.)



- Flammage



- Sciage à disque (voie humide)



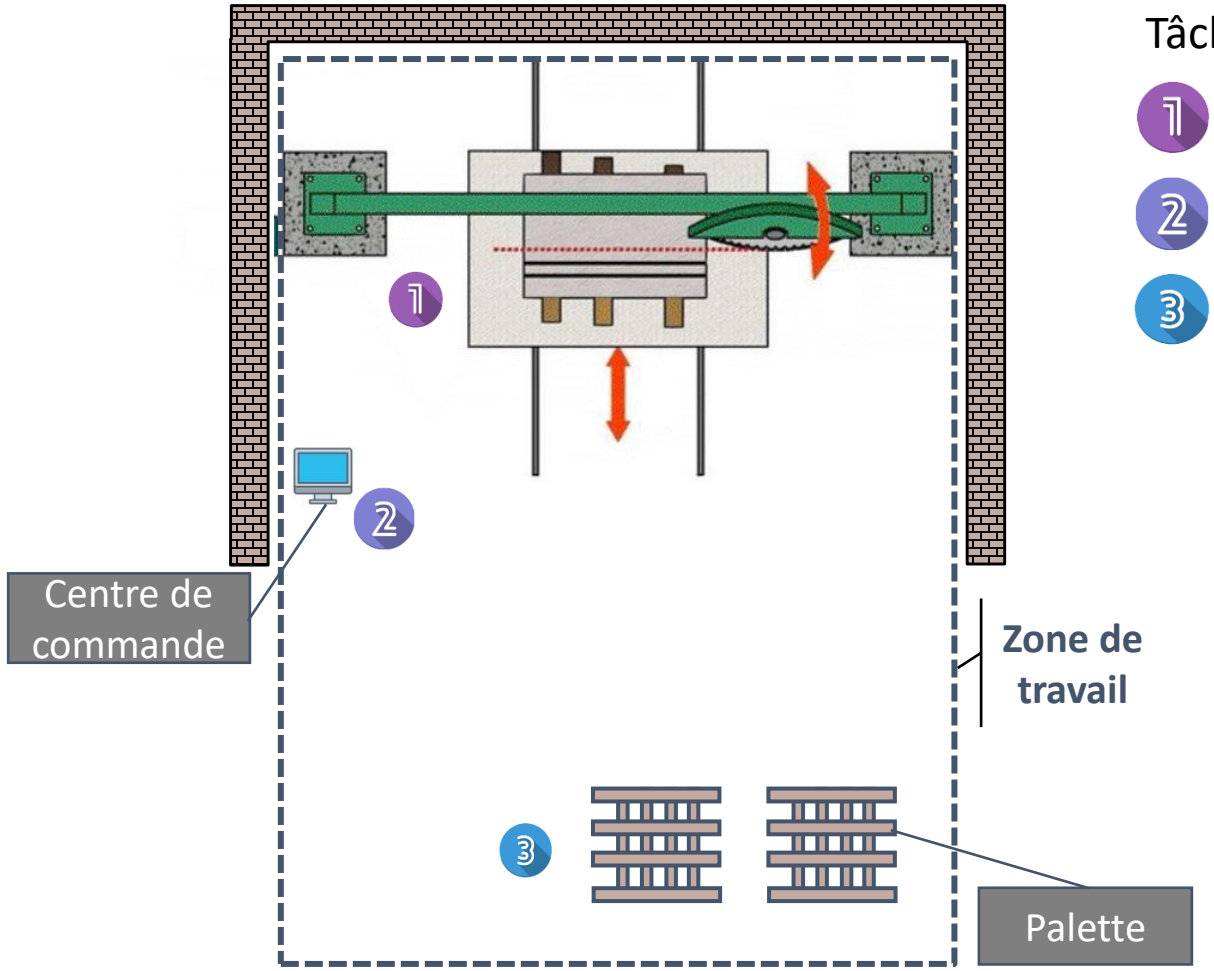
- Guillotine (découpe du calcaire tendre à l'aide de chaîne)



- Clivage

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Exemple de mesure sur du sciage à disque




Tâches au poste de travail :

1. Placement de la pierre sur le support
2. Réglage de la découpe via le centre de commande
3. Palettisation





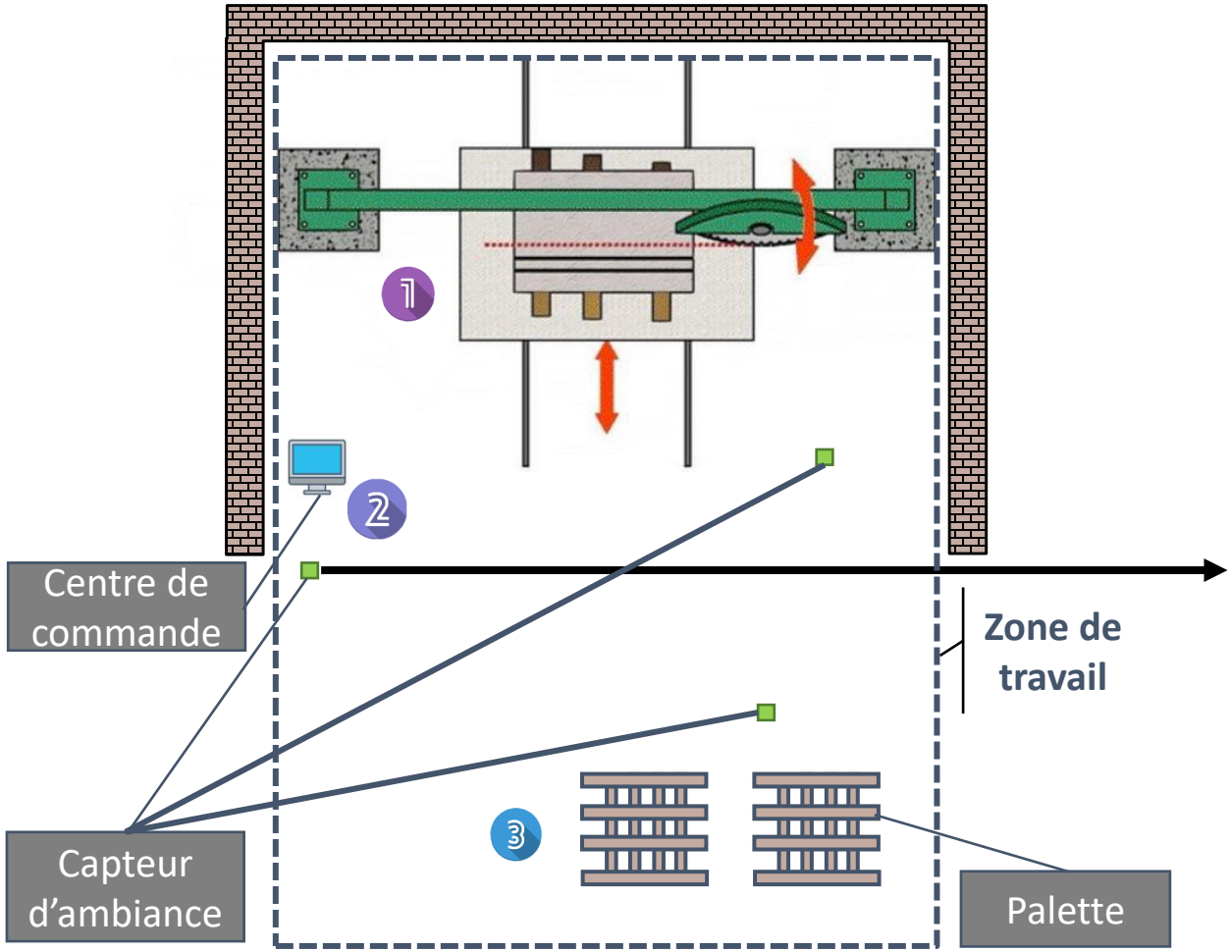
Cyclone GK 2.69

CIP10 inhalable/alvéolaire

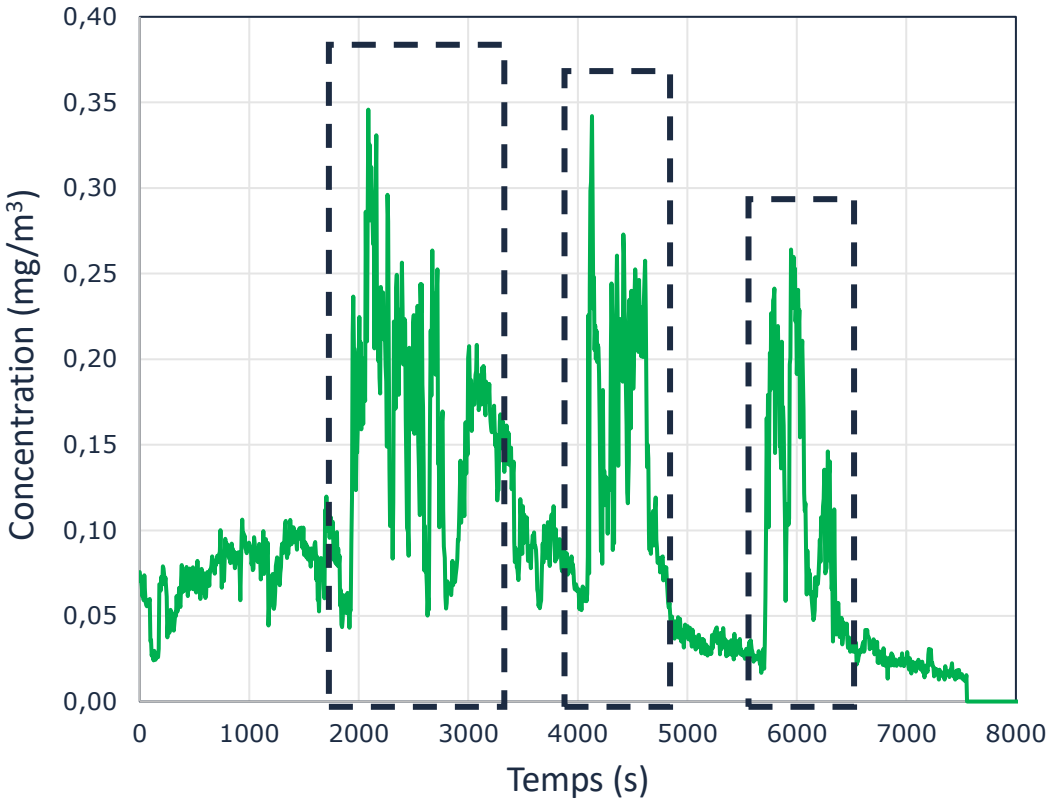


Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Exemple de mesure sur du sciage à disque




Évolution de la concentration ambiante des PM2.5 lors du processus de sciage à disque



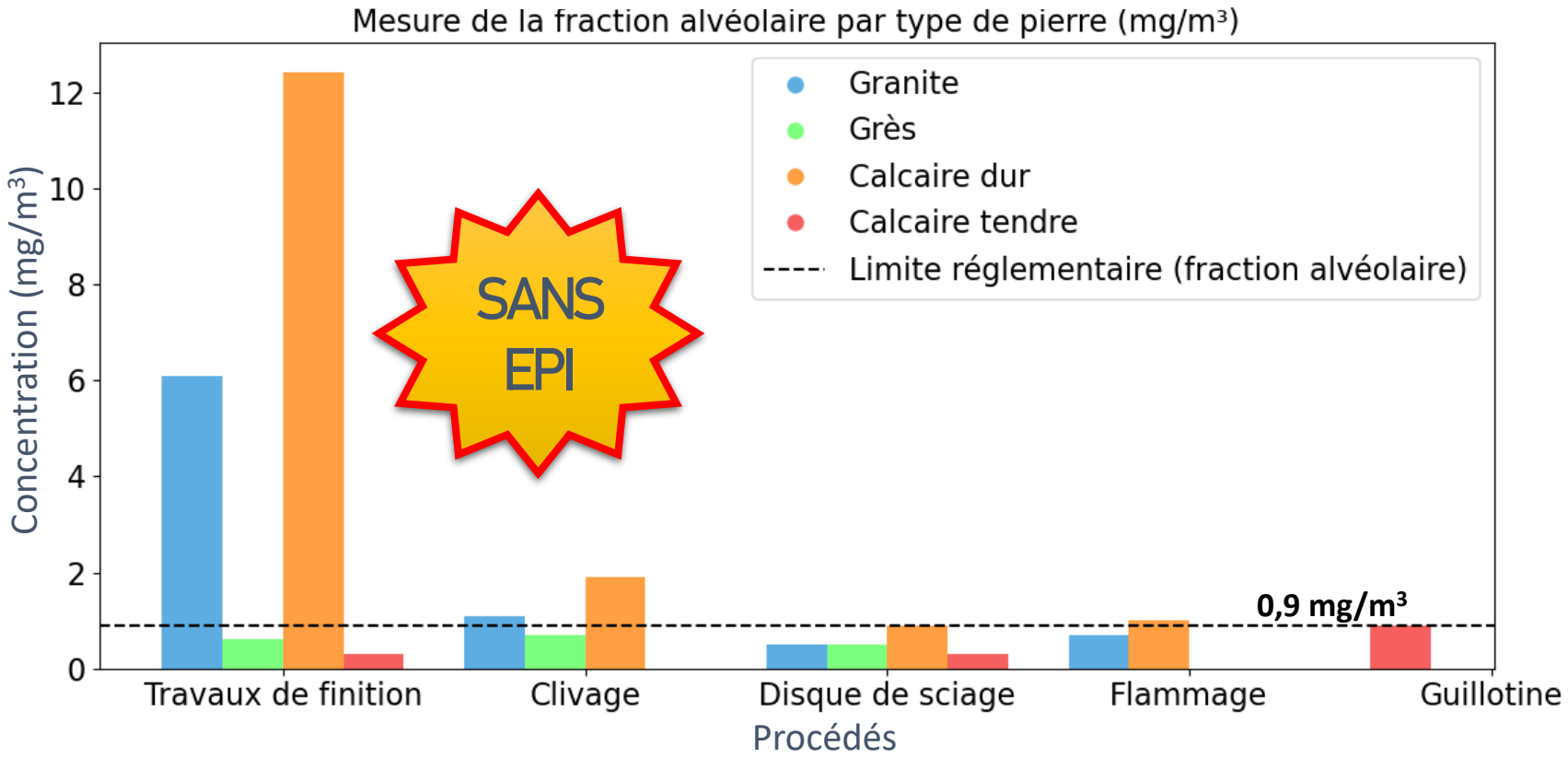
Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# RÉSULTATS

« La poussière retombe : voici ce qu'elle révèle ! »

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Exposition globale de chaque GEH



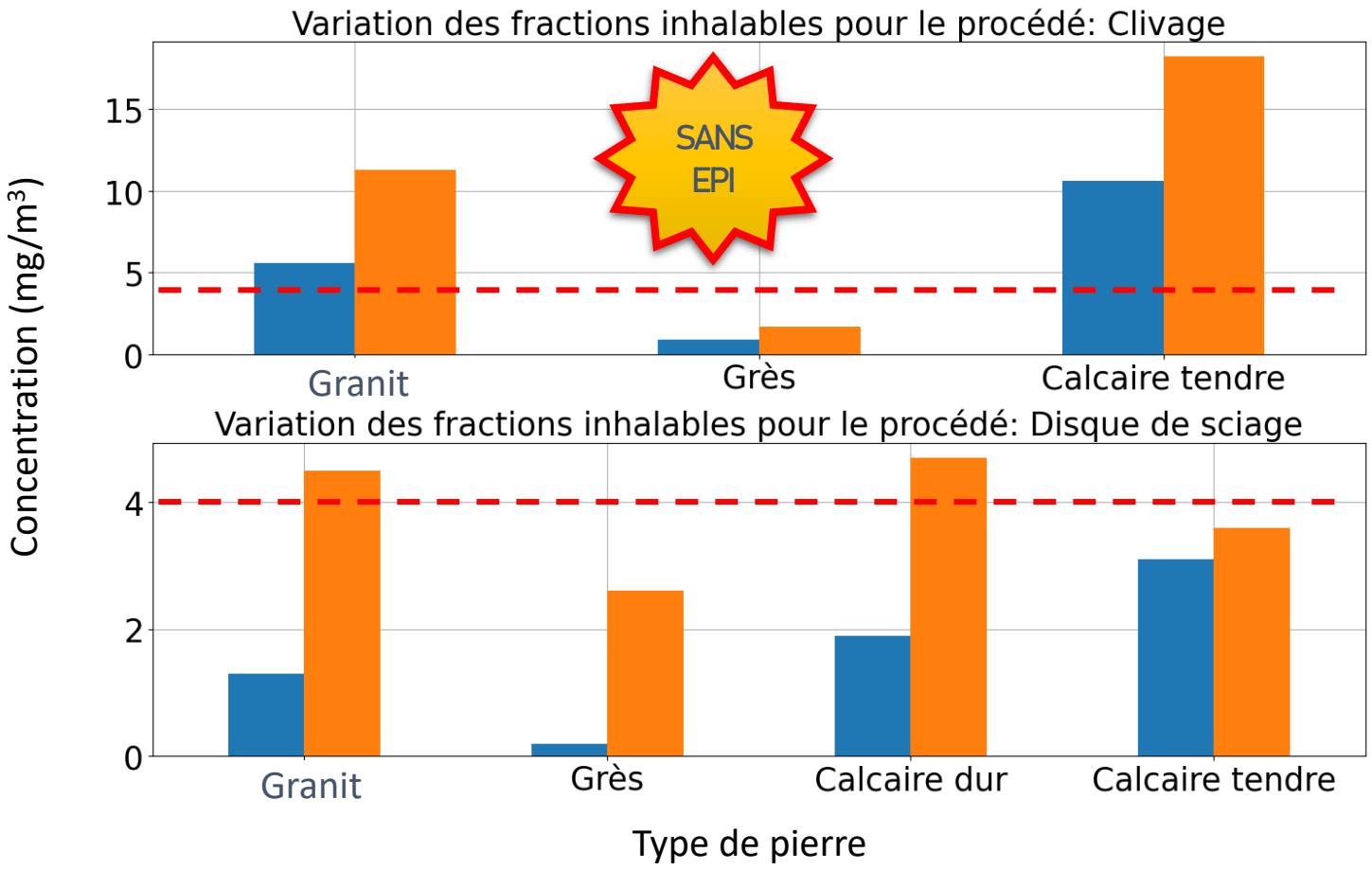

- Durée des mesures : 2 à 4 heures

**Principaux résultats :**

- Le **clivage et les travaux de finitions dépassent souvent** les seuils réglementaires.
- Le **calcaire dur** est la pierre la plus émissive

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Impact de la saisonnalité sur l'exposition




**Exposition plus importante en été qu'en hiver**

**Pourquoi une exposition plus élevée ?**

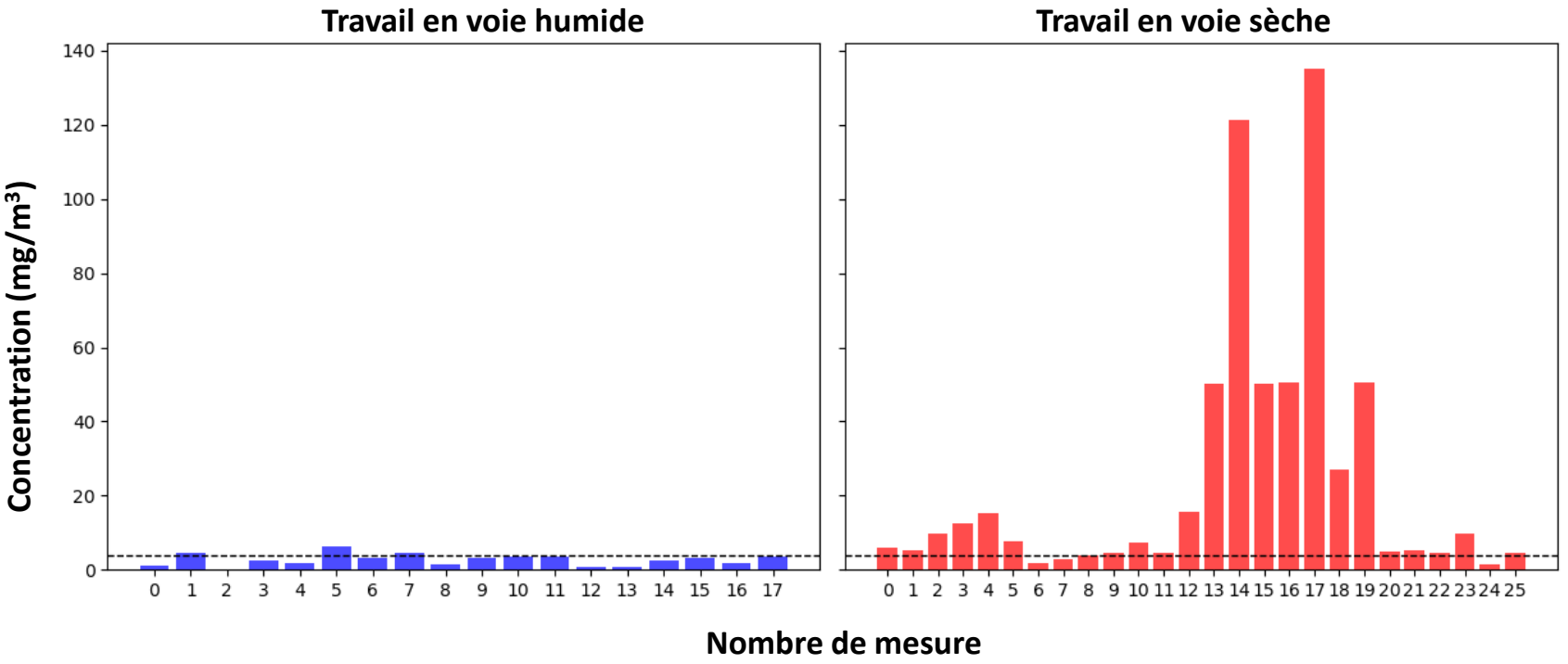
- Atmosphère plus sèche
- Pierre plus sèche

Mesure hivernale

Mesure estivale

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Impact de l'humidité sur l'exposition (fraction inhalable)




**Travail en voie humide :**

- Arrosage de la pierre en continue ou non
- Taux d'humidité de la pierre
- Humidité ambiante

L'utilisation d'eau permet **de diminuer l'exposition**

SANS EPI

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Impact des moyens de captages sur l'exposition

| Opérations | Type de pierre | Type de captage | Concentration inhalable moyenne ($mg/m^3$) | Concentration alvéolaire moyenne ($mg/m^3$) |
|---|---|---|---|---|
| Gravure | Granit | Cabine d'aspiration à flux vertical | 2,43 | 1,00 |
| Clivage | Granit | Tuyau d'aspiration | 5,64 | 1,10 |
| Clivage | Granit | Aucun | 11,75 | 1,07 |
| Découpe | Grès | Cabine d'aspiration à flux horizontale | 0,80 | 0,84 |
| Découpe | Calcaire dur | Cabine à rideau d'eau | 125,28 | 15,62 |
| Découpe | Calcaire dur | Cabine à rideau d'eau | 27,11 | 8,70 |

**D'après les valeurs mesurées :**

- La **cabine à flux verticale** est la plus efficace.
- La **cabine à rideau** réduit l'exposition, mais semble moins performante.
- L'efficacité des moyens de captage est liée aux **bonnes pratiques**.

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

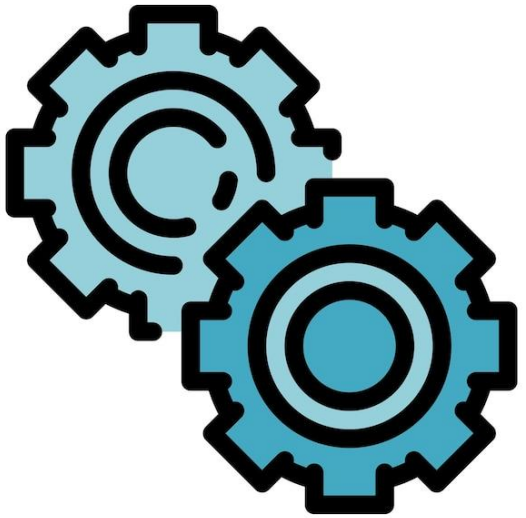
# Autres facteurs influençant l'exposition



**Passage d'engins**




**Nettoyage : soufflettes/balais**



**Procédés environnants (Tailleurs de pierre, clivage, polissage…)**

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# CAS DES PIERRES CONTENANT DE LA SILICE

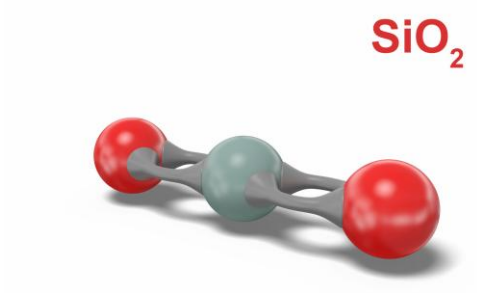
« Silice cristalline : un danger invisible »

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Type de silice

**Silice cristalline :**

Matière CMR
Risque pour la santé (silicose)




| Forme de silice | Caractéristiques | Risques d'exposition |
|---|---|---|
| Quartz | Forme la plus courante, présente dans le sable, le granit, les roches, | Silicose, cancer du poumon, maladies respiratoires. |
| Cristobalite | Formée à haute température, dans les cendres volcaniques ou les procédés industriels. | Silicose sévère, irritation respiratoire accrue. |
| Tridymite | Rare, formée dans des conditions spécifiques (volcans, fours industriels). | Risques similaires au quartz, mais moins fréquent. |

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Exposition à la silice cristalline

**Silice cristalline :**



Matière CMR
Risque pour la santé (silicose)
Quartz : 0,1 mg/m³
Cristobalite et tridymite : 0,05 mg/m³

- Le taux de silice dans les poussières collectée est quantifié à l'aide d'analyse chimique (DRX)

**Formule d'additivité :**

$$\frac{C_{ns}}{V_{ns}} + \frac{C_q}{0{,}1} + \frac{C_t}{0{,}05} + \frac{C_c}{0{,}05} > 1$$

$C_{ns}$ : C. sans silice
$V_{ns}$ : Valeur limite (5 mg/m³)
$C_q$ : C. en quartz (mg/m³)
$C_t$ : C. en trydimite (mg/m³)
$C_c$ : C. en cristobalite (mg/m³)

$$C_{ns} = C_{totale} - C_{totale} \cdot \%_{silice}$$
$$C_q = C_{totale} \cdot \%_{quartz}$$
$$C_c = C_{totale} \cdot \%_{cristobalite}$$
$$C_t = C_{totale} \cdot \%_{quartz}$$

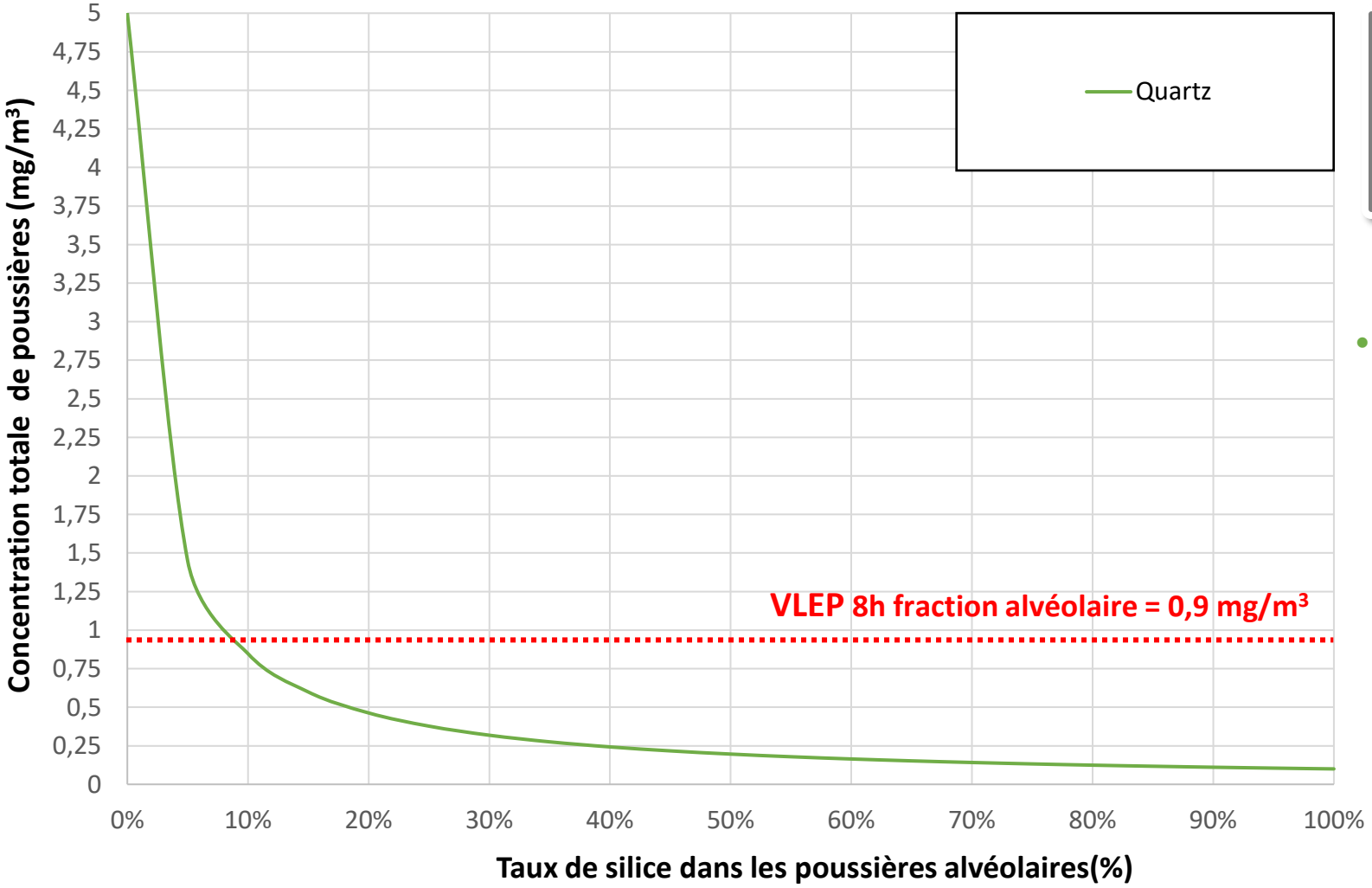
**Concentration totale maximum :**

$$C_{totale} = \frac{1}{\frac{1 - \%_{silice}}{V_{ns}} + \frac{\%_{quartz}}{0{,}1} + \frac{\%_{cristobalite}}{0{,}05} + \frac{\%_{trydimite}}{0{,}05}}$$

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Exposition à la silice cristalline

Evolution de la concentration maximale à ne pas dépasser en fonction du taux de silice




**Concentration totale maximum :**

$$C_t = \frac{1}{\frac{1 - \%_{silice}}{V_{ns}} + \frac{\%_{quartz}}{0,1} + \frac{\%_{cristobalite}}{0,05} + \frac{\%_{trydimite}}{0,05}}$$

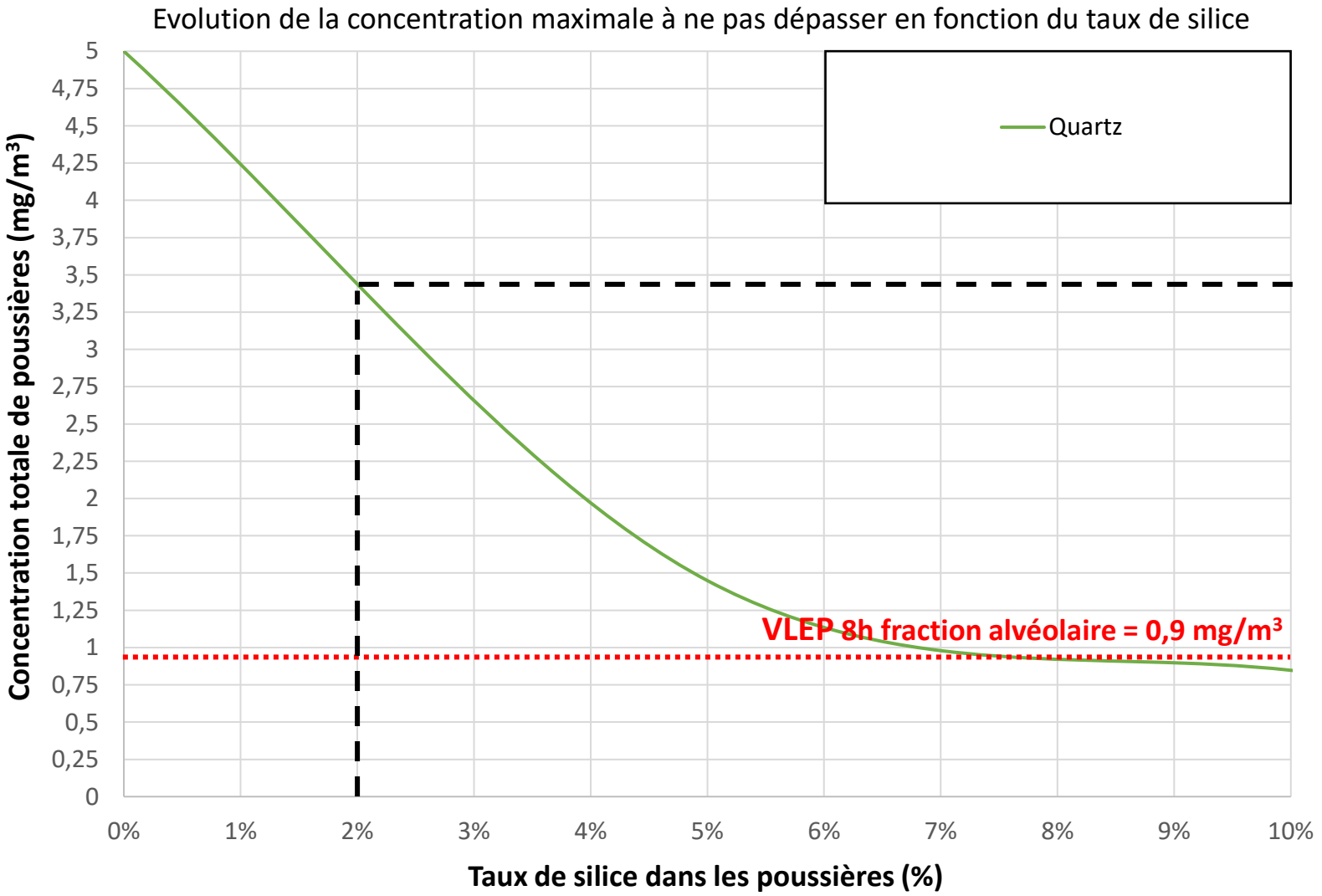
- Courbe verte : la silice contient 100% de quartz

**Concentration totale maximum :**

$$C_t = \frac{1}{\frac{1 - \%_{quartz}}{V_{ns}} + \frac{\%_{quartz}}{0,1}}$$

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Exemple 1 : Cas avec 2% de silice




3,4 mg/m³

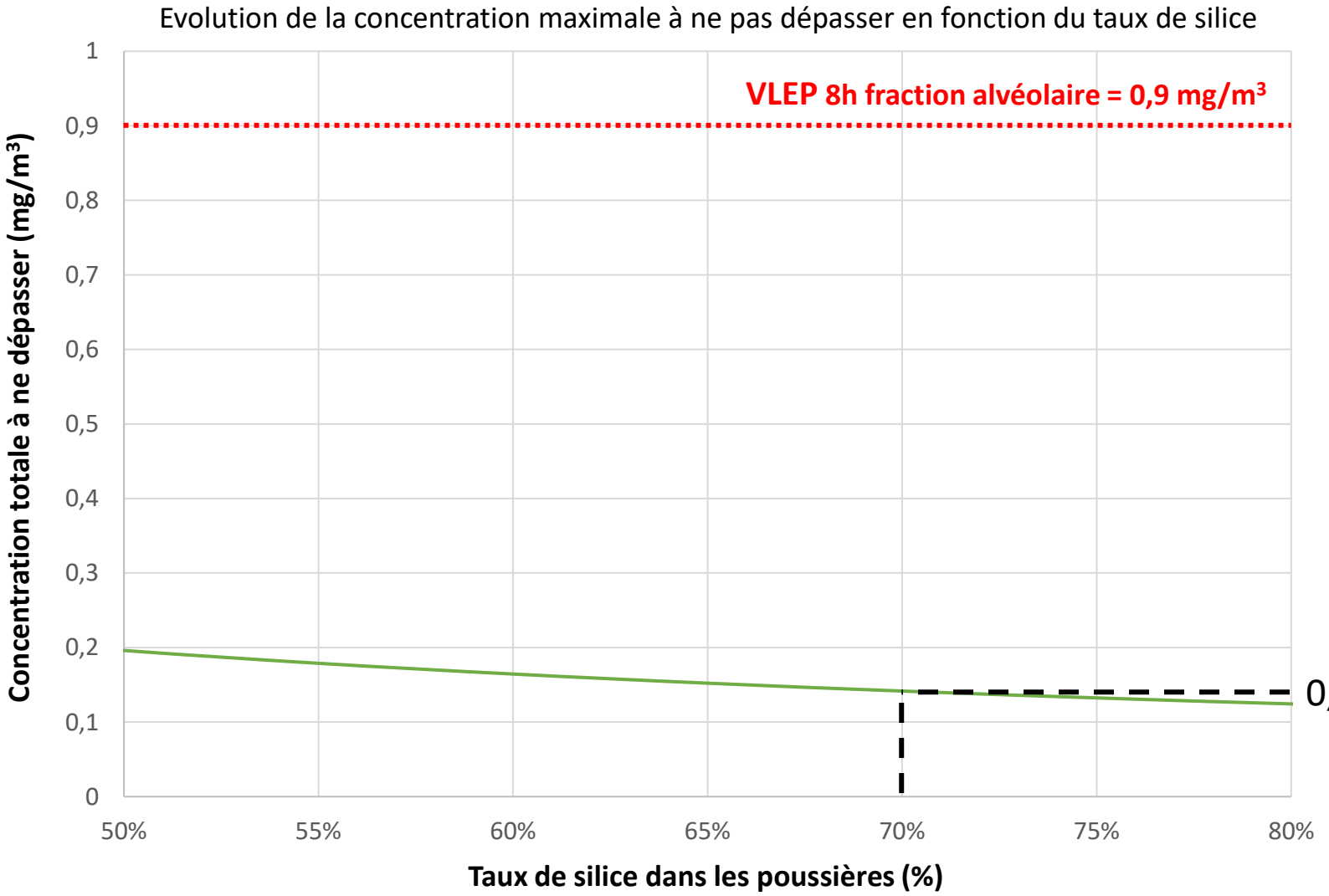
<u>Résultat :</u>

- La limite d'exposition en poussières de silice peut être atteinte pour des concentrations totales de poussière supérieures à la VLEP 8H,

⇨ Cas rencontrés dans certaines situations lors de la campagne d'essais.

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Exemple 2 : Cas avec 70% de silice




Résultat :

La limite d'exposition en poussières de silice est un critère à considérer pour l'exposition des opérateurs, au même titre que la VLEP 8H pour les poussières alvéolaires.

⇨ Varier les tâches pour limiter l'exposition.

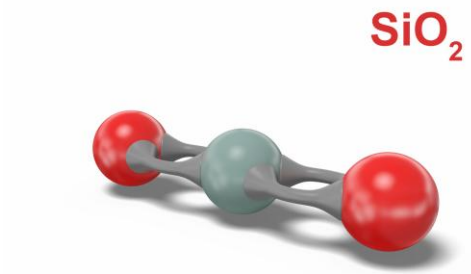
Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

## Interprétations

- Si les concentrations de poussières mesurées sont importantes, les normes d'exposition à la silice cristalline ne sont pas à exclure, même pour des pierres pauvres en silice.

- Même si la VLEP 8h pour les poussières alvéolaires (0,9 mg/m³) est respectée, une forte teneur en silice dans les pierres impose une limite d'exposition à la silice cristalline plus stricte, ce qui réévalue par conséquent l'exposition globale maximale.





Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

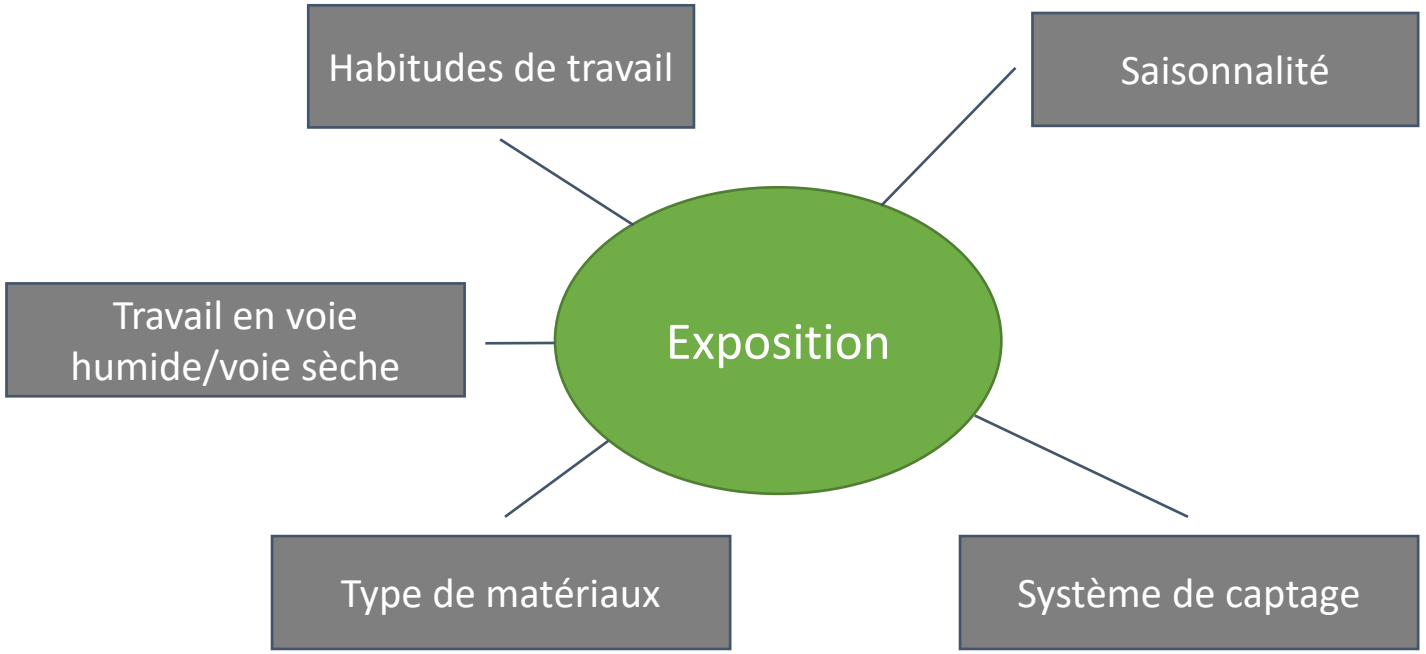
# CONCLUSION

« La poussière décante : que retenir ? »

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Conclusions

**Facteurs qui impactent l'exposition :**




**Conclusions expérimentales :**

- Les **travaux de finitions** sont ceux qui exposent le plus
- Les travaux de façonnage des **calcaires durs** peuvent générer beaucoup de poussières.
- D'**autres facteurs** peuvent **augmenter l'exposition** professionnelle
- Le **taux de silice** peut redéfinir les seuils d'exposition si les concentrations de poussière deviennent trop importantes
- Le port d'EPI permet de revenir à des concentrations acceptables pour presque l'ensemble des situations rencontrées lors des campagnes d'essai.

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite



17E JOURNÉE TECHNIQUE

# Pierre naturelle et poussières : comprendre pour mieux s'en protèger

3 JUIN 2025 – PARIS 5E

CTMNC
MATERIAUX NATURELS DE CONSTRUCTION

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

BRETAGNE GRANITS

## NOS ACTIVITES

**PIERRE A COLLER :** Pierre de parement en granit conformément au DTU 52.2

**TAILLE DE PIERRE :** Bâtiments neufs, restauration du patrimoine

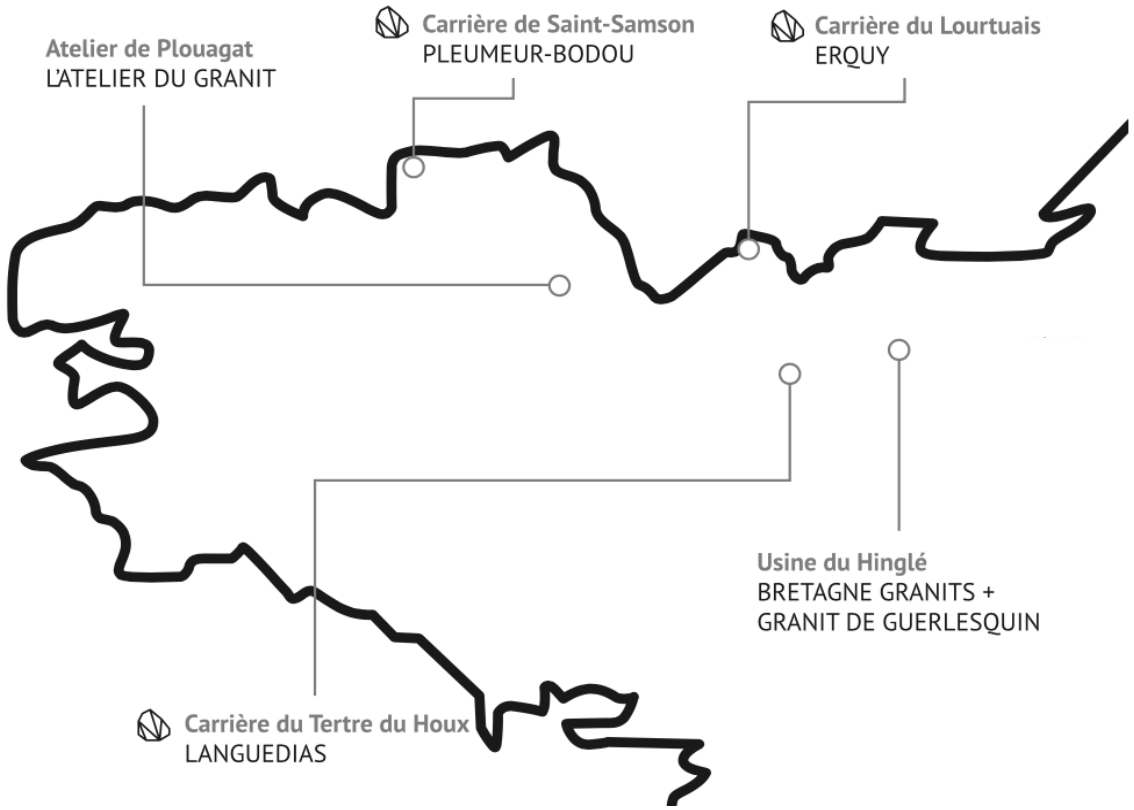
**VOIRIE ET URBANISME :** Aménagements urbains

**CINERAIRE :** Columbariums

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

BRETAGNE GRANITS

## NOS IMPLANTATIONS



Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

BRETAGNE GRANITS

L'ART ET LA MATIÈRE

**Equipe pluridisciplinaire : 42 personnes**

- 4 cadres techniques et ingénieurs
- 4 commerciaux et assistants ADV et logistique
- 8 tailleurs de pierre
- 23 opérateurs, mécaniciens et cariste
- 3 extracteurs

**Chiffre d'affaires : croissance constante depuis 2014**

- Près de 5 millions d'euros en 2024

**Investissements : près de 5 millions d'euros depuis 2016**

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

BRETAGNE GRANITS

## L'EXPOSITION PROFESSIONNELLE AUX POUSSIERES ALVEOLAIRES DE SILICE

**Rappel :** La silice cristalline : un danger invisible mais omniprésent

L'exposition à long terme à des concentrations de poussières de SCA (Silice Cristalline Alvéolaires) supérieures aux limites légales peut provoquer la silicose et un risque plus élevé de cancer du poumon est également observé

Silicose : maladie pulmonaire irréversible
Cancer du poumon : risque augmenté en cas d'exposition chronique
Polyarthrite rhumatoïde : lien démontré chez les femmes exposées
Sources : INRS, médecine du travail

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

BRETAGNE GRANITS

## POUSSIERES ALVEOLAIRES : LA SILICE CRISTALLINE

**La législation**

Evaluer et contrôler la concentration moyenne en silice cristalline des poussières alvéolaires inhalées par nos salariés pendant 8 heures pour chaque procédé de travail

Périodicité :

- Tous les ans si > 1/10e VLEP (Valeur Limite d'Exposition Professionnelle)
- Tous les 3 ans si < 1/10e
- Immédiatement après modification d'un procédé

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

BRETAGNE GRANITS

## POUSSIERES ALVEOLAIRES : LA SILICE CRISTALLINE

**Notre problématique**

4 lignes de production → 16 postes à risque (y compris les bureaux)
Exemple : métier parement à coller = 4 postes exposés différemment
Aucun poste identique → mesure individuelle obligatoire

Estimation d'un prestataire externe : 20 000 €

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

BRETAGNE GRANITS

## PLAN D'ACTION BG – POUSSIÈRES ALVÉOLAIRES DE SILICE

**1. Protection individuelle**

Remplacement des masques FFP3 par des modèles plus adaptés (porteurs de lunettes, confort)

Suivi de l'état des EPI – contrôles périodiques



Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

BRETAGNE GRANITS

## PLAN D'ACTION BG – POUSSIÈRES ALVÉOLAIRES DE SILICE

**2. Contrôle de l'exposition**

Acquisition d'un préleveur individuel de poussières (CIP10 – Tecora)

Campagnes de mesure régulières :

- Chaque poste de travail (16 au total)
- Périodicité selon niveau d'exposition






Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

BRETAGNE GRANITS

## PLAN D'ACTION BG – POUSSIÈRES ALVÉOLAIRES DE SILICE

**3. Aménagements techniques**

Étude pour l'installation de capteurs fixes dans les ateliers

Audit global du traitement de l'air dans le nouvel atelier tailleurs

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

BRETAGNE GRANITS

## PLAN D'ACTION BG – POUSSIÈRES ALVÉOLAIRES DE SILICE

**4. Formation & sensibilisation**

Formation annuelle des salariés exposés : risques, gestes, entretien EPI

Affichage obligatoire des valeurs limites et procédures

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite



17E JOURNÉE TECHNIQUE

# Pierre naturelle et poussières : comprendre pour mieux s'en protèger

3 JUIN 2025 – PARIS 5E

CTMNC
MATERIAUX NATURELS DE CONSTRUCTION

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Les poussières de bois en seconde transformation :
# Une méthode d'autoévaluation de l'exposition

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Les poussières de bois en seconde transformation :
# Une méthode d'autoévaluation de l'exposition

## Programme :

- Institut technologique FCBA
- Le risque Poussières de bois
- Le contrôle de la VLEP : intérêts et limites
- Comment évaluer autrement l'exposition ?
- Méthode d'autoévaluation de l'exposition aux poussières de bois
- Le simulateur, outil numérique

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Institut technologique FCBA

## FCBA – Forêt, Cellulose, Bois-construction, Ameublement

**Centre technique industriel** de 280 personnes, FCBA est le partenaire privilégié des entreprises, à l'écoute de leur environnement technique et économique, pour les aider à intégrer les innovations technologiques et s'adapter à l'évolution rapide des marchés.

- **Promouvoir** le progrès technique et l'innovation
- **Contribuer à l'amélioration** de la performance et de la garantie de la qualité dans l'industrie
- **Mettre nos valeurs** au service de nos actions :
  - Excellence technique
  - Excellence humaine

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Institut technologique FCBA

Nos secteurs d'activité



## Forêt

- Génétique
- Sylviculture
- Récolte forestière
- Approvisionnement



## 1ère transformation

- Scierie
- Pâte à papier
- Biomolécules, chimie du végétal
- Panneaux
- Energie



## 2nde transformation Construction

- Structure
- Revêtements
- Palette, emballage
- Ouvrages
- Menuiserie
- Gros œuvre
- Parement



## Ameublement-Aménagement

- Mobiliers domestiques
- Professionnels
- Multimatériaux
- Intérieur
- Extérieur
- Urbain



## Environnement

- Matériaux biosourcés
- Economie circulaire
- Bilan carbone
- Santé multi-secteurs

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Institut technologique FCBA

Nos métiers

**Acquérir, centraliser, gérer et diffuser l'information scientifique et technique**

- R&D
- Veille économique, réglementaire, technologique
- Documentations, publications

**Mettre notre savoir-faire et nos compétences à la disposition des entreprises**

- Transfert technologique
- Conseil
- Assistance technique
- Essais
- Formation
- Information

**Accompagner les professions sur leurs marchés**

- Normalisation
- Qualité
- Certification
- Technologies de pointe
- Innovation

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Le risque Poussières de Bois

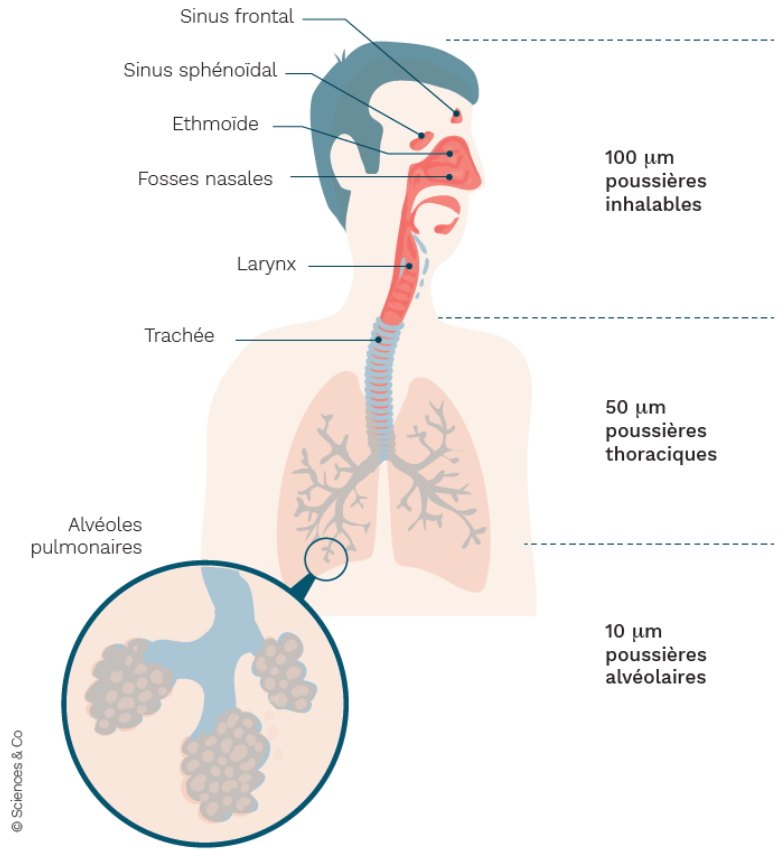
- Les poussières de bois peuvent induire **des pathologies respiratoires et cutanées.**

  **Tous les types de bois** peuvent être à l'origine de pathologies professionnelles **:**
  - Bois massifs : bois durs, tendres, exotiques, résineux…
  - Bois reconstitués : panneaux de contreplaqué, panneaux de particules, panneaux de fibres…

- **Atteintes ORL** (voies aériennes supérieures)
  - Obstruction nasale, sinusite, rhinite allergique ou irritative
  - Epistaxis (saignement de nez)
  - Cancers fosses nasales et des sinus maxillaires dont **l'adénocarcinome de l'ethmoïde**

- **Atteintes pulmonaires**
  - Asthme
  - BPCO (bronchite chronique obstructive) : obstruction permanente et progressive des bronches
  - Pneumopathie d'hypersensibilité ou alvéolite allergique (rare)
  - Fibrose pulmonaire

- **Atteintes oculaires et cutanées**
  - Conjonctivite
  - Allergies, dermatites, eczéma…




▲ Inhalation et niveau de pénétration des poussières dans l'organisme.

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Le risque Poussières de Bois

- Les poussières de bois sont classées comme **agent cancérogène groupe 1** pour l'Homme par le CIRC* et ACD **CMR de catégorie 1A** (effets avérés) au sens du règlement CLP**.
- Les travaux exposant aux poussières de bois inhalables font partie de la liste des **procédés cancérogènes** (arrêté du 26 octobre 2020)
- Les travaux exposant aux poussières de bois sont la **deuxième cause de cancer reconnu en maladie professionnelle** (avec plus de 50 cas de cancers des fosses nasales et des sinus chaque année)

  Ce sont des cancers rares (incidence annuelle en France : 0,9 à 1,5 pour 100 000 personnes – IARC, 1997), mais de mauvais pronostic, en raison d'un diagnostic souvent tardif.
- En Europe, 3,6 millions de travailleurs seraient exposés aux poussières de bois
- **Valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP)**

  ⇨ **VLEP-8h, contraignante et fixée à 1 mg/m$^3$**

* Centre International de Recherche sur le Cancer
** Règlement (CE) 1272/2008 relatif à la classification, l'étiquetage et l'emballage des substances et des mélanges

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Contrôle de la VLEP

Arrêté du 15 décembre 2009* :

- Définition d'une stratégie de prélèvement (GES) ;
- Prélèvements sur opérateur (filtre, pompe…) et analyse en laboratoire (pesée) ;
- Durée du prélèvement : une journée de travail de 8 heures
- Nombre de mesures : 3 prélèvements par GES
- Nombre de campagnes de mesures : 3 campagnes par an (évaluation initiale) puis 1 (périodique)
- Etablissement du diagnostic de respect ou de dépassement de la VLEP.










* relatif aux contrôles techniques des VLEP sur les lieux de travail et aux conditions d'accréditation des organismes chargés des contrôles

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Contrôle de la VLEP

## Intérêts du contrôle réglementaire pour le chef d'entreprise

- Répondre à l'obligation de contrôle
- Connaître le niveau d'exposition de ses salariés
- Objectiver les expositions au regard de l'évaluation des risques
- Evaluer l'efficacité des moyens de prévention mis en place
- Être informé des situations d'exposition à fort risque et pouvoir déclencher des mesures adaptées

## Limites du contrôle réglementaire

- Mesure gravimétrique ⇨ niveau d'exposition global sur une journée de travail
- Pas d'information sur la variation de l'exposition de l'opérateur au cours de poste de travail
- Ne permet pas d'identifier les facteurs qui favorisent l'exposition : l'exposition n'est pas forcément continue tout au long de la journée de travail.

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Comment évaluer autrement l'exposition ?

- **But** : disposer de l'information pour pouvoir prévenir de manière efficace (réduire l'exposition) parallèlement du dispositif réglementaire
- Travaux avec l'INRS et l'OPPBTP.
- E&R à la demande des organisations professionnelles des filières bois et ameublement et financés par le CODIFAB
- Travaux sur des moyens de mesurage : tests d'appareils portatifs à lecture directe

  ⇨ Non transposable au contrôle réglementaire (pas de corrélation fiable)

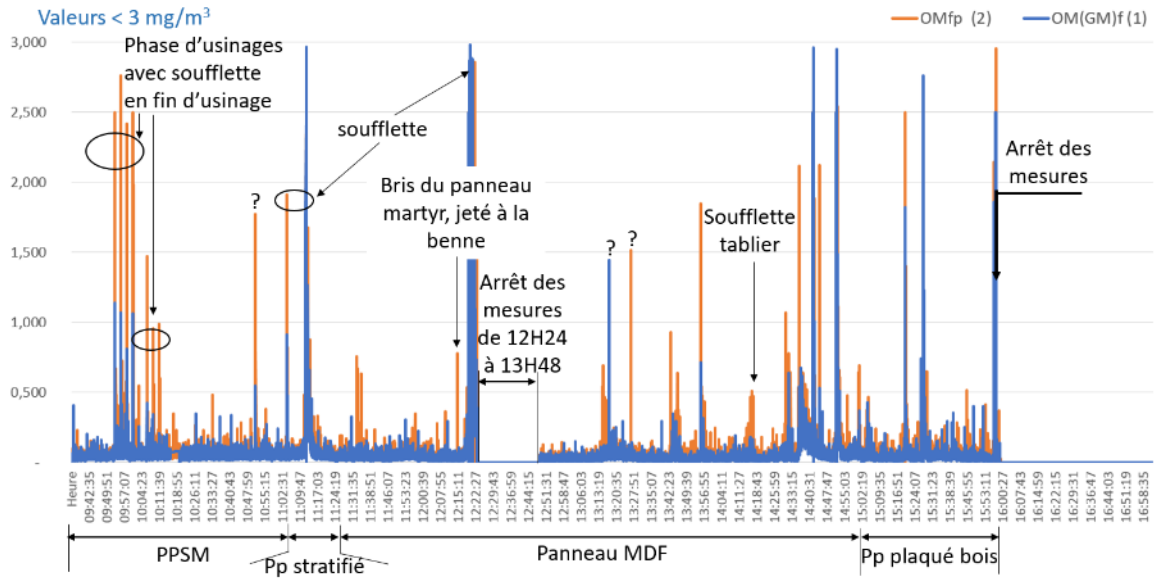
  ⇨ Intérêt dans la visualisation des variations des émissions



INRS ED 6221



INRS ED 6220






Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Méthode d'autoévaluation de l'exposition aux poussières de bois

- Demande des professionnels : disposer d'un outil simple et collectif renseignant sur le niveau d'exposition et sur les mesures de réduction à prendre

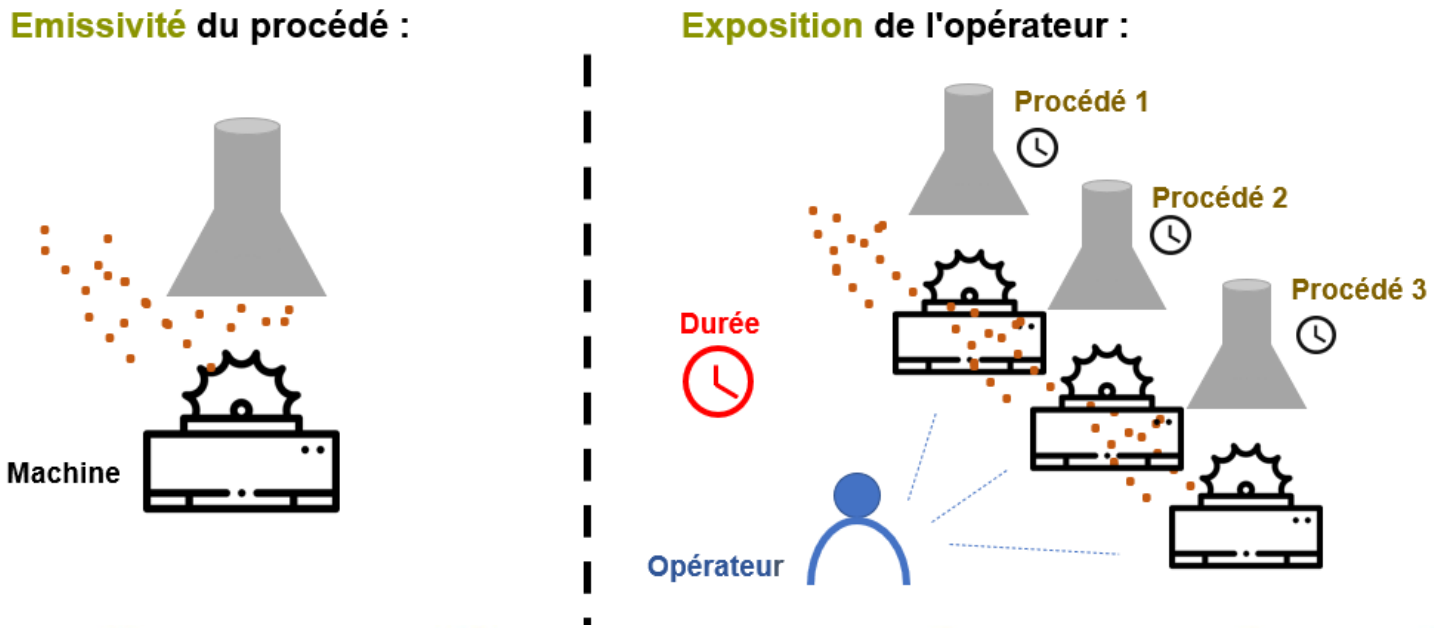
  ⇨ Guide ***Poussières de bois : évaluez le risque d'exposition dans votre atelier***







*Principe :*



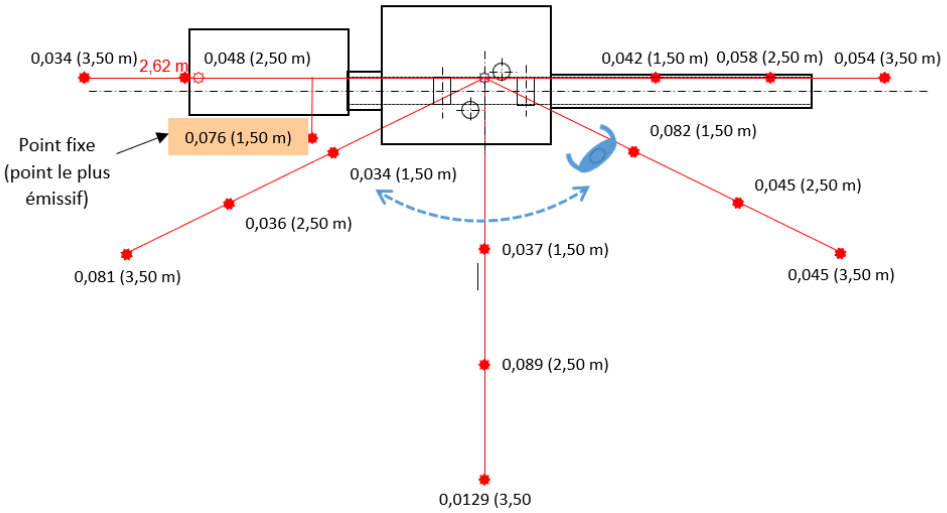
Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Méthode d'autoévaluation de l'exposition aux poussières de bois

*Méthodologie* :

**a) Classement des procédés en fonction de leur émissivité**, par :

- dires d'experts
- caractérisation via mesures → études Propobois



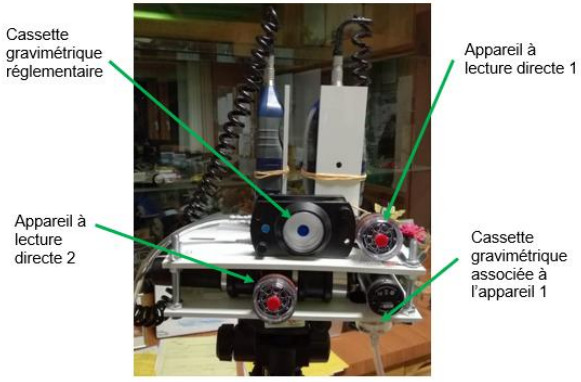




Figure 4 – Dispositif de mesure en point fixe

⇨ Définition d'une « **matrice Propobois** », fondement de la méthode

| PROCÉDÉS | VALEURS DE PROCÉDÉS $V_p$ |
|---|---|
| • Défonceuse<br>• Ponceuse longues bandes<br>• Centre d'usinage non encoffré<br>• Scie radiale<br>• Scie à panneaux verticale<br>• Scie circulaire portative<br>• Scie à format<br>• Ponçage manuel | 100 |
| • Déligneuse monolame<br>• Scie circulaire à table<br>• Ponceuse portative<br>• Raboteuse | 80 |
| • Perceuse à colonne<br>• Scie à ruban<br>• Mortaiseuse<br>• Tenonneuse<br>• Scie à panneaux horizontale<br>• Perceuse multibroches | 60 |
| • Dégauchisseuse<br>• Déligneuse multilames<br>• Ponceuse larges bandes<br>• Toupie<br>• Corroyeuse | 40 |
| • Plaqueuse de chant<br>• Travaux manuels avec ciseaux à bois<br>• Scie à affleurer<br>• Machines encoffrées | 20 |

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Méthode d'autoévaluation de l'exposition aux poussières de bois

*Méthodologie* :

**b) Prise en compte de la protection collective**

- Type de moyens utilisés
- État présumé de fonctionnement

⇨ Qualification de l'**émissivité d'un couple procédé - protection collective** par un score et une classe (Ap --> Ep, correspondant à une émissivité croissante)

| INTERVALLE DE NOTES $N_{EP}$ (VALEURS POSSIBLES) | CLASSE D'ÉMISSIVITÉ DU PROCÉDÉ |
|---|---|
| 0 à 10 (2,5 ; 5 ; 7,5 ; 10) | Ap |
| 11 à 20 (15 ; 20) | Bp |
| 21 à 40 (25 ; 30 ; 40) | Cp |
| 41 à 60 (45 ; 50 ; 60) | Dp |
| 61 à 100 (75 ; 80 ; 100) | Ep |

| PROTECTION COLLECTIVE | | $C_{Pct}$ |
|---|---|---|
| MACHINES FIXES | MACHINES PORTATIVES | |
| Captage local avec aspiration extérieure sans recyclage | Aspiration haute dépression | 0,25 |
| Captage local avec aspiration extérieure avec recyclage | Aspirateur mobile de classe M ou H | 0,5 |
| Captage local avec aspiration intérieure et recyclage | Aspirateur mobile classe L | 0,75 |
| Aucun captage existant | Aucun captage existant | 1 |

| PROTECTION COLLECTIVE | |
|---|---|
| ÉTAT DE FONCTIONNEMENT | COEFFICIENT DE FONCTIONNEMENT $C_{Pcf}$ |
| Bon fonctionnement présumé | 1 |
| Bon fonctionnement non garanti | 1,2 |

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Méthode d'autoévaluation de l'exposition aux poussières de bois

*Méthodologie* :

**c) Répartition du temps d'opérateur sur différents procédés**

- Durées (utilisation, nettoyage, hors procédé)
- Port d'APR

| PROCÉDÉS | NOMBRE D'HEURES DE TRAVAIL SUR LES PROCÉDÉS |
|---|---|
| Procédé 1 | … h |
| Procédé 2 | … h |
| … | … h |
| Procédé n | … h |
| Activité hors procédés | … h |
| **TOTAL** | **8 h** |

⇨ Qualification de l'**exposition d'un opérateur** par un score et une classe (Ao --> Eo, correspondant à un niveau croissant d'exposition)

| INTERVALLE DE NOTES $N_{Eo}$ (NOTES D'EXPOSITION DE L'OPÉRATEUR) | CLASSE D'EXPOSITION DE L'OPÉRATEUR |
|---|---|
| 0 à 10 | Ao |
| 11 à 20 | Bo |
| 21 à 40 | Co |
| 41 à 60 | Do |
| 61 à 100 | Eo |

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Le Simulateur, outil numérique d'autoévaluation de l'exposition aux poussières de bois

**Formalisation de la méthode**

⇨ outil numérique, **le simulateur d'exposition**, associé des **fonctionnalités complémentaires** :

- Visualisation cartographique des procédés en fonction de leur émissivité
- Pistes pour réduire de l'exposition par actions sur les critères d'entrée
- Accès à des ressources documentaires en lien avec les résultats de la simulation

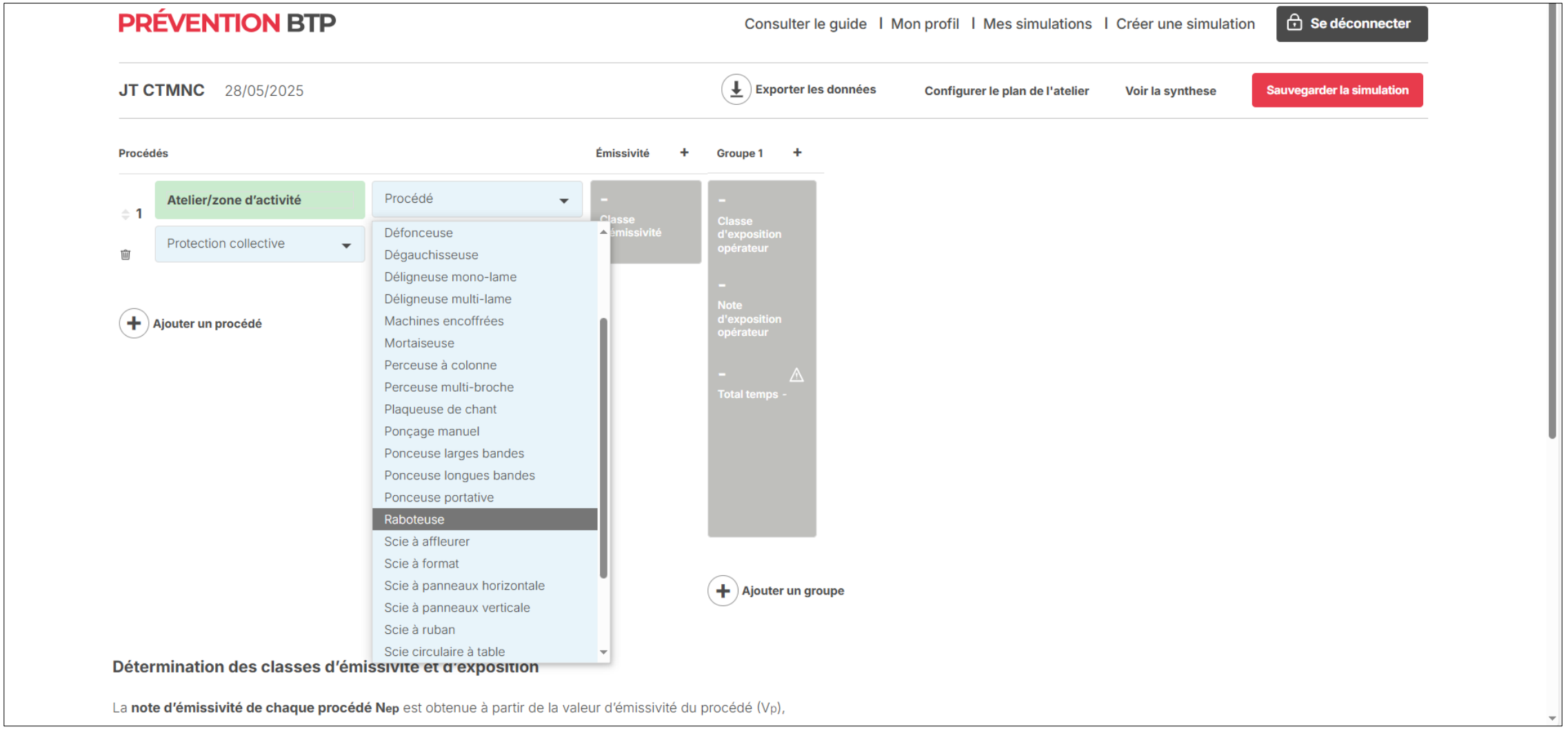
**Intérêt pour les entreprises**

- Outil en ligne, facile d'accès et d'utilisation
- Evaluation rapide des situations d'exposition qui permet :

- de définir, prioriser et programmer des actions de réduction
- de préparer le contrôle réglementaire

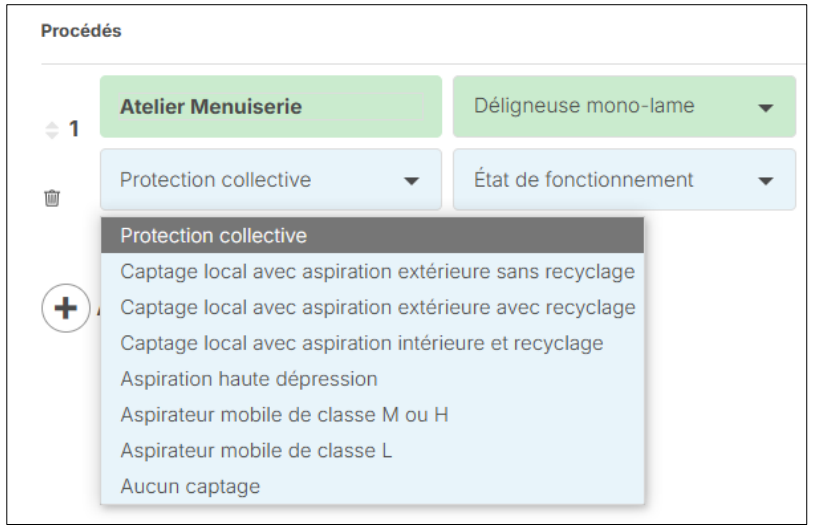
Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

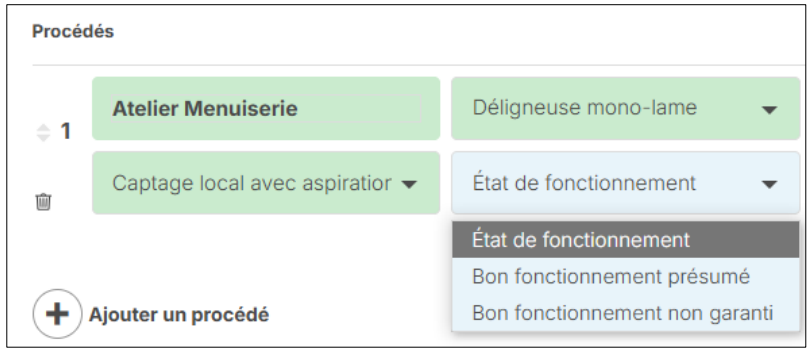
# Le simulateur…



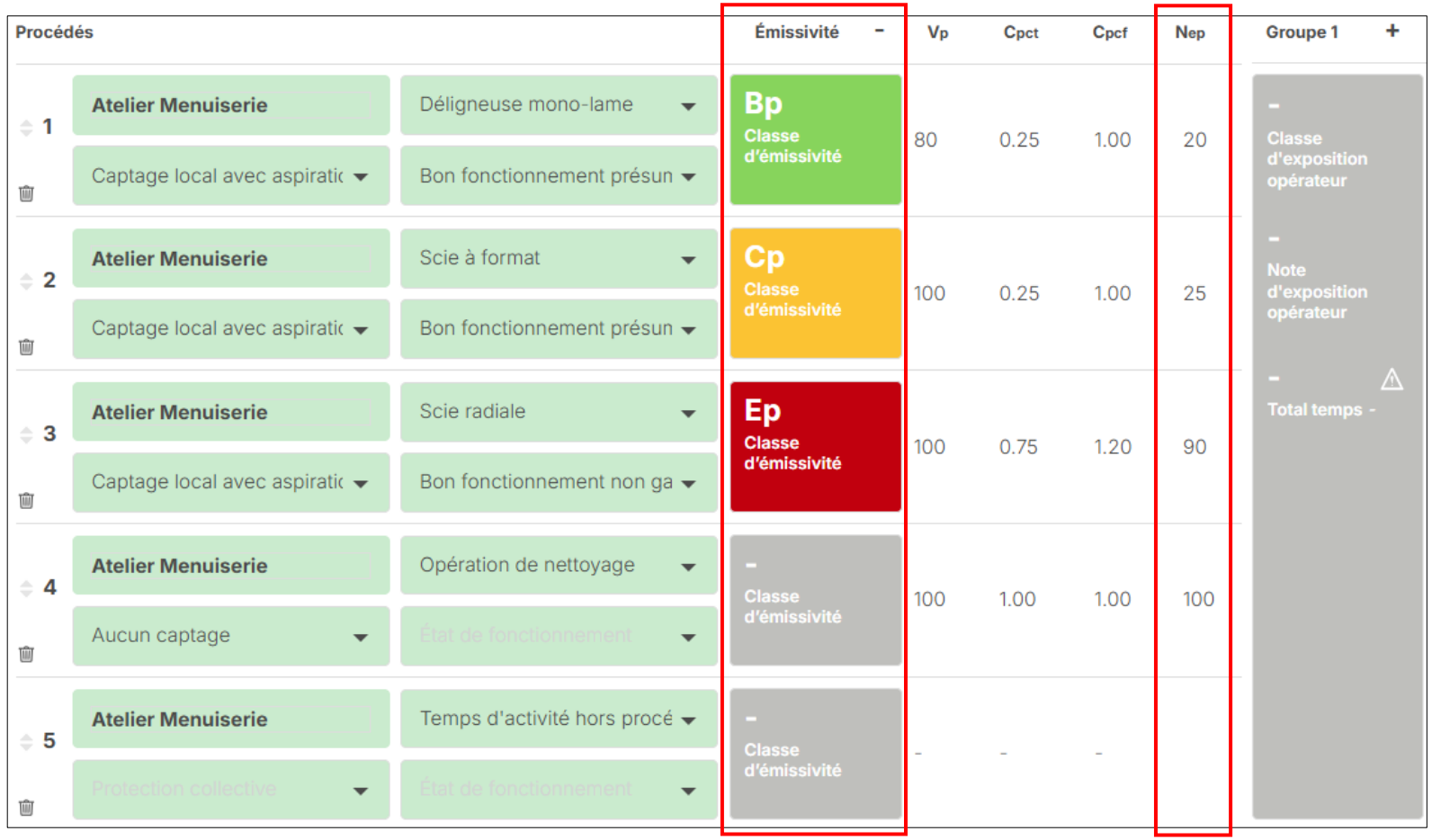
Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Le simulateur…



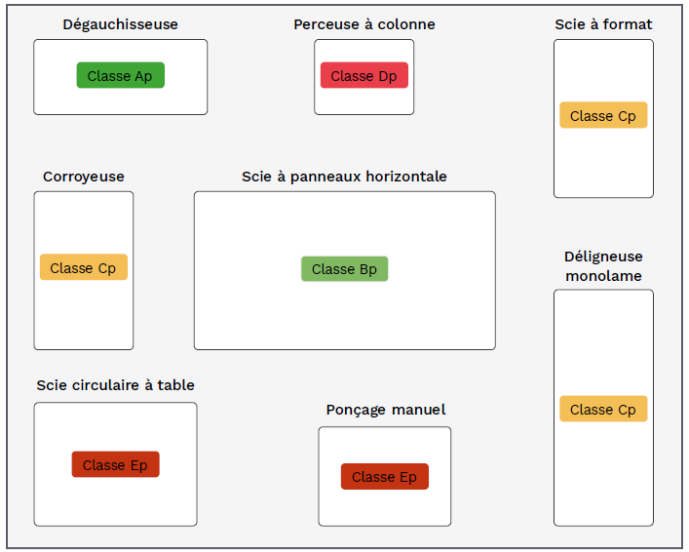

Qualification des procédés



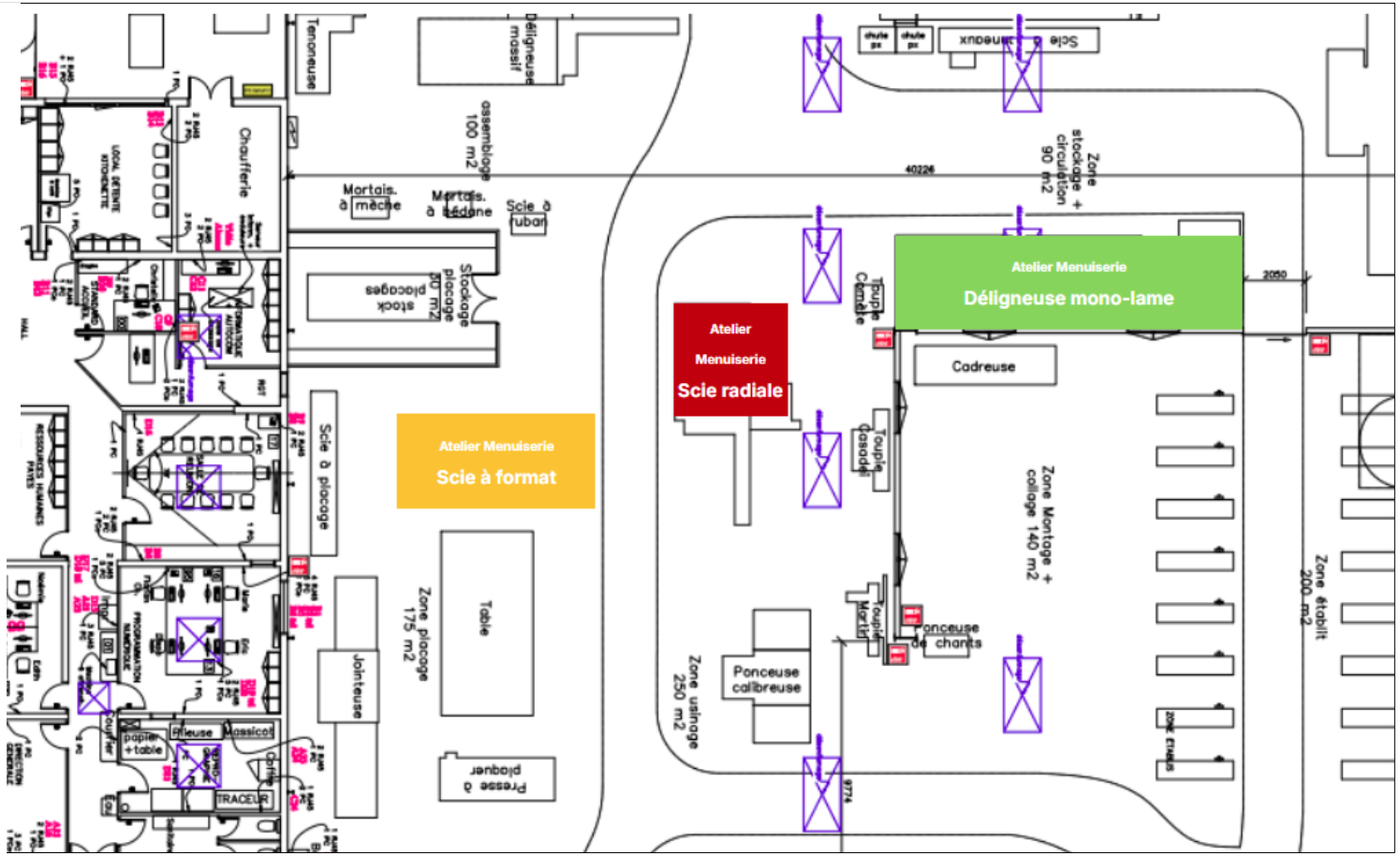
Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Le simulateur…

Cartographie des procédés avec leur classe d'émissivité



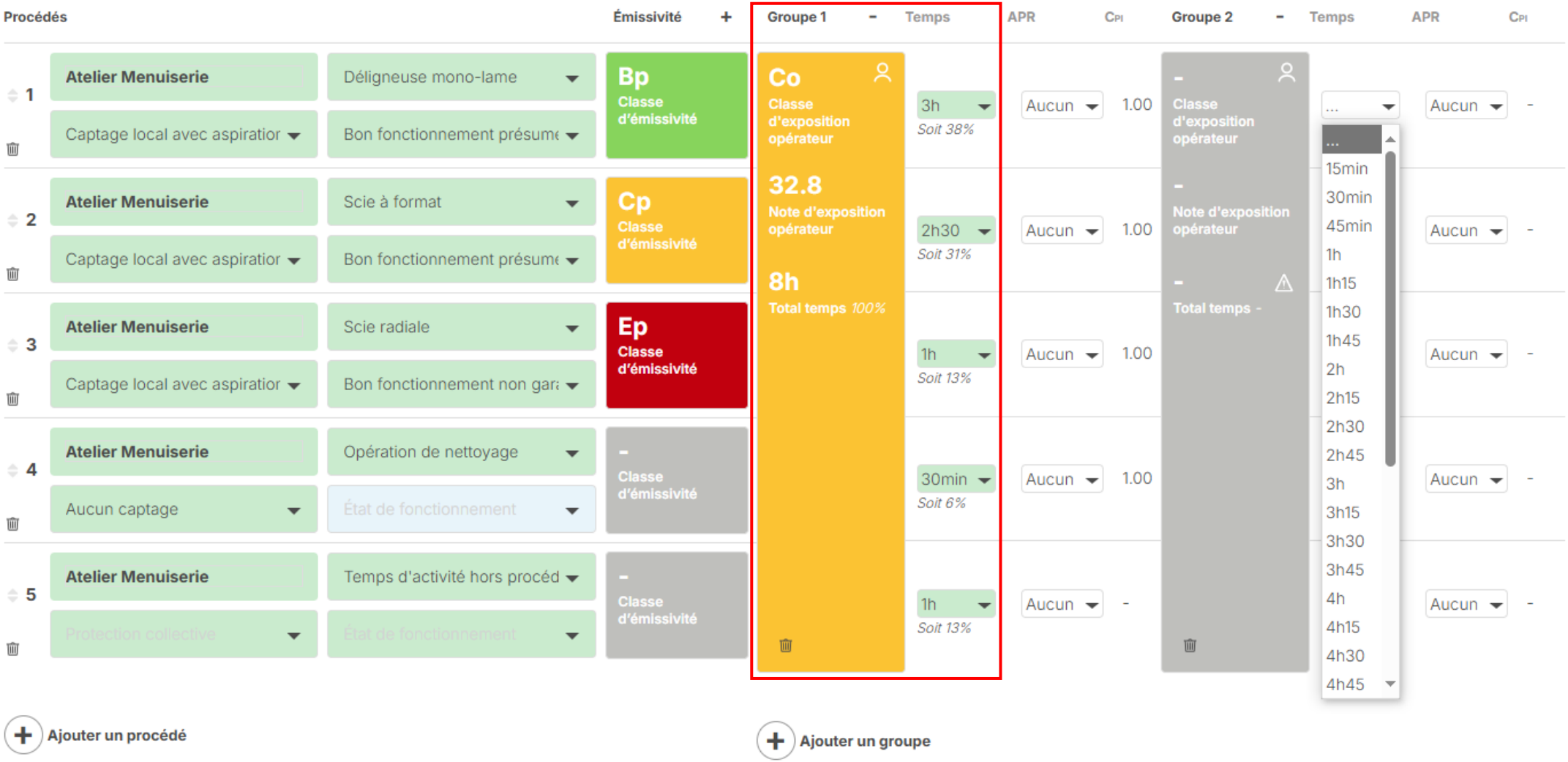

| Procédés | Classe d'émissivité |
|---|---|
| Déligneuse mono-lame | Bp |
| Scie à format | Cp |
| Scie radiale | Ep |
| Opération de nettoyage - Temps d'activité hors procédé | - |



Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Le simulateur…

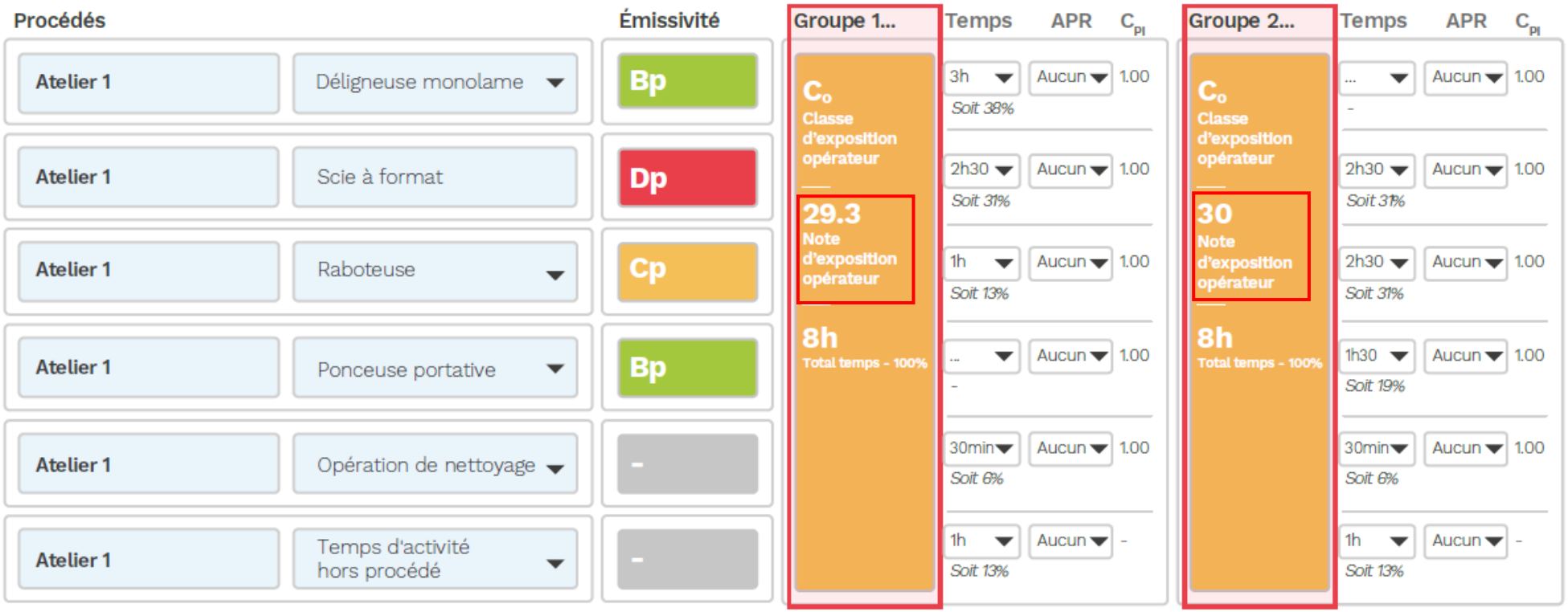
Qualification de l'exposition de l'opérateur



Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Le simulateur…

Notes d'exposition et Groupes d'exposition similaire (GES)



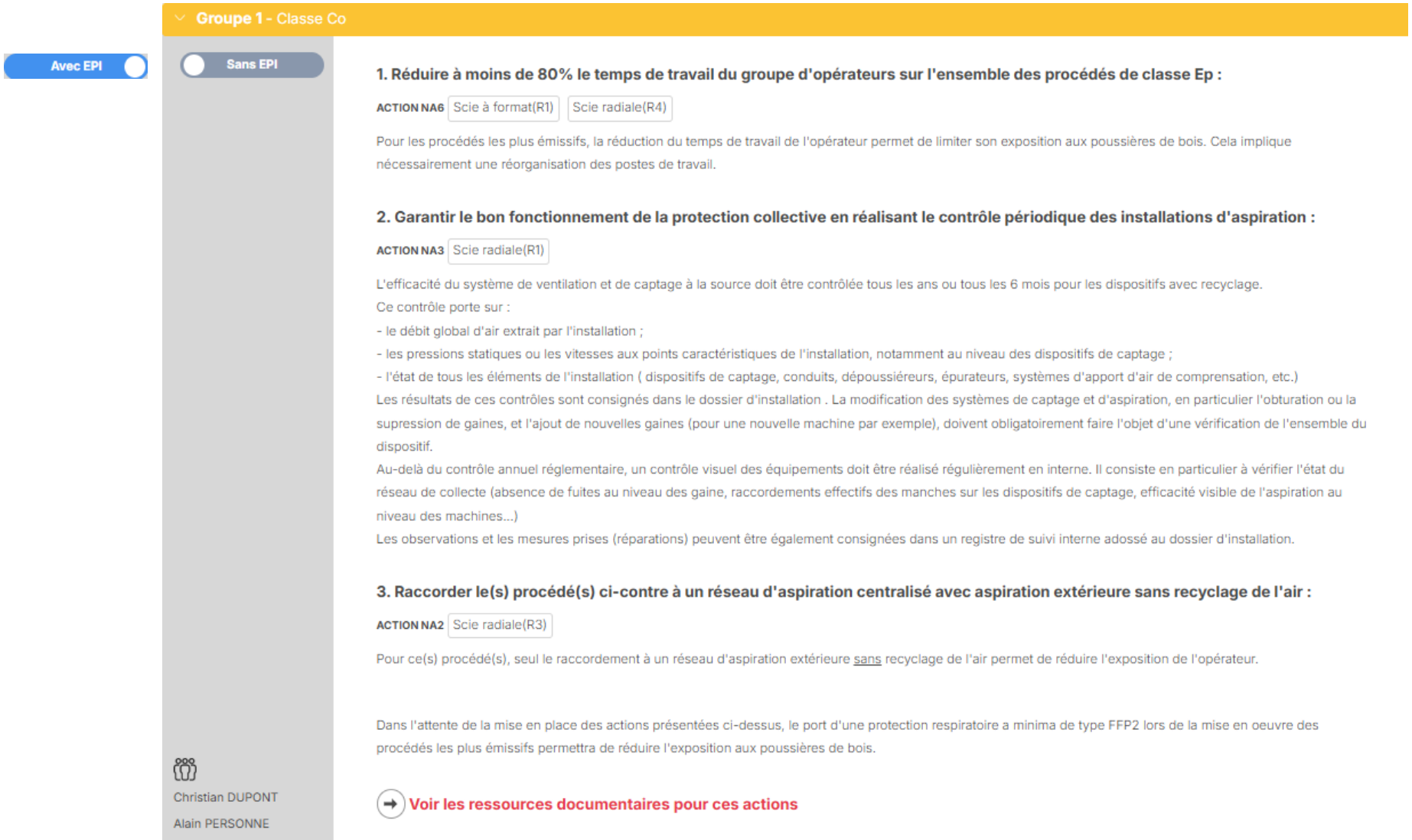

Deux groupes d'opérateurs présentant des notes similaires d'exposition sont de nature à constituer un même GES.

⇨ Aide à l'établissement de la stratégie d'échantillonnage

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

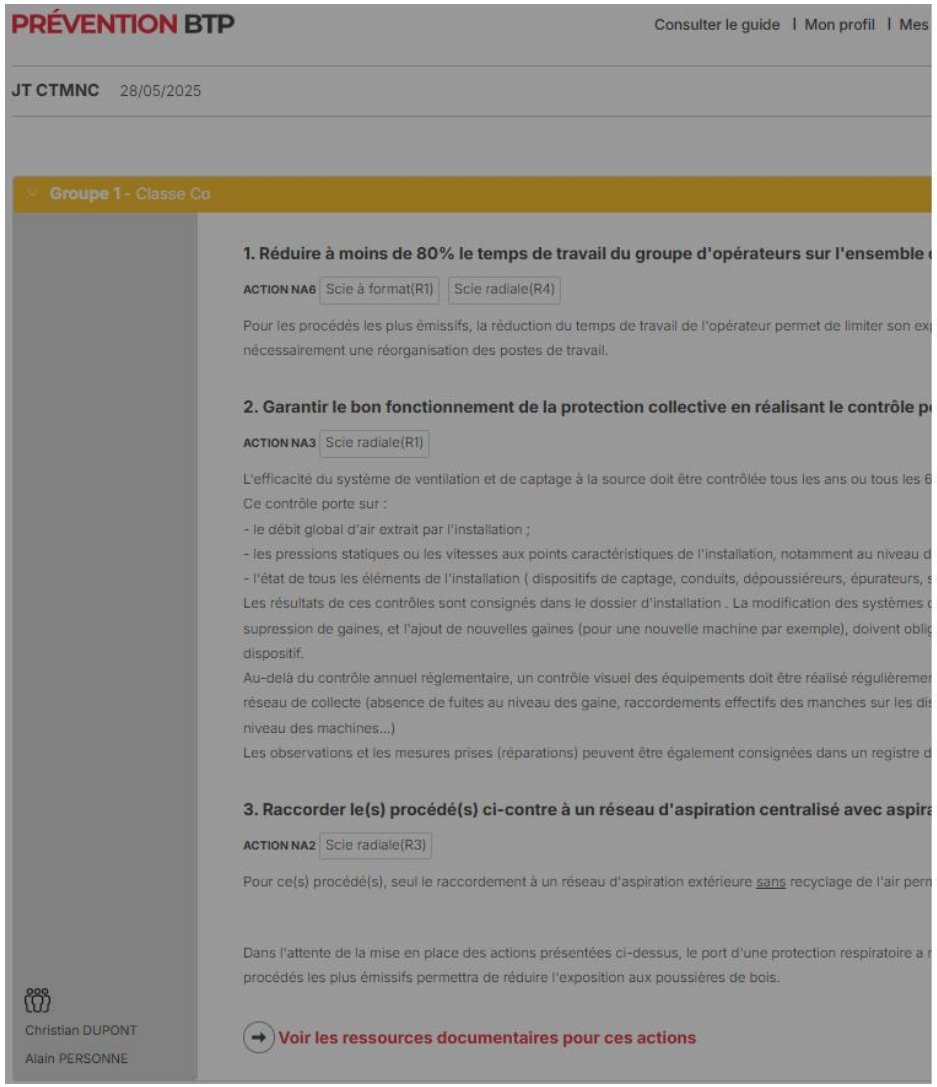
# Le simulateur…

Synthèse et pistes de réduction de l'exposition



Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Le simulateur…




## Ressources documentaires



Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Le simulateur : un outil évolutif

**Travaux en cours ou à venir**, pour la prise en compte de :

- certains facteurs environnementaux, variables selon les ateliers et que l'on voudrait « ajustables »
- l'influence de la nature des matériaux travaillés sur l'émissivité du procédé et l'exposition de l'opérateur

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite




# Merci de votre attention

Vincent QUINT
vincent.quint@fcba.fr

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

17E JOURNÉE TECHNIQUE

Pierre naturelle et poussières : comprendre pour mieux s'en protèger

3 JUIN 2025 – PARIS 5E

# Guide de sensibilisation à la silice cristalline

Sylvie GODFRIN,
Docteur-ingénieur en chimie
EPSAT Vosges

CTMNC
MATERIAUX NATURELS DE CONSTRUCTION

l'Assurance Maladie
RISQUES PROFESSIONNELS

VOTRE INTERLOCUTEUR EN RÉGION
Carsat Retraite & Santé au travail
Nord-Est

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

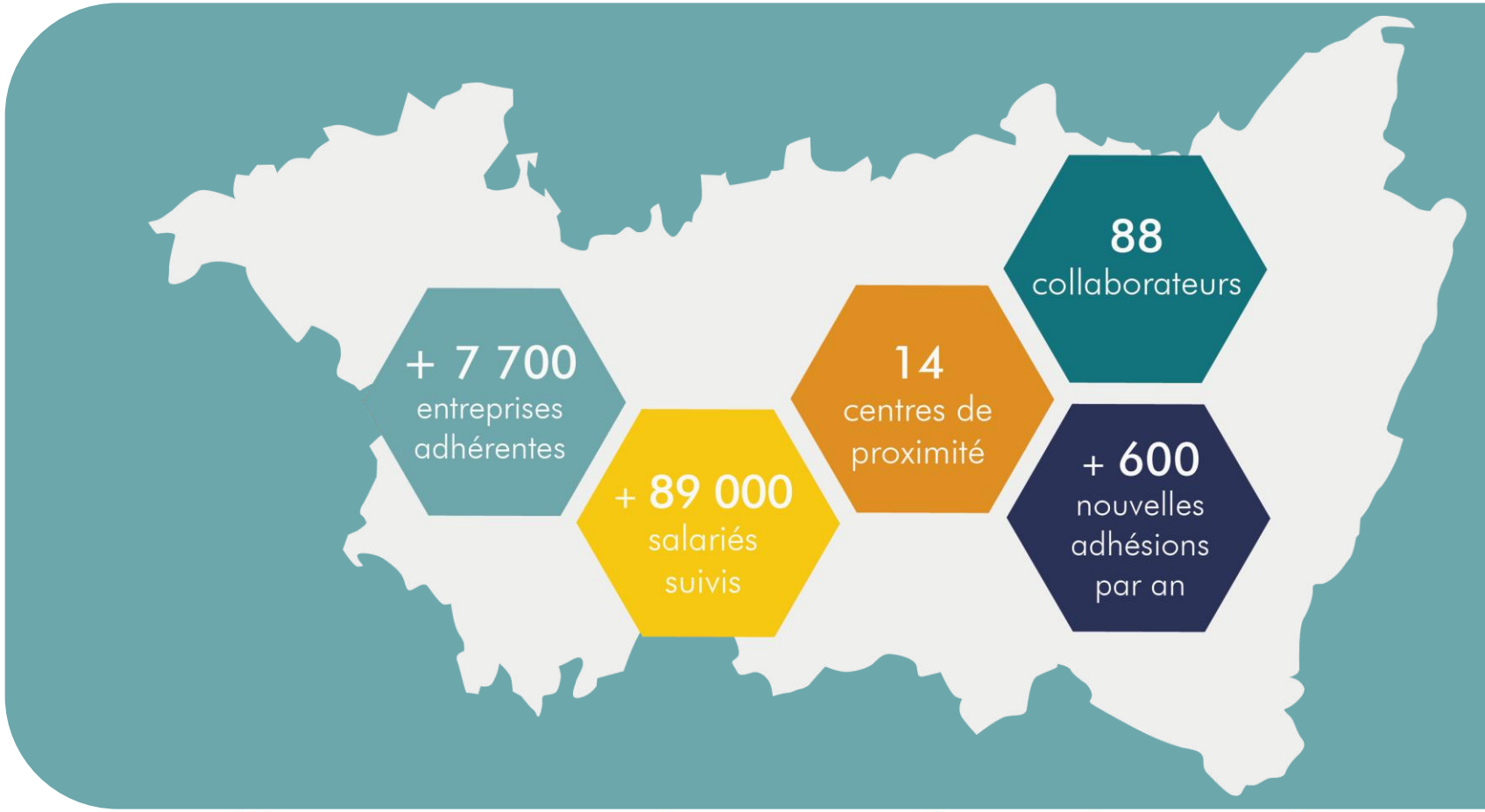
# EPSAT Vosges, c'est …

*« Ensemble pour la Prévention et la Santé au Travail dans les Vosges »*

*« Éviter toute altération de la santé des travailleurs du fait de leur travail. »*

*Association loi 1901*

- **Suivi individuel des salariés en santé au travail**
- **Prévention des risques professionnels**
- **Prévention de la désinsertion professionnelle**



Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Silice cristalline : Effets sur la santé

| | | |
|---|---|---|
| **Toxicité aigue (courte durée)** | Irritation des yeux et des voies respiratoires | |
| **Toxicité chronique (longue durée)** | Bronchite chronique, Broncho Pneumopathie Chronique Obstructive (BPCO) | Inflammation des bronches (toux, crachats, difficultés à respirer) |
| | Silicose | Fibrose pulmonaire irréversible |
| | Cancer du poumon | Le niveau de risque de cancer broncho-pulmonaire est plus élevé chez les patients silicotiques |
| | Maladies auto-immunes | Sclérodermie systémique progressive, polyarthrite rhumatoïde… |
| | Insuffisance rénale chronique | |

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Effets sur la santé

- Plus la **concentration** inhalée est importante, plus le risque est élevé **(attention aux pics d'exposition)**
- Importance de la **durée** et de la **fréquence** de l'exposition
- Exposition à de la **silice fraichement fracturée** (usinage) potentiellement plus dangereuse
- **Facteurs aggravants** : le tabac, les maladies pulmonaires, les efforts musculaires (hyperventilation => augmentation des poussières inhalées), les irritants pulmonaires (vapeurs, fumées, poussières…)

**A l'arrêt de l'exposition, il n'y a jamais d'amélioration immédiate de l'état de santé.**

**Si la stabilité de l'état de santé est possible, … l'évolution de la maladie est également possible.**

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

## Contexte de l'etude :

- Granit (peut contenir >50% de silice cristalline libre) dans les Vosges
- Méconnaissance des niveaux d'exposition
- Travail à l'humide = pas de risque **?**

## Mesures :

Mesures faites dans 10 entreprises vosgiennes
pour du travail **granit majoritairement**

## Résultats :

- Pour certains métiers, niveaux mesurés sur 8h sont modérés
- Mise en évidence des **tâches les plus exposantes à la silice cristalline** (pics d'exposition)
- Résultats indiqués dans les fiches **= maximum obtenu** pour chaque tâche. Ne tiennent pas compte du port de la protection respiratoire.

## Prévention :

- **Identifier** les taches les plus exposantes de l'entreprise:
  - Exposition trop importante
  - Exposition significative
  - Exposition modérée
- **Réfléchir** aux moyens de prévention applicables dans l'entreprise **(boite à outil)**




https://epsatvosges.fr/etude-sur-les-poussieres-de-silice-dans-les-graniteries-et-dans-la-gravure-sur-monuments-funeraires/

Copyright CTMNC : Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Protection respiratoire

***En complément des mesures de prévention collectives, il est conseillé de porter selon la durée et le niveau d'exposition :***

| Type de masque | | Divise la concentration de poussières entre l'extérieur et l'intérieur du masque par : |
|---|---|---|
| Masque anti poussières FFP3 |  https://www.frankel.fr | 10 |
| Demi masque avec cartouche P3 |  https://www.vdp.com/resources/36/161.pdf | 10 |

Copyright CTMNC : Toute reproductionou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Protection respiratoire

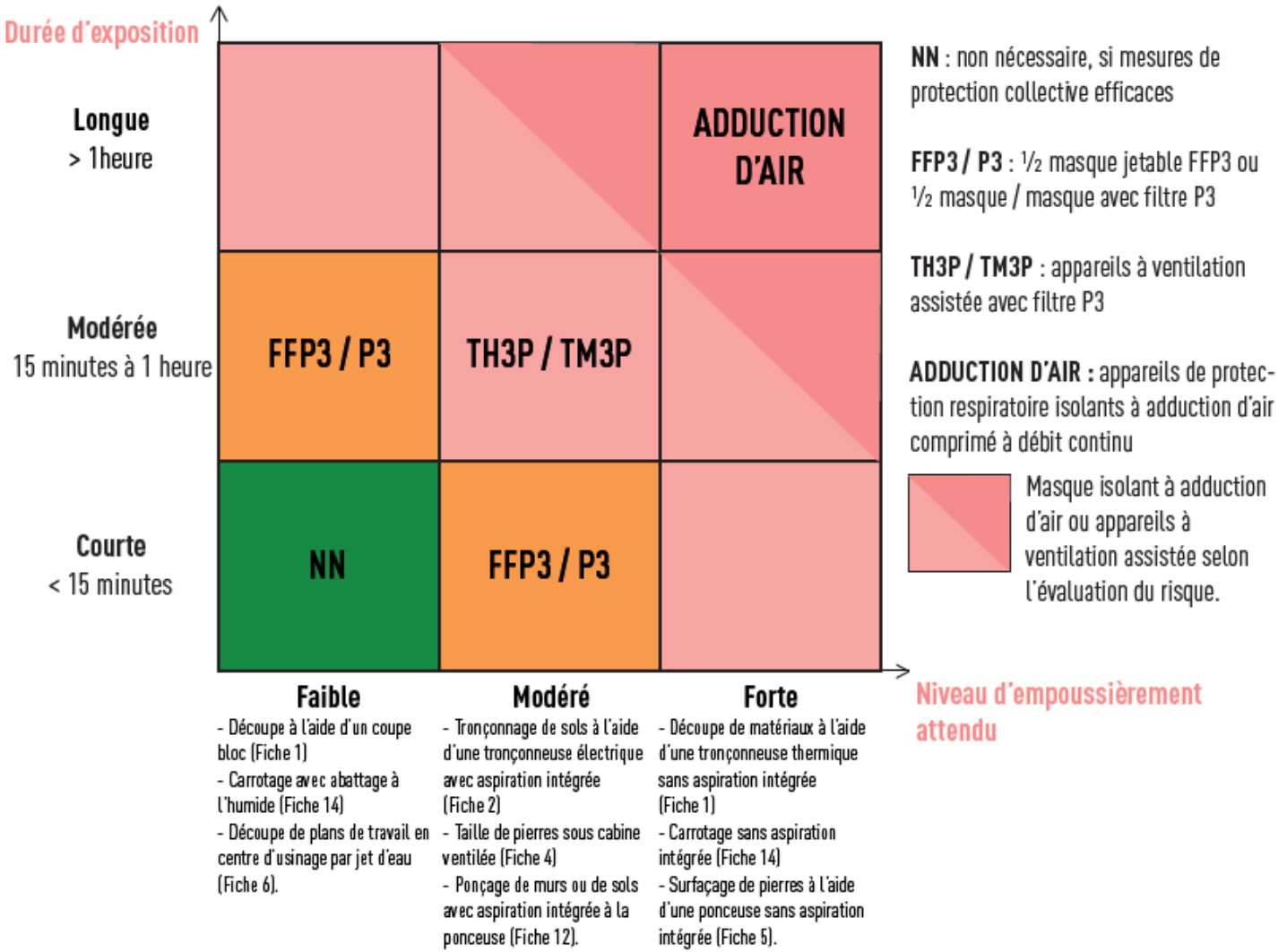
| Type de masque | | Divise la concentration de poussières entre l'extérieur et l'intérieur du masque par : |
|---|---|---|
| Masque à ventilation assistée avec cartouche P3 |   https://www.safetygas.com/scott_safety https://www.exa-protection.fr/protection-respiratoire/1436-masque-a-ventilation-assistee-exa-protection.html | 40 à 100 |
| Masque à adduction d'air |  | 250 |

Source : INRS ED 6106 Les appareils de protection respiratoire

Copyright CTMNC : Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Protection respiratoire

En fonction de la **durée** et de l'**émissivité** de la **tâche:**




*Source : Fiches pratiques générales - silice cristalline - PRST3 Pays-de-la-Loire - actualisation : février 2021, fiche D « EPI » page 11 du PDF*

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# #merci pour votre attention

www.epsatvosges.fr



Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite



17E JOURNÉE TECHNIQUE

# Pierre naturelle et poussières : comprendre pour mieux s'en protèger

3 JUIN 2025 – PARIS 5E

CTMNC
MATERIAUX NATURELS DE CONSTRUCTION

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# CONTEXTE

« De la poussière… à la donnée»

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

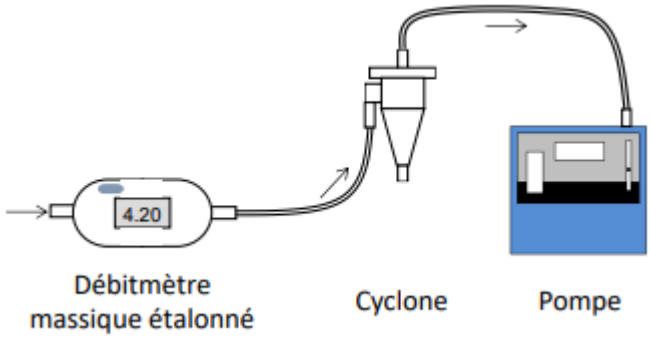
# CONTEXTE

Les appareils utilisés traditionnellement pour mesurer l'exposition ne donne pas d'information sur la concentration en temps réel

- **CIP10**
- **Cyclone/Cassette/ Impacteur ECIMNC**




- CIP10




- Cyclone/Cassette/Impacteur

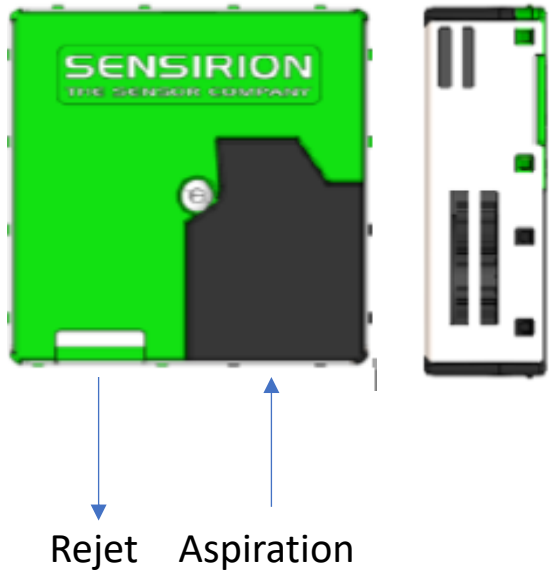
Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# CONTEXTE

- Donne la **concentration en temps réel** en **nombre et en masse**
- Classe granulométrique : de 0,3 µm à 34 µm
- Prix : 10 000 euros




- Donne la **concentration en temps réel** en **nombre et en masse**
- Classe granulométrique : de 0,3 à 2,5 µm (**4 et 10 µm)**
- Prix : 100 euros



Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# DÉVELOPPEMENT MÉTROLOGIQUE

« Comprendre pour mieux s'en protéger »

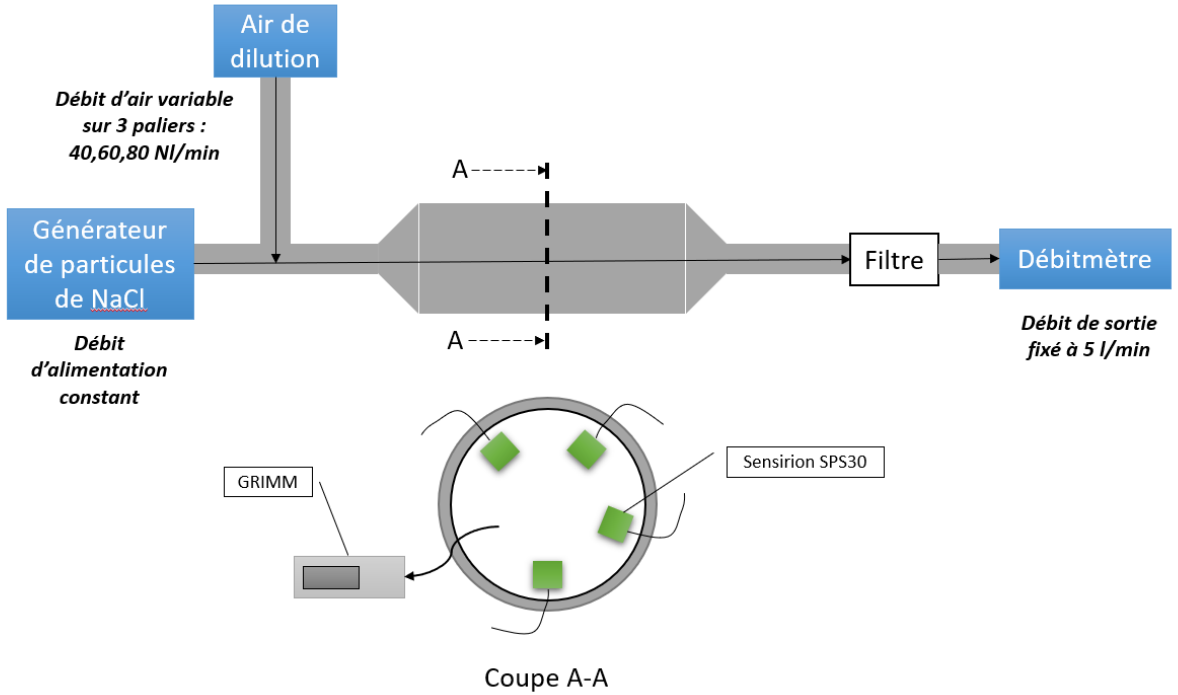
Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

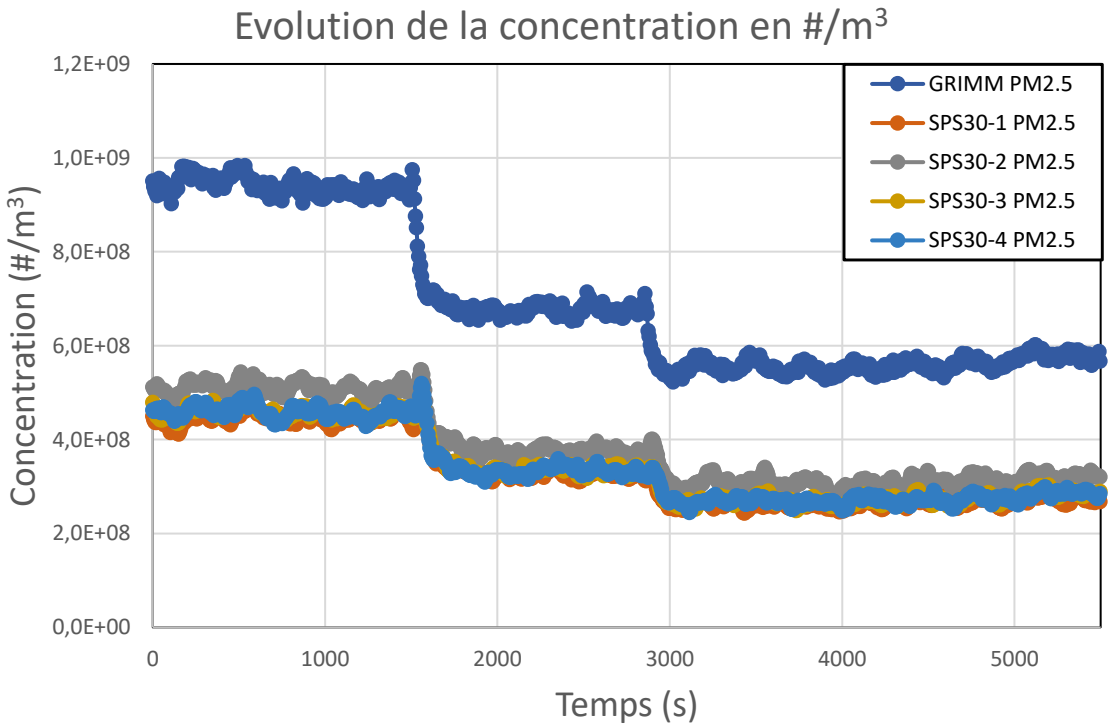
# ÉTALONNAGE DES CAPTEURS

**Comparaison entre GRIMM et Sensirion SPS30 :**

- Déterminer **l'efficacité et la fiabilité** des capteurs Sensirion en les comparant avec le GRIMM

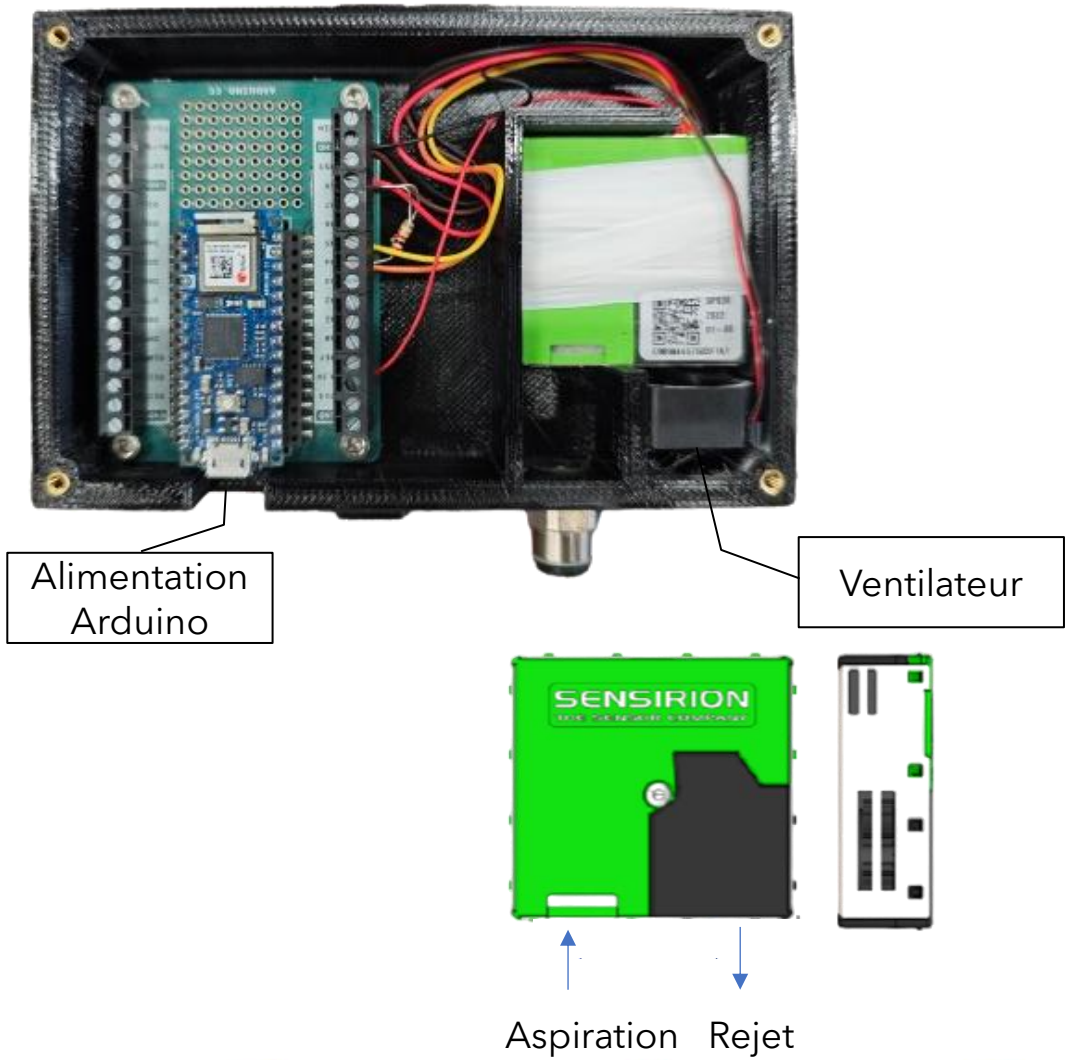
Écart moyen de 20 % entre les mesures de GRIMM et Sensirion



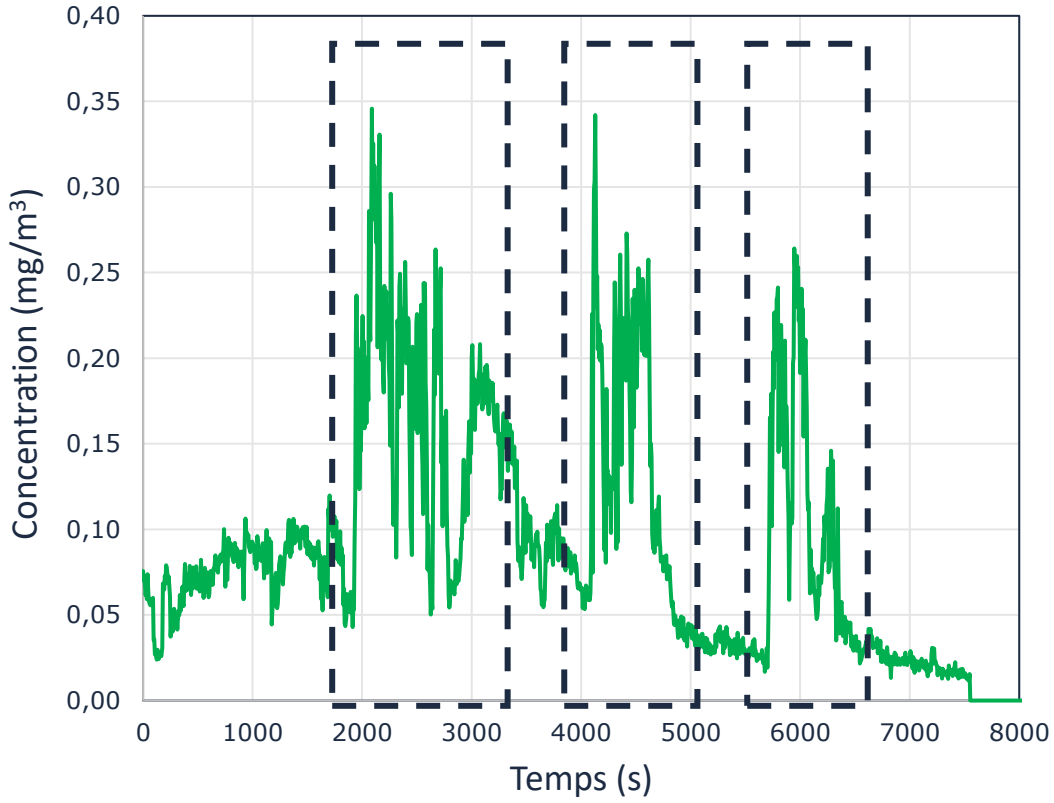



Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# DÉVELOPPEMENT D'UN CAPTEUR PORTATIF




Évolution de la concentration ambiante des PM2.5 lors du processus de sciage à disque



Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# COMPARAISON SYSTÈME PORTATIF AVEC APPAREILS RÉGLEMENTAIRES

## Calcul de la VLEP-8h à partir d'appareils standards :

- Collecte d'une masse de particules avec les appareils réglementaires (CIP10, Cyclone etc…)

$$C_{M_x} = \frac{m_{prelevée}}{Q.t}$$

Avec
$C_{M_x}$ : concentration inhalée (mg/m³)
$m_{prelevée}$ : masse d'échantillon capturée (mg)
*t :* temps de mesure (heures)
Q : débit de prélèvement (m³/h)

## Calcul de la VLEP à partir d'un granulomètre optique :

- Collecte : Mesure des particules (0,3-10 µm pour SPS30, 0,3-35 µm pour GRIMM).

$$VLEP = \frac{\int_{t=0}^{t=8h} \int_{d_{ae}=0}^{d_{ae}=100\ \mu m} C(d_{ae},t) F_x(d_{ae}) d(d_{ae}) dt}{\int_{t=0}^{t=8h} dt}$$

**Avec**
$C(d_{ae},t)$ : concentration massique des particules de diamètre aérodynamique $d_{ae}$ à l'instant t
$F_x(d_{ae})$ : fraction (inhalable, thoracique ou alvéolaire) pour le diamètre $d_{ae}$
Intégration sur t de 0 à 8 heures et sur $d_{ae}$ de 0 à 100 µm

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# COMPARAISON SYSTÈME PORTATIF AVEC APPAREILS RÉGLEMENTAIRES

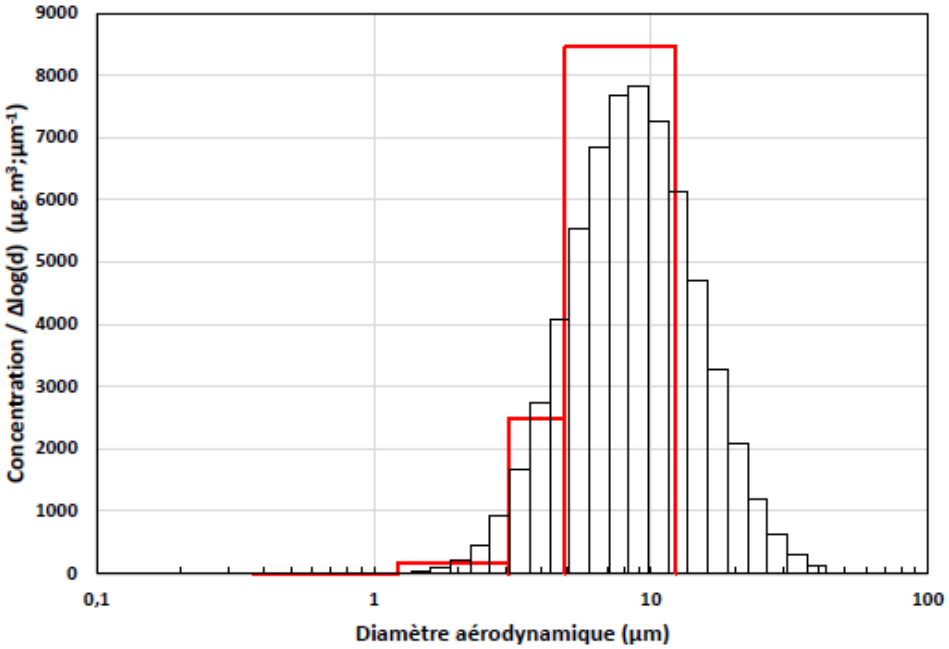
**Critères préalables :**

- Disposer d'une mesure fiable
- Utiliser un capteur capable de mesurer les particules de 0 à 100 µm

**Limites sensirion SPS30 :**

- Précision limitée : incertitude de ±20 % par rapport aux mesures GRIMM
- Plage de mesure effective : particules de 0,3 à 2,5 µm (au-delà, les mesures sont extrapolées)

→ Données insuffisantes pour évaluer les fractions thoracique et inhalable




Fractions alvéolaire exprimées en µg/m3 en fonction des classes granulométriques

- **Le capteur portatif a pour vocation de compléter les appareils existants, sans pour autant les remplacer. Il permet néanmoins d'estimer la concentration alvéolaire inhalée par l'opérateur avec une précision de ±15 %.**

Des tests comparatifs supplémentaires sont en cours afin de valider cet écart de 15 % sur la fraction alvéolaire.

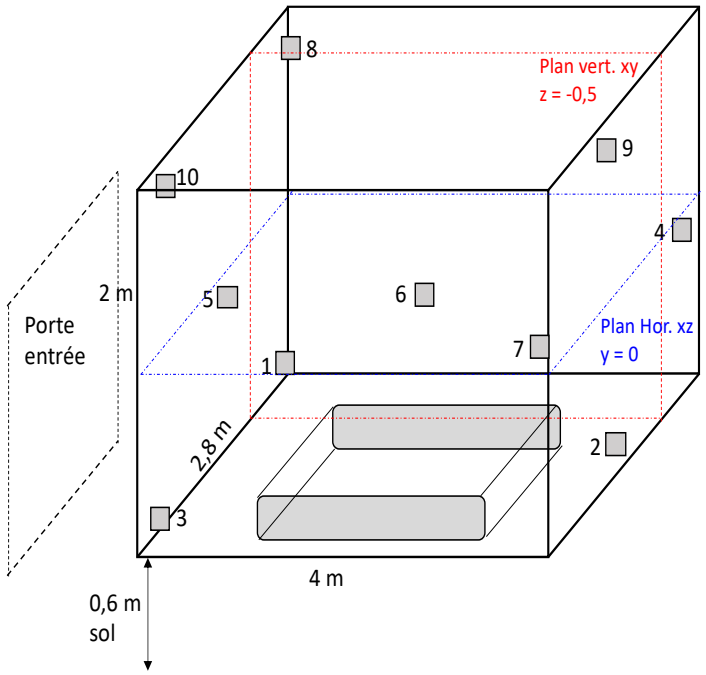
Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

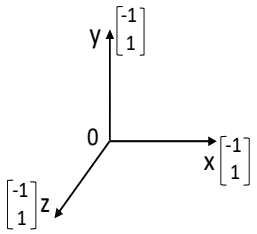
# CARTOGRAPHIE DE LA CONCENTRATION

« Suivons la piste des poussières !»

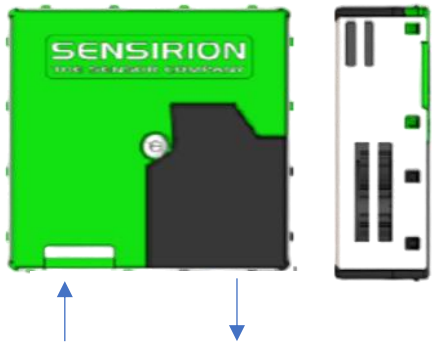
Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# PRINCIPE DE LA CARTOGRAPHIE




- **Objectif :** Cartographier les concentrations de particules solides en atelier.
- **Méthodologie :** Comparaison du plan d'expérience 3Δ classique et d'une version améliorée utilisant XGBoost.

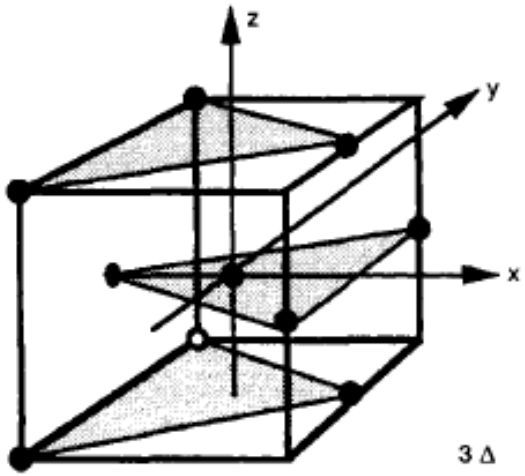


Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# MODÈLE 3Δ

**Roulet (1991)** :

- Structure : 10 points de mesure dans un espace normalisé (x,y,z ∈ [−1,1]), formant trois triangles et un point central.




- Résolution : Moindres carrés régularisés, $\boldsymbol{A = \left(M^T M\right)^{-1} M^T V}$

M : matrice obtenue à partir du placement et des coordonnées des capteurs
V : concentration mesurée à chaque instant t
A : Vecteur des coefficients obtenues pour l'équation $\boldsymbol{C(r)}$

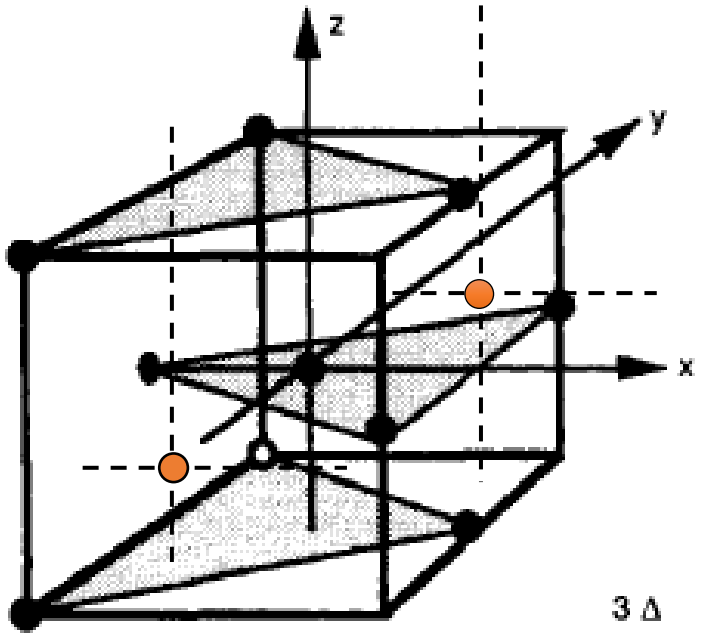
- Modèle: Quadratique, $\boldsymbol{C(r) = a + b_x x + b_y y + b_z z + b_{xy} xy + b_{xy} yz + b_{xz} xz + b_{xx} x^2 + b_{yy} y^2 + b_{zz} z^2}$

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Evaluation du modèle 3Δ

**Expérience** :

- Placement de 10 capteurs selon le modèle défini sous une hotte




**Validation du modèle à partir de deux points supplémentaires hors équation**

Pour renforcer la validité du modèle, deux cas spécifiques ont été analysés bien qu'ils ne soient pas intégrés dans l'équation de base :

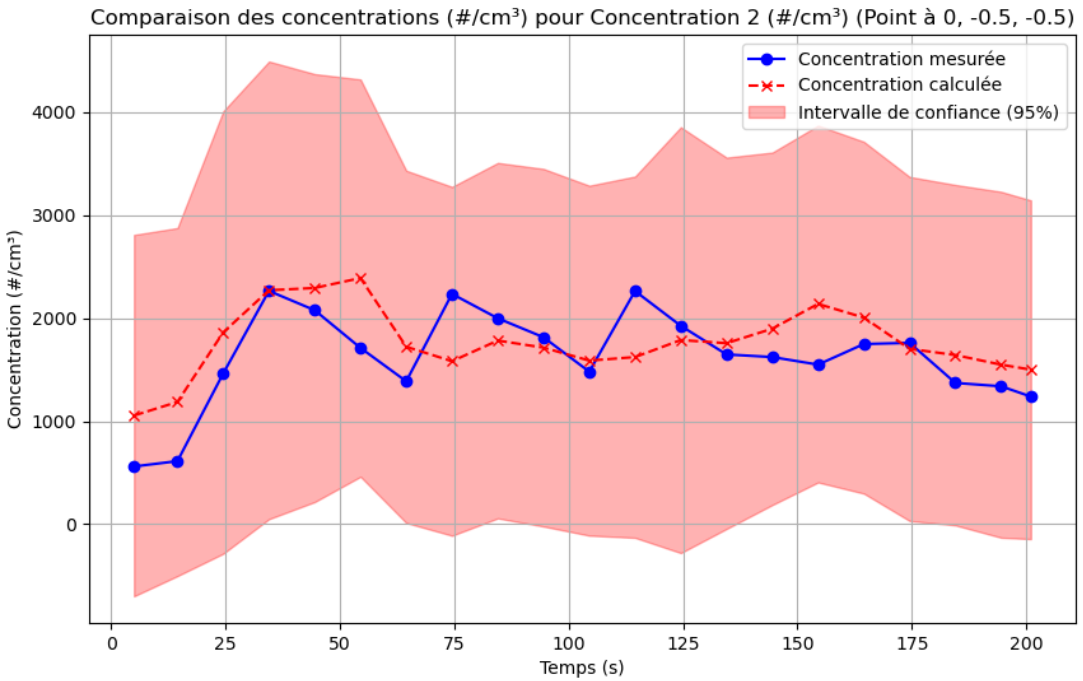
**Type de génération de particules :**

- **Génération continue** (ex. : processus industriels permanents)
- **Génération ponctuelle** (ex. : émission brève, nuage de poussières)

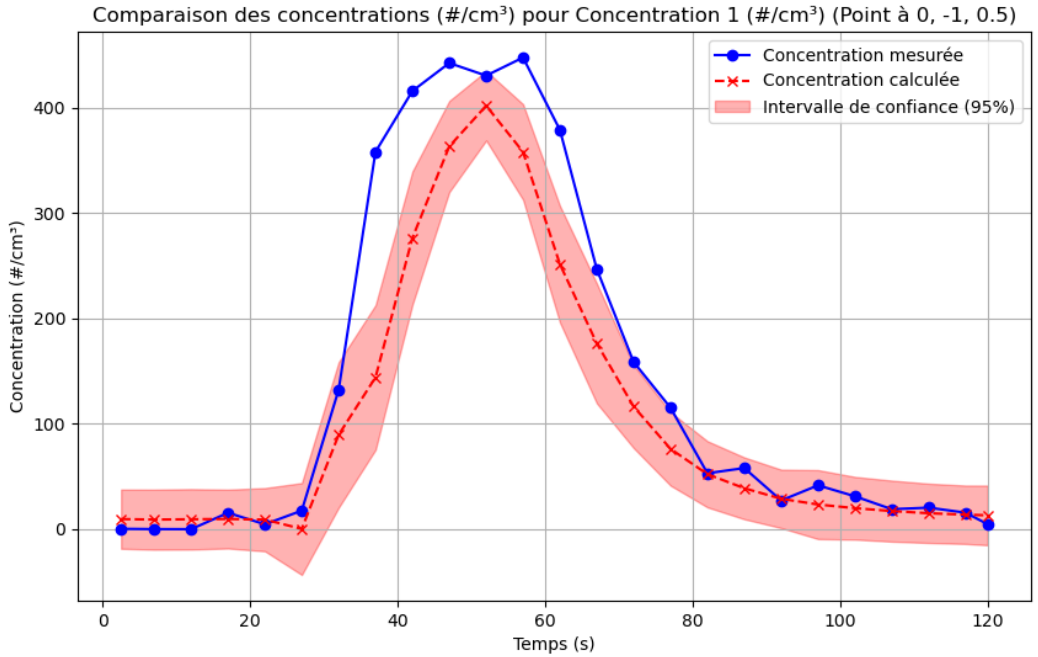
Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# MODÈLE 3Δ AMÉLIORÉ

**Expérience 1**: Génération continue avec un du KCL

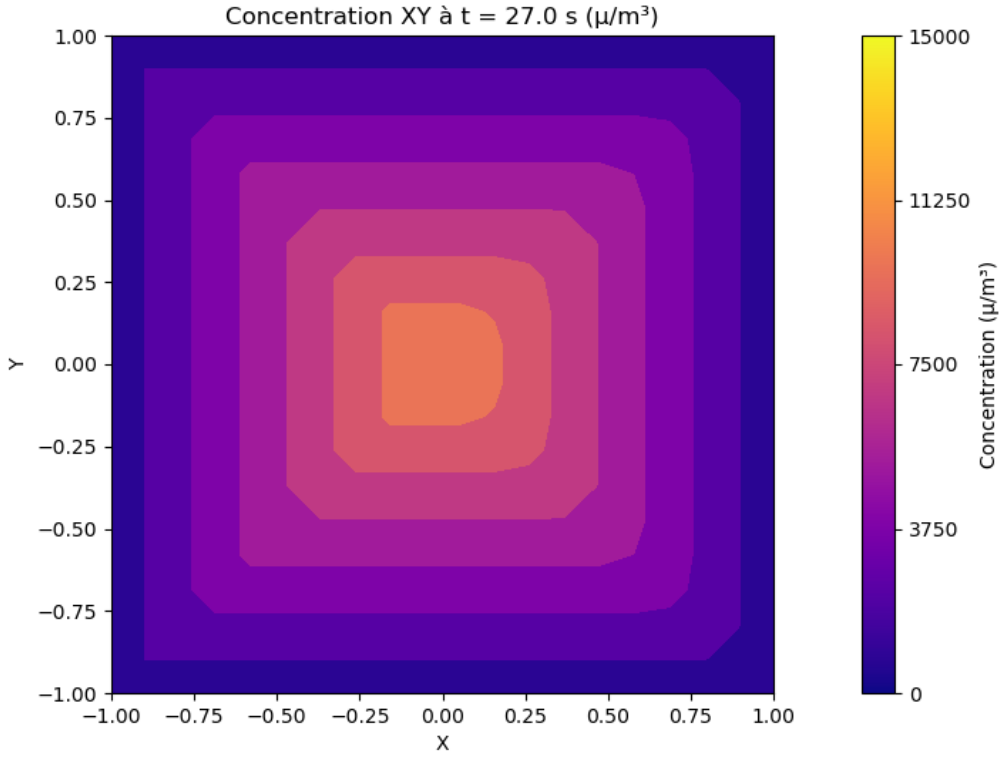


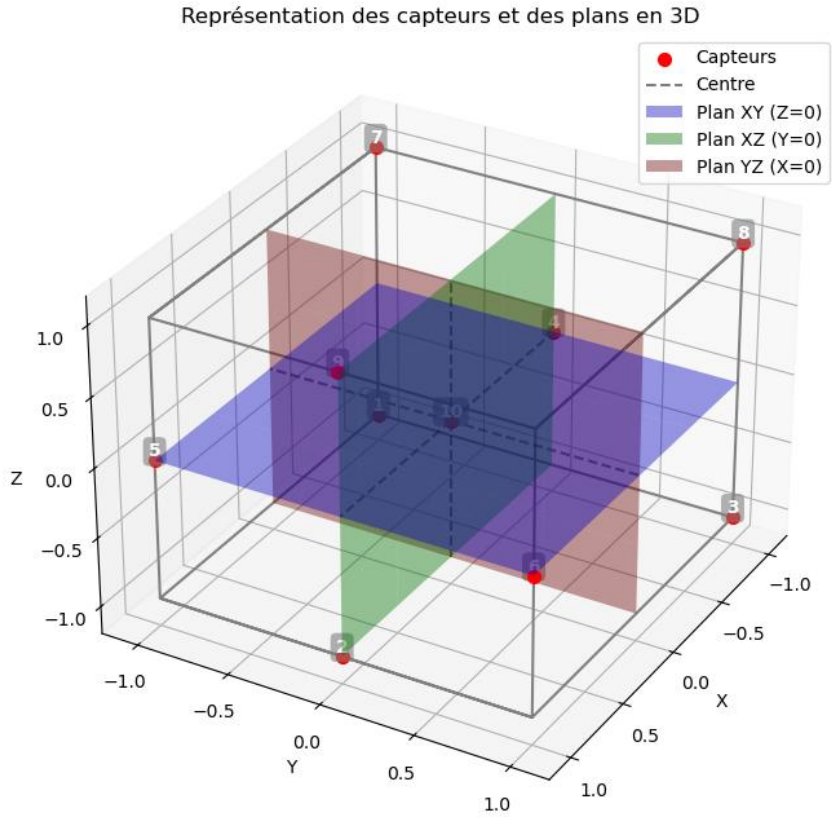

**Expérience 2** : Génération ponctuelle d'un nuage de poussière avec de la poussière de calcaire et de granit



Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# CARTOGRAPHIE SUR DES PLANS



Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# CONCLUSION ET PERSPECTIVES

« La poussière n’a qu’à bien se tenir ! »

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# CONCLUSION ET PERSPECTIVES

**Capteur portatif :**

- Conçu pour être complémentaire aux appareils réglementaires existants.
- Ce capteur offre la possibilité de **détecter et quantifier les phénomènes générateurs de poussières**.

**Cartographies :**

- Cartographie du déplacement des particules dans un atelier
- Compréhension et évaluation de l'impact d'opérations ponctuelles sur l'environnement de travail (découpe, meulage, etc.)
- Utilisation potentielle pour le zonage ATEX

**Limitations liées aux capteurs utilisés actuellement :**

- **Nécessité de capteurs plus performants** pour :
  Améliorer l'estimation des concentrations mesurées
  Couvrir une **gamme plus étendue de tailles de particules**

**Perspectives :**

- **Développement d'un logiciel de surveillance en temps réel** basé sur les capteurs
- Mise en place de **seuils d'alarme personnalisés** prenant en compte (La **composition de la pierre, l'utilisation des équipements de protection individuelle (EPI), l**es **seuils réglementaires** applicables…)

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite



17E JOURNÉE TECHNIQUE

# Pierre naturelle et poussières : comprendre pour mieux s'en protèger

3 JUIN 2025 – PARIS 5E

CTMNC
MATERIAUX NATURELS DE CONSTRUCTION

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Financer la protection : dispositifs et opportunités

Vincent RAYNAUD
Secrétaire Général du SNROC

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# La Convention Nationale d'Objectifs

CONVENTION NATIONALE D'OBJECTIFS

FIXANT UN PROGRAMME D'ACTIONS

DE PREVENTION SPECIFIQUE

**AUX ACTIVITES DU BOIS, DE L'AMEUBLEMENT, DU PAPIER CARTON, DU TEXTILE, DU VETEMENT, DES CUIRS ET PEAUX, DES PIERRES ET TERRES A FEU**

- Signée le 2 février 2024 pour 4 ans
- Avec la CNAM

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Orientations

- La promotion d'une politique de prévention pérenne, propre à chacune des entreprises et établissements visés par la convention.
- L'amélioration du niveau de prévention du risque AT/MP de l'entreprise.
- Le développement de la prise de conscience et de la prise en compte de la prévention dans les comportements de l'ensemble des acteurs.
- L'amélioration du niveau de prévention des risques objectifs de cette convention définis en 242 et 243.
- La promotion des actions innovantes ou exemplaires de prévention susceptibles d'être mises en œuvre par les entreprises.

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Objectifs

- La réduction du risque de chute et de heurts avec les équipements mobiles ;
- La réduction des risques liés aux manutentions manuelles ;
- **La réduction des risques liés aux agents chimiques dangereux et aux poussières ;**
- La réduction des accidents dus à l'utilisation des machines et outils à main ;
- La réduction des risques liés aux nuisances sonores et aux vibrations ;
- La réduction des risques liés aux circulations

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Contenu du contrat

- Une ou plusieurs mesures exemplaires répondant :
  - Soit à l'objectif défini en 242
  - Soit considérée comme prioritaire définie dans le paragraphe 243
  - Soit une mesure présentant un caractère innovant ou exemplaire pour la prévention des risques professionnels des professions concernées dans la circonscription de la caisse, et en particulier concernant les risques émergents et les mesures organisationnelles.

**ET**

- La formation du chef d'entreprise ou de son délégataire, la formation de l'encadrement et la formation des salariés à la prévention des risques visés par le contrat et la formation à l'utilisation en sécurité des matériels et équipements subventionnés qui le nécessitent.

**ET**

- Un engagement de communication et de valorisation sur la mesure prioritaire ou sur la mesure innovante ou exemplaire aidée par le contrat.

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Mesures *243*

- Etudes, installation, rénovation de dispositifs permettant de réduire l'exposition aux poussières et aux agents chimiques dangereux avec une attention portée aux risques CMR, notamment travaux générant de la poussière alvéolaire de silice cristalline ou de la poussière de bois et activités générant des émissions de moteurs diésels (ateliers de maintenance).

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Quel accompagnement financier ?

| Equipements destinés à limiter l'exposition aux risques<br>Poussières / ACD / CMR / COV (captage, aspiration, compartimentage et isolement des zones « sources ») | |
|---|---|
| Entreprises à effectif national supérieur à 10 salariés | De 15 à 30 % |
| Entreprises à effectif national inférieur à 10 salariés | De 15 à 40 % |

Copyright CTMNC - Toute reproduction ou diffusion, partielle ou totale, est interdite

# Merci pour votre attention