

Comment caractériser l'exposition à la silice cristalline: rôle du service de santé au travail

P Brochard

JF Blanchemain

JC Pairon

S Hulo

1/ Pourquoi ?

- Pour adapter les mesures de prévention pendant l'activité professionnelle
 - Primaires
 - Secondaires
 - Programme de surveillance médicale (recommandations SFMT/SPLF/SFR/SFMI, label HAS)
- Pour accompagner les procédures de réparation (CRRMP)
 - Alinéa 6
 - Alinéa 7
- Pour transmettre l'information au salarié et à son médecin traitant
 - Suivi post professionnel
 - Prise en compte du risque silice dans le diagnostic étiologique (fibroses pulmonaires, BPCO, cancers broncho-pulmonaires, tuberculose, sclérodermies)

Programme de surveillance médicale silice : recommandations SFMT/SPLF/SFR/SNFMI (HAS)

- Bilan initial
- Suivi catégorie **exposition cumulée intermédiaire < 1 mg/m³.années**
- Suivi catégorie **exposition cumulée forte : >= 1 mg/m³.années**

2/Comment ?

- Procéder par étape:
 - Identification du danger
 - Présence de silice cristalline (SiO_2c)
 - Notion d'aérosol contenant des particules inhalables de silice cristalline
 - Secteur d'activité reconnu dans la littérature
 - Évaluation de l'exposition
 - Déterminants de l'importance de l'exposition à l'aérosol de SiO_2c
 - Bases de données disponibles
 - Classement des expositions

- 2.1/ Procéder par étape:

- Identification du danger
 - Présence de silice cristalline (SiO_2c)
 - Notion d'aérosol contenant des particules inhalables de silice cristalline
 - Secteur d'activité reconnu dans la littérature

- Évaluation de l'exposition

Déterminants de l'importance de l'exposition à l'aérosol de SiO_2c

Bases de données disponibles

Classement des expositions

Identification du danger : présence SiO₂c

- Où trouve-t-on de la silice cristalline (rapport ANSES 2019) ?
 - **Matériaux Solides Contenant de la Silice cristalline (MSCSc)**
 - Naturels : Granite ...
 - Synthétiques : Bétons ...
 - **Matériaux Pulvérulents Contenant de la Silice cristalline (MPCSc)**
 - Naturels : Sable ...
 - Synthétiques : terre de diatomées calcinées ...
 - **Poussières Mixtes Contenant de la Silice cristalline (PMCSsc)**
 - Poussières de chantier BTP, mines et carrières
 - **Tout article fini intégrant des matériaux contenant de la silice**
 - Éléments de construction
 - Article divers

Document d'intervention ultérieur sur ouvrage (céramique ...)

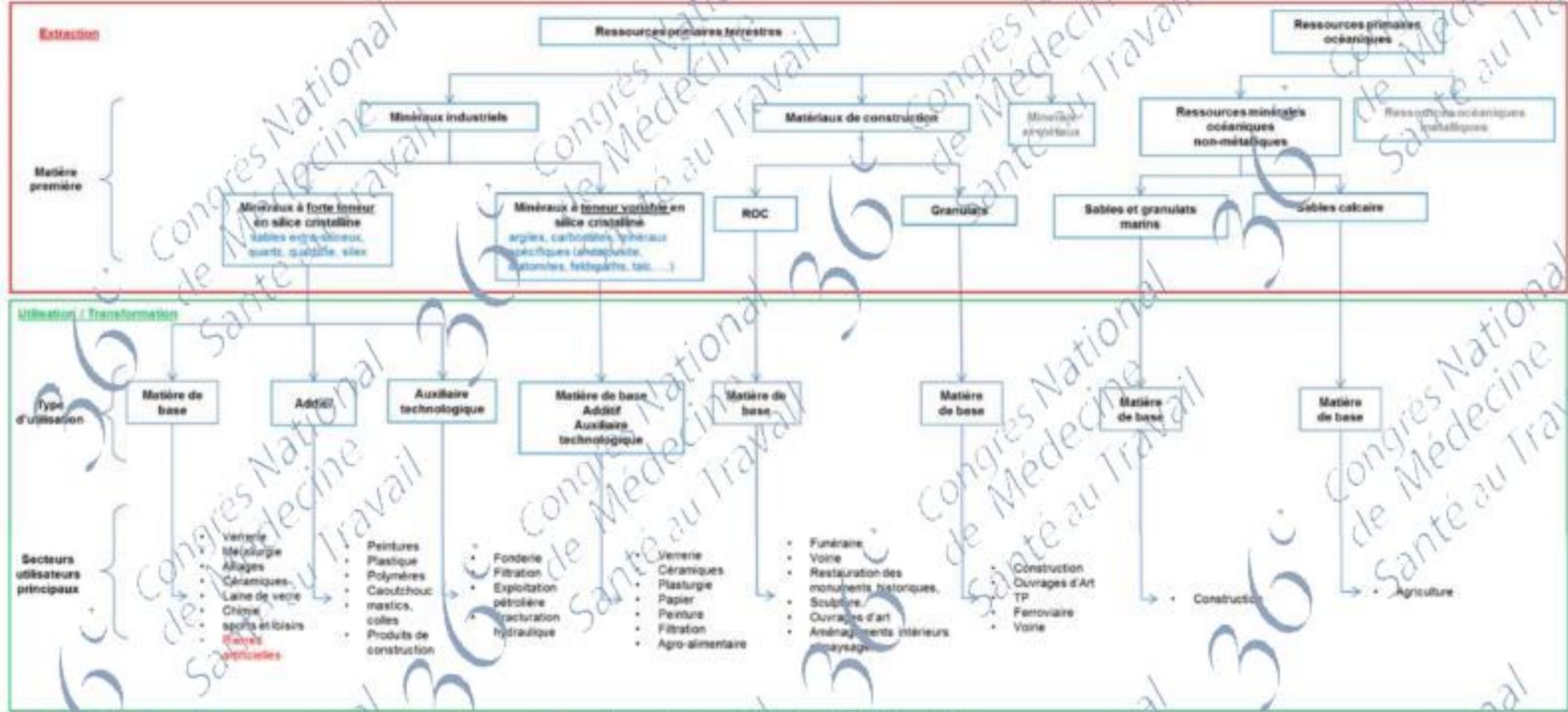


Figure 3 : Schéma global de la filière

Activités et Industries concernées par l'exposition à la silice cristalline

- Bâtiment
- Travaux publics
- Mines et carrières
- Verreries
- Fonderies
- Fumisterie
- Industrie textile

- Prothèse dentaire, bijouterie
- Fabrication Caoutchouc, Plastiques, Peintures, Abrasifs, Papier/Carton
- Fabrication Briques
- Fabrication Céramiques
- Taille Pierre
- Fabrication cuisines
- Agriculture ?

Fiches de repérage des expositions à la silice cristalline : quelques exemples

- **INRS:**

- Fiche d'aide au repérage des cancérogènes dont la silice cristalline pour une cinquantaine d'activités professionnelles, format PDF pas très pratique car entrée Activité et non Silice
- <https://www.inrs.fr/publications/bdd/far-fas.html>

- **FORSAPRE santé travail BTP**

- idem Fiche FAST : entrée métier BTP
- Fiche FAN silice SiO₂ avec liens vers les fiches FAST donc métiers concernés
- https://www.forsapre.fr/fiches_fan/silice-sio2

- **BOSSONS FUTE**

- Fiche SMR n°95
- http://www.bossoms-fute.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=577-smr052&catid=4_smr&Itemid=3

Fiches médico-professionnelles CISME/Présanse : rubrique FICHE NUISANCE silice amorphe et cristalline avec liste des activités exposantes faisant le lien avec les fiches FAR de l'INRS ; existent aussi FICHES METIERS détaillées donc entrée métier

- <http://www.fmpcisme.org/>

2/ Comment ?

- Procéder par étape:
- Identification du danger
 - Présence de silice cristalline (SiO_2c)
 - Notion d'aerosol contenant des particules inhalables de silice cristalline
 - Secteur d'activité reconnu dans la littérature
- **2.2/ Évaluation de l'exposition**
 - Déterminants de l'importance de l'exposition à l'aérosol de SiO_2c
 - Bases de données disponibles
 - Classement des expositions

Evaluation exposition à la SiO₂c

- **Déterminants quantitatifs : métrologie**

- Mesure individuelle sur un poste de travail de 8 heures

- **Déterminants qualitatifs : modulation en + ou en -**

- Exposition directe > indirecte (co-activité) > passive
- Notion de pic d'exposition
- Notion de silice fraîchement fracturée
- Notion de granulométrie (fraction fine et ultrafine)
- Moyens effectifs de protections collectives (travail à l'humide, aspiration à la source, ...) et individuelles (EPI respiratoires adaptés)
- Hyperventilation (activités physiques, travail à la chaleur)

Evaluation de l'exposition

- **Mesure de l'exposition**

- Mesure conventionnelle au moins une fois par an (fiche Metropol INRS) ou dans les situations d'activités nouvelles
- Stratégies de prélèvement en situation d'exposition variable dans le temps et dans l'espace (chantier +++)

- **Estimation de l'exposition sur des situations considérées comme analogues**

- Données existantes dans l'entreprise
- Données existantes dans d'autres situations analogues
 - Bases de données métrologiques des SST
 - Bases de données nationales : Colchic/INRS, Cartosilice OPPBTP ?
 - Bases de données bibliographiques : rapports ANSES, HAS; documents INRS, OPPBTP; Evalutil
 - Fiches métiers ?? : mais peu ou pas de données métrologiques

Evaluation exposition à la SiO₂c

- **Synthèses**

- Sur un poste de travail ou un emploi : **exposition moyenne sur une période donnée**
 - Mesure conventionnelle au poste de travail
 - estimation à partir de mesures faites sur des situations équivalentes

mg/m³

- Sur l'ensemble de la vie professionnelle : **exposition moyenne cumulée**
 - Somme du

• [produit des concentrations moyennes des expositions de chaque poste de travail C (mg/m³) multiplié par la durée d de chaque poste de travail (années)] : **$C_i \times d_i$ pour chaque emploi i**

• sur l'ensemble de la carrière professionnelle sur n emplois : **$\sum_n^1 (C_i \times d_i)$**

mg/m³.années

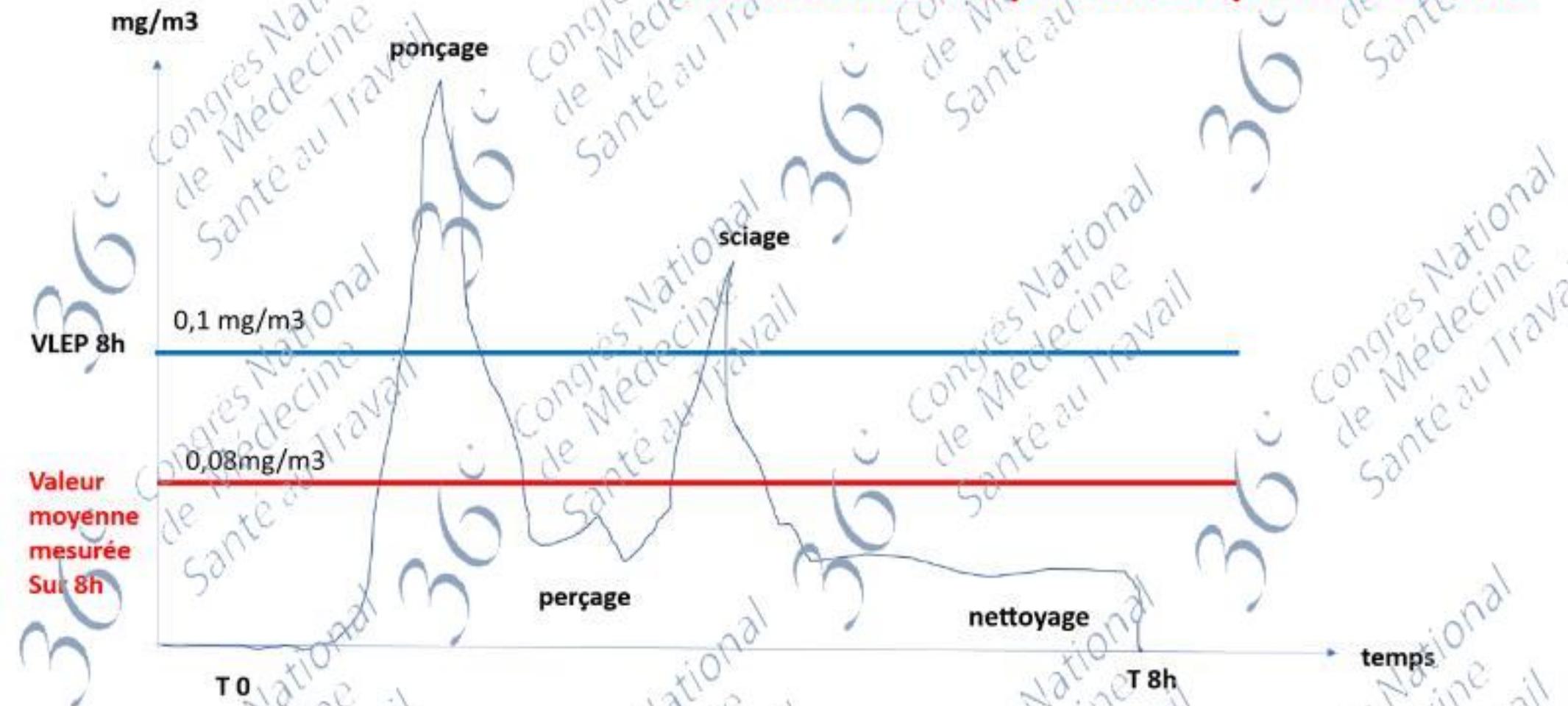
Evaluation de l'exposition à la SiO₂c

- Mesure de l'exposition : étape 1

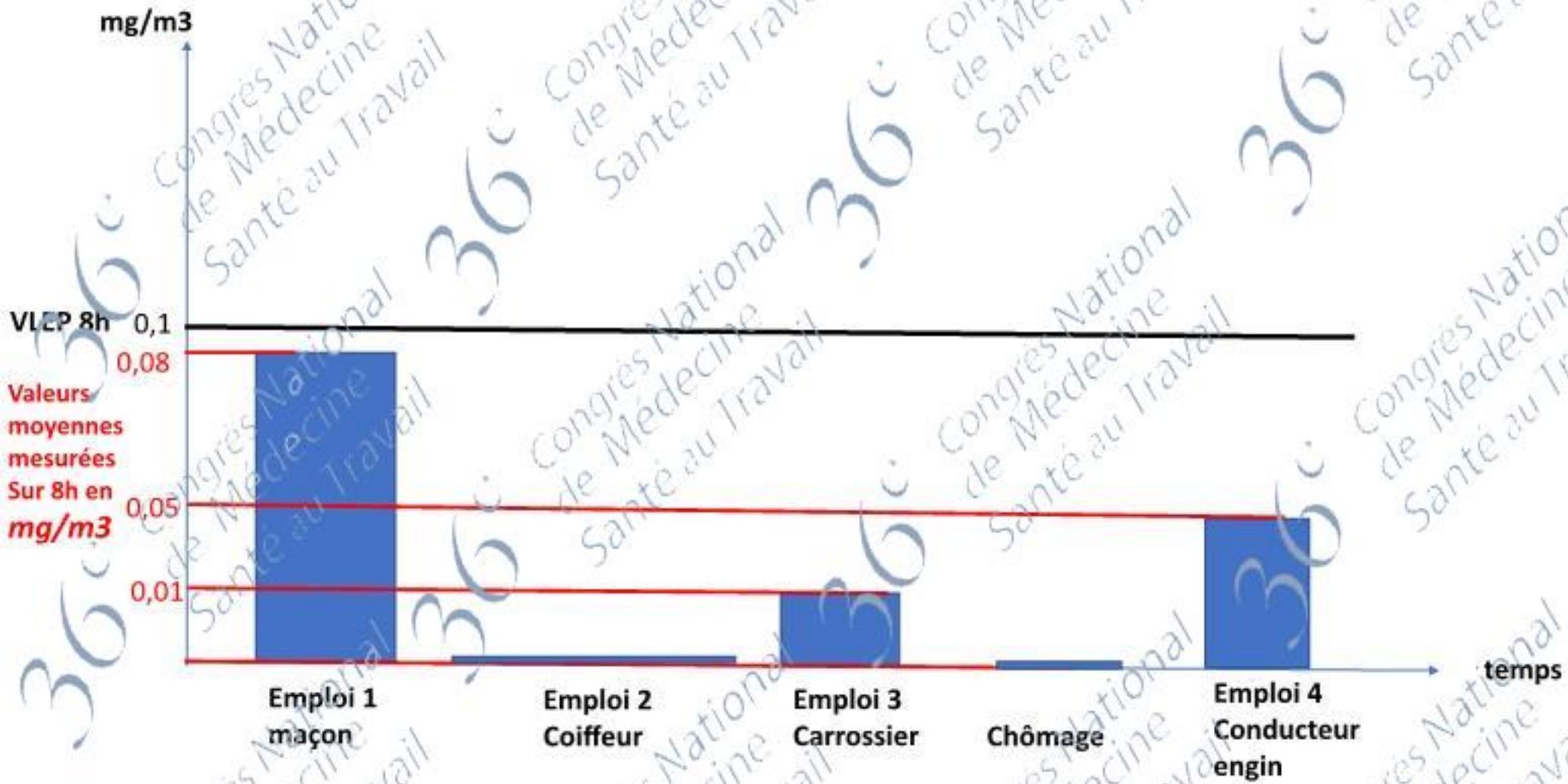
Exposition - au poste de travail (moyenne sur 8h) ou

- dans un emploi donné (moyenne sur la durée de l'emploi)

Evaluation de l'exposition au poste de travail

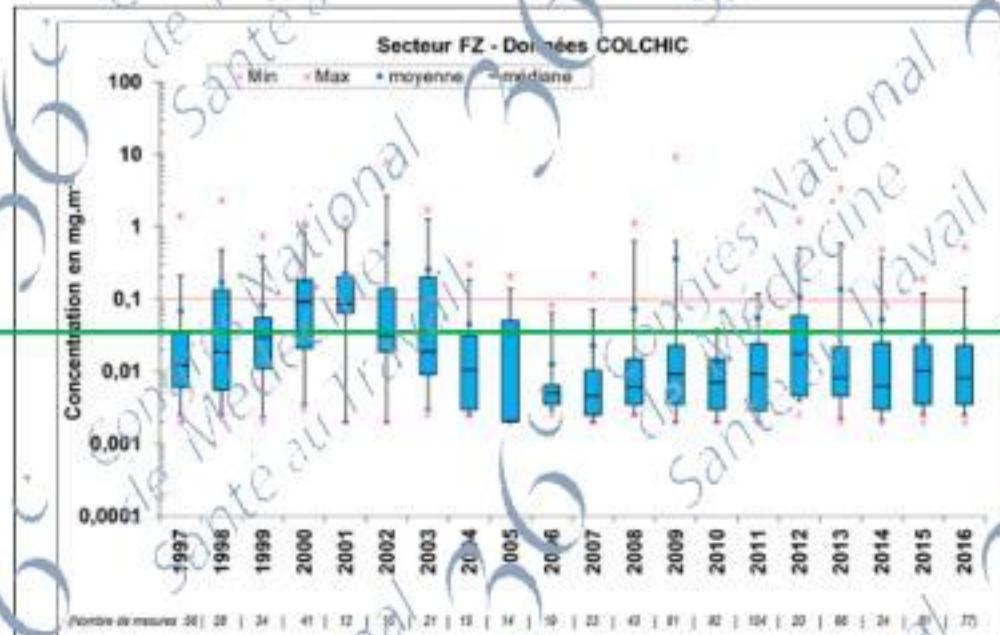


Evaluation de la concentration moyenne de l'exposition pour chaque emploi



Anses • rapport d'expertise collective

Saisine « n° 2015-SA-0236 - Silice cristalline »



En vert : limite à 0,025 mg/m³ (ACGIH)



Solidement implanté au Québec depuis 1910,
l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé
et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme
de recherche scientifique reconnu internationalement
pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES

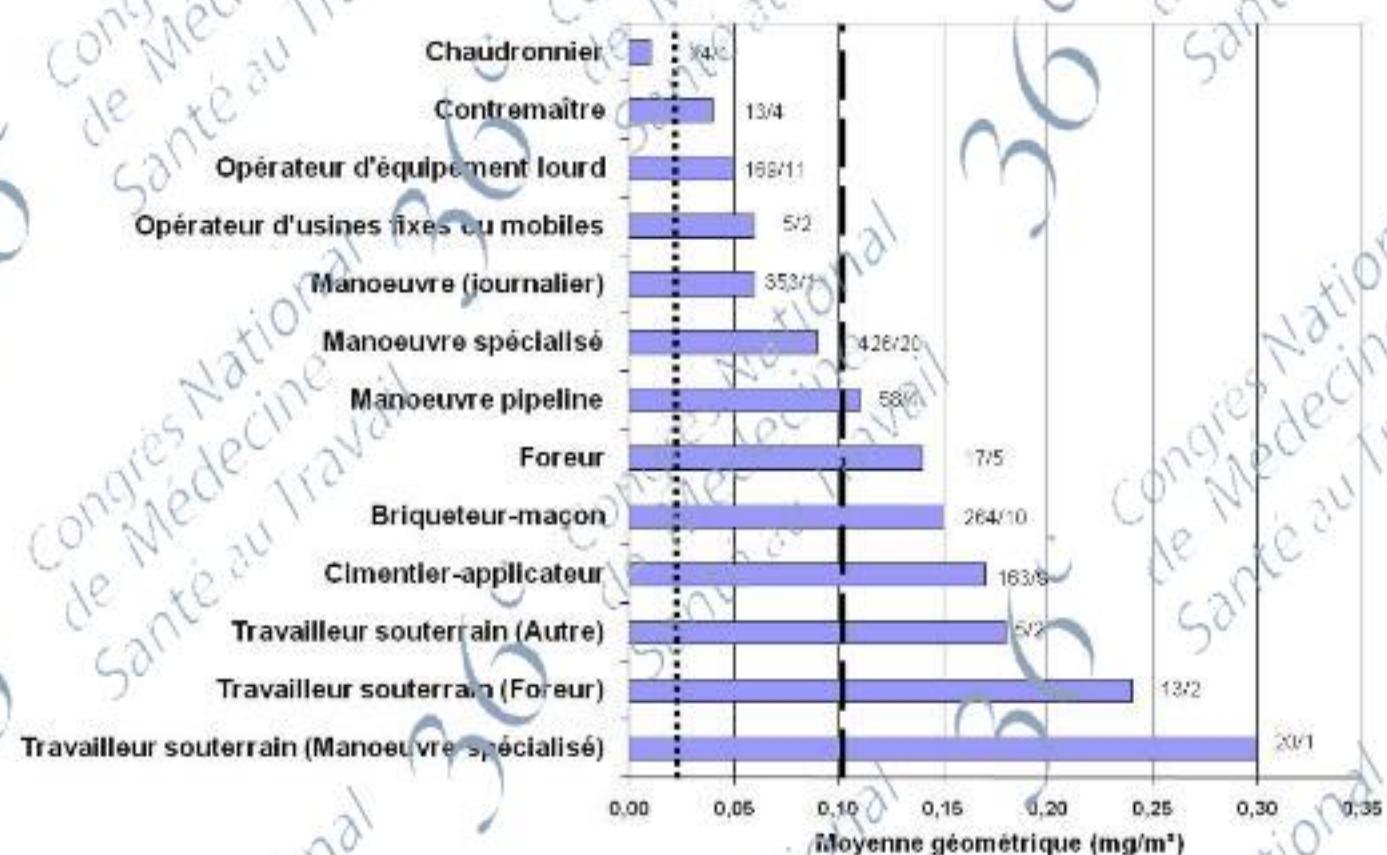
travaillent pour vous !

Études et recherches

RAPPORT R-892

Exposition des travailleurs de la construction
à la silice cristalline
Etat et analyse de la littérature
mentionnée jusqu'à

Figure 1 - Exposition à la silice cristalline respirable selon le titre d'emploi



.....

VLE de l'ACGIH

- - -

VLE du Québec

n/nE

n : nombre de mesures

nE : nombre d'études n/nE

Matrice emploi exposition à la silice cristalline (MATGENE) Santé Publique France

Tableau 33 : Évolution des niveaux d'exposition de certains emplois au fil du temps (source Portail Exp-Pro de SPF)

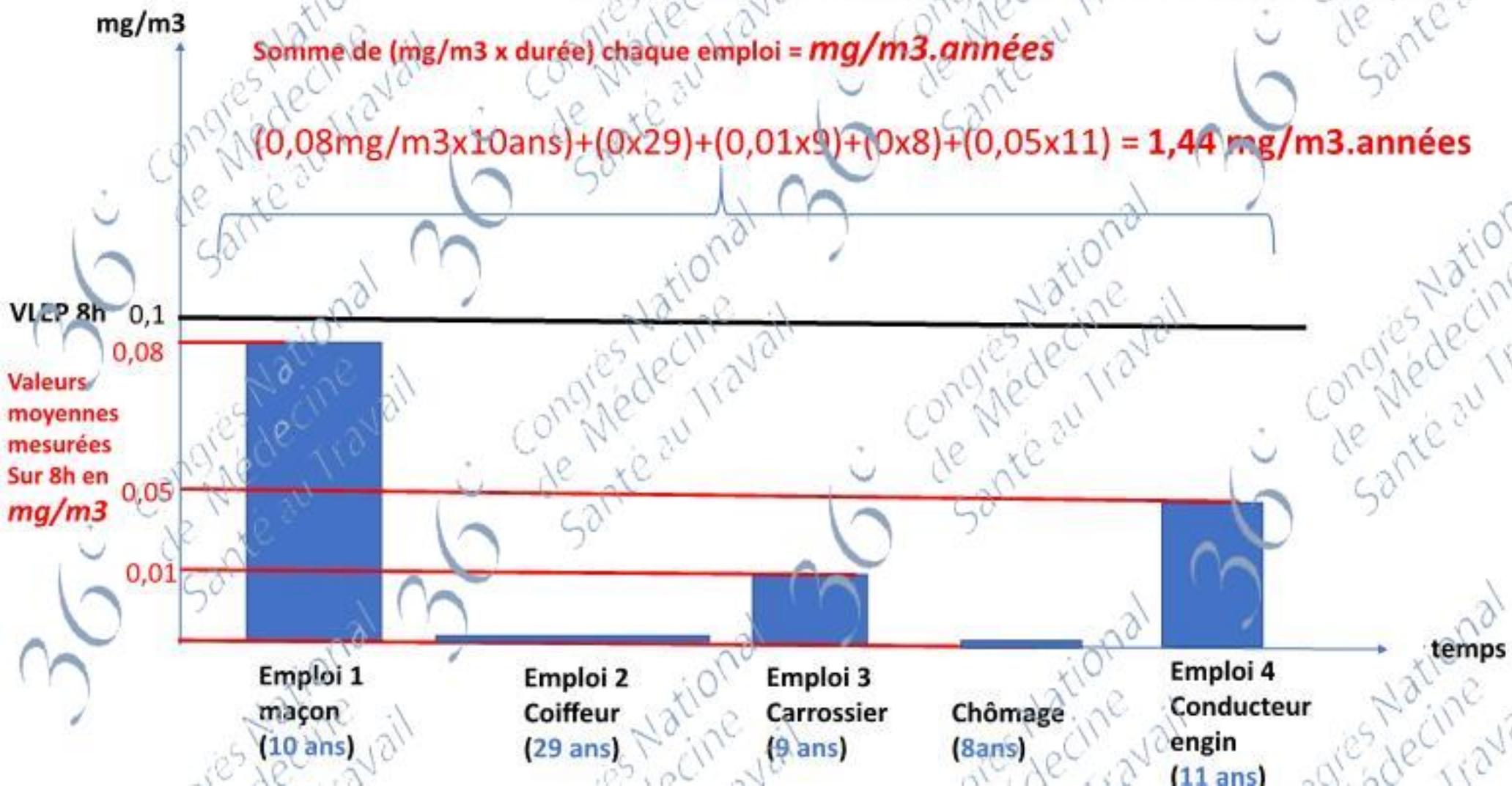
Libellé PCS 2003	Période d'exposition	Probabilité d'exposition %	Intensité d'exposition mg.m ⁻³	Fréquence d'exposition %
Autres spécialistes de l'appareillage médical (indépendants et salariés)	1947-1985	[35-45[	[0,1-0,5[	[45-55[
	1986-2007	[35-45[	[0,02-0,1[	[25-35[
Modeleurs (sauf modeleurs de métal), mouleurs-noyauteurs à la main, ouvriers qualifiés du travail du verre ou de la céramique à la main / fabrication verre , céramique	1947-1970	[85-95[	[0,5-1[	[65-75[
	1971-1998	[85-95[	[0,1-0,5[	[45-55[
modeleurs (sauf modeleurs de métal), mouleurs-noyauteurs à la main, ouvriers qualifiés du travail du verre ou de la céramique à la main / sidérurgie	1999-2007	[85-95[	[0,02-0,1[	[25-35[
	1947-1970	[95-100]	[0,5-1[	[85-95[
artisans en terrassement, travaux publics	1971-1985	[95-100]	[0,5-1[	[65-75[
	1986-1998	[95-100]	[0,1-0,5[	[65-75[
	1999-2007	[95-100]	[0,1-0,5[	[45-55[
	1947-1970	[85-95[	[0,1-0,5[	[85-95[
	1971-2007	[85-95[	[0,02-0,1[	[85-95[
	1947-1970	[55-65[	[0,5-1[	[25-35[

Evaluation exposition à la SiO₂c

- Mesure de l'exposition : étape 2

Exposition cumulée vie entière

Evaluation de l'exposition sur la carrière professionnelle



Evaluation exposition

- Synthèse : exemple Mr X

Emplois	date début/date fin	Durée (en années)	Exposition moyenne sur l'emploi (en mg/m ³)	Exposition cumulée de l'emploi (en mg/m ³ .années)	Exposition cumulée sur la vie professionnelle (mg/m ³ .années) début	Fin
1/ maçon (artisan)	1950/1960	10	0,08	0,8	0	0,8
2/ coiffeur	1961/1990	29	0	0	0,8	0,8
3/ Carrossier peintre	1991/2000	9	0,01	0,09	0,2	0,89
4/ chômage	2001/2009	8	0	0	0,89	0,89
5/ Conducteur engin chantier	20010/2021	11	0,05	0,55	0,89	1,44

Programme de surveillance médicale silice : recommandations SFMT/SPLF/SFR/SFMI (HAS)

- Bilan initial
- Suivi catégorie **exposition cumulée intermédiaire < 1 mg/m³.années**
- Suivi catégorie **exposition cumulée forte : >= 1 mg/m³.années**

3/ Quand ?

- Embauche d'un premier emploi
- Embauche d'un salarié ayant déjà travaillé
- Suivi médical d'un salarié en cours de contrat de travail
- Visite de fin d'emploi et de fin de carrière

3.1/ Embauche d'un premier emploi

- Estimation des expositions **prévisionnelles/potentielles** au poste de travail décrit dans le contrat de travail :
 - Bilan initial prévu dans les ***recos SFMT SiO2c***

MAIS :

Notion d'exposition « significative » par rapport à la VLEP / 8 Heures

***Accord des professionnels (hors recommandations) ??? :
1/10 de VLEP (soit actuellement > 0,010 mg/m³ sur 8h)***

3.2/ Embauche d'un salarié ayant déjà travaillé mais n'ayant pas encore été classé en fonction de son exposition antérieure à la silice

- Reconstitution de carrière
- Evaluation des expositions de chaque emploi depuis le début des activités professionnelles
- Calcul de l'exposition cumulée sur la carrière
- **Classement selon les recos SFMT SiO₂c**
 - **Intermédiaire : jusqu'à 1 mg/m³.année**
 - **Forte : au-delà de 1 mg/m³.année**

MAIS :

Notion d'exposition « faible » en dessous de laquelle on n'enclenche pas de suivi recommandé SFMT SiO₂c

Accord des professionnels (hors HAS) :
< 0,1 mg/m³.année ???

3.3/ Suivi médical d'un salarié en cours de contrat de travail

- Actualisation de l'évaluation des expositions cumulées depuis la dernière visite
- Calcul de l'exposition cumulée sur la carrière
- Classement selon les recos **SFMT SiO2c**
 - **Intermédiaire : jusqu'à 1 mg/m³.année**
 - **Forte : au-delà de 1 mg/m³.année**

MAIS :

Notion d'exposition « faible » en dessous de laquelle on n'enclenche pas les examens complémentaires prévus dans le bilan initial du suivi spécifique recommandé SFMT SiO2c

Accord des professionnels (hors HAS) :
< 0,1 mg/m³.année ???

3.4/ Visite de fin d'emploi et de fin de carrière

- Reconstitution de carrière
- Evaluation des expositions de chaque emploi depuis le début des activités professionnelles
- Calcul de l'exposition cumulée sur la carrière
- Classement selon les recos **SFMT SiO2c**
 - *Intermédiaire : jusqu'à 1 mg/m³.année*
 - *Forte : au-delà de 1 mg/m³.année*

**Etablissement d'un document à remettre au salarié
(en vue d'une transmission au médecin traitant par exemple)**

Exemple : fiche FITEA (ref internet)

Visite de fin d'emploi et de fin de carrière

- Exemple

Fiche Individuelle de
Traçabilité des Expositions Atmosphériques
agents chimiques dangereux (FITEA)

NDM :
PRÉNOMS :
SEXE :
DATE DE NAISSANCE :
N° IDENTIFIANT AH133

N° ADHÉRENT AH133
NOM DE L'ENTREPRISE :
MÉDECIN DU TRAVAIL :

Description de l'activité le JJ/MM/AAAA

evaltox

Résultats Individuels d'exposition : concentrations atmosphériques le JJ/MM/AAAA

Agents chimiques	MCG	VLEP (Mé)	Résultats individuels
Poussières abiotaires Teneur des particules (mg/m³)	-	-	
Poussières abiotaires Non diluées (mg/m³) - Cd	-	5,00 (Mé)	
Usticide Fraction diluée (mg/m³) - Cd	24494-00-2	0,05 (Mé)	
Usticide Fraction diluée (mg/m³) - Cd	24302-00-7	0,10 (Mé)	
Triduone Fraction diluée (mg/m³) - Cd	25400-02-3	0,05 (Mé)	
Indice d'uptake en silice*	-	1,00	

4/ Qui ?

- Équipe de santé au travail
 - Aspects Hygiène industrielle
 - IPRP ou assimilés
 - Aspects médicaux et para-médicaux
 - Médecins du travail et IST
- Médecins de soins (transmission information par SST +++)
 - Médecin traitant (Généralistes)
 - Pneumologue
 - Autres spécialistes

5/ Perspectives ?

- **Métrie**
 - Accentuation des Campagnes de mesure
 - Discussion sur l'évolution des méthodes de mesure (prise en compte des déterminants des effets sanitaires autres que la mesure pondérale)
 - **Évolution de la VLEP (0,1 mg/m³ actuellement) : proposition de ACGIH = 0,025 mg/m³ ?**
- **Développement des outils d'estimation des expositions**
 - en fonction de la nature des activités à partir des outils existants (INRS/CARSAT, OPPBTP, FAST, ...)
- **Expérimentation en vue d'une évaluation des recommandations de la HAS et leurs adaptations éventuelles**
 - Applications des recommandations
- **Prise en compte des multi-expositions (amiante, fumées de soudure, fumées diesel,)**
- **Et toujours développement de la prévention primaire**

Prévention primaire ...

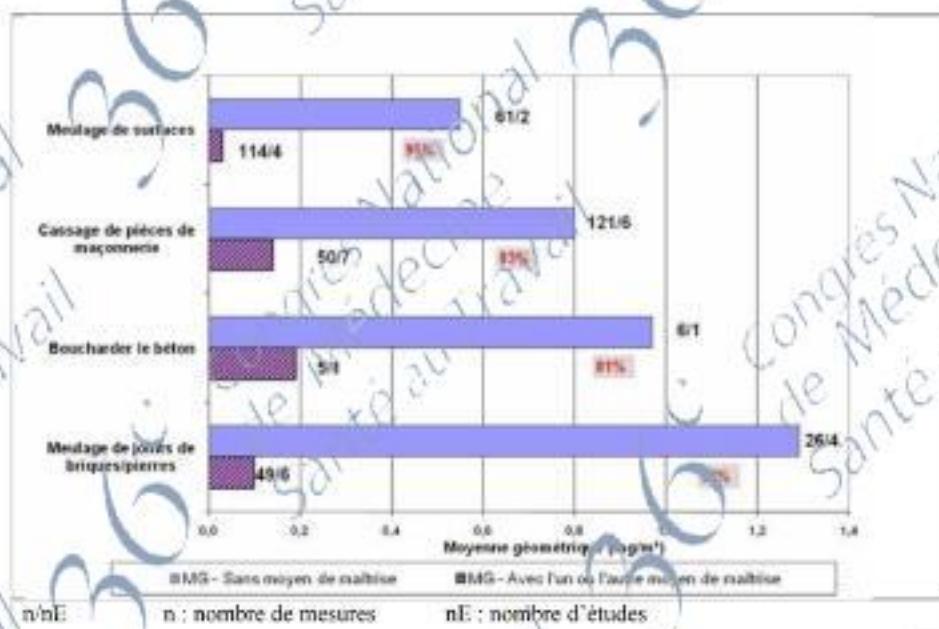
Robot de démolition



Découpeuse thermique à l'eau



Figure 5 – Impact de l'utilisation d'un moyen de maîtrise sur l'exposition durant une tâche



Brumisation



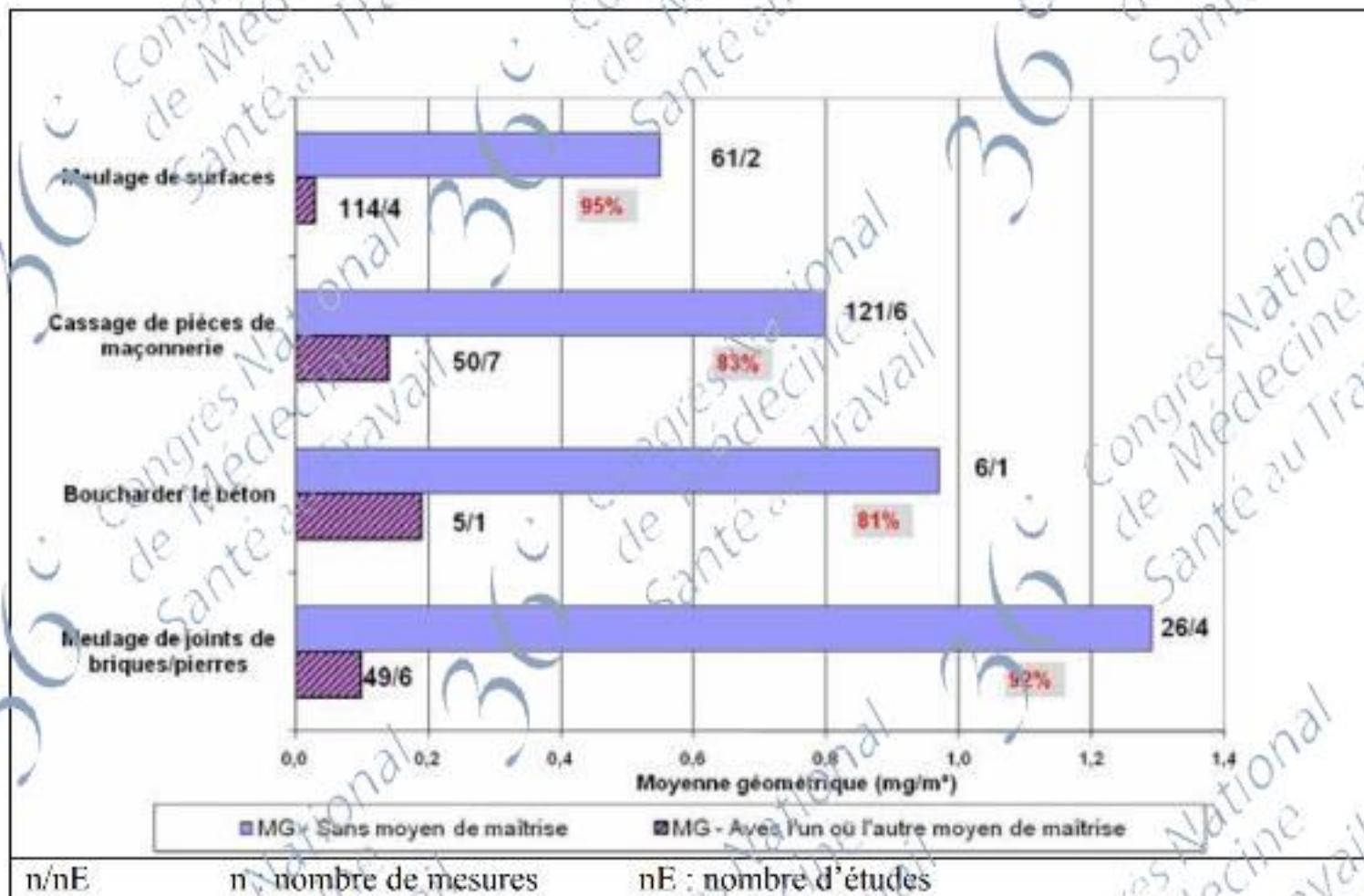
Outils avec aspiration



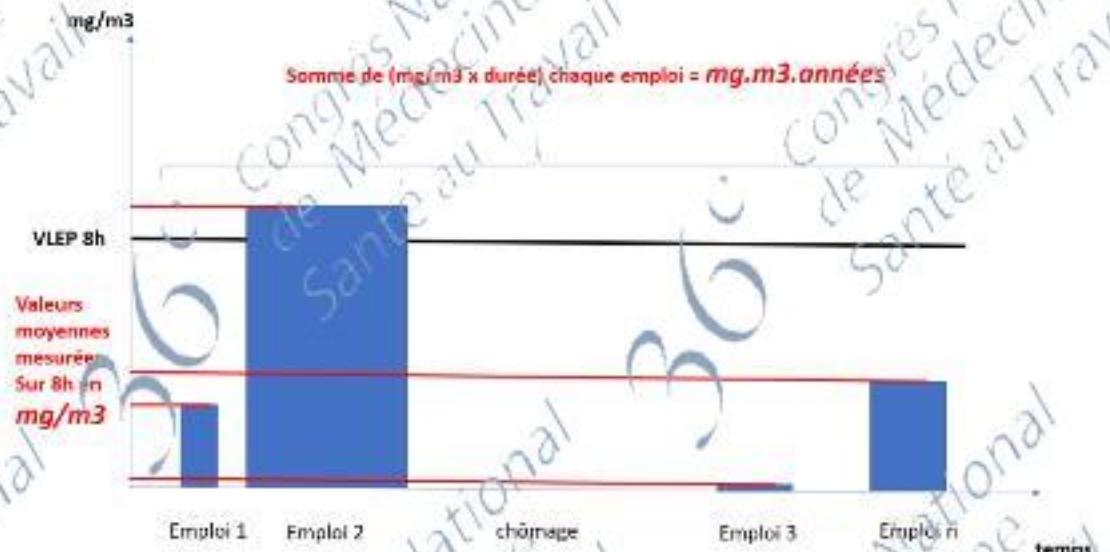
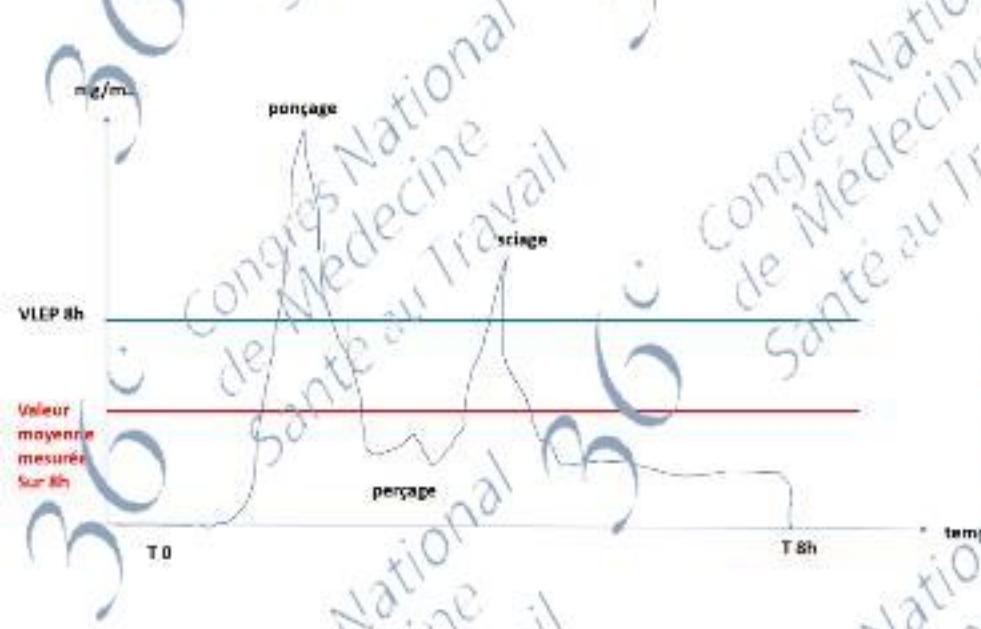
The image shows a repeating pattern of a single document page, rotated 45 degrees clockwise. The document is titled '36c. Congrès National de Médecine Santé au Travail' and contains the text 'Congrès National de Médecine Santé au Travail'. This pattern is repeated across the entire page.

Questions à débattre

- Déterminer le seuil à partir duquel on considère qu'un travailleur doit bénéficier d'un suivi médical spécifique (recommandations HAS)
 - A l'embauche
 - Lors du suivi
- Intégrer la notion de multi-expositions impliquant d'autres recommandations de suivi médico-professionnel
 - amiante, fumées de soudure, fumées diesel,

Figure 5 – Impact de l'utilisation d'un moyen de maîtrise sur l'exposition durant une tâche

Evaluation exposition



Identification du danger : SiO₂ et aérosol

- Activités contribuant à la génération d'un aérosol contenant de la silice cristalline

origine	activités	Gestes individuels (poste de travail)	Ambiance (co-activité)
Matériaux Solides Contenant de la Silice cristalline (MSCSc)	Toutes activités mécaniques et thermiques	Outils à main (polissage, sciage ...) Conduite machines / engins de chantier ...	Emission de proximité
Matériaux Pulvérulents Contenant de la Silice cristalline (MPCSc)	Transport, Transvasement , Mélange, Projection	Remplissage de malaxeur, Sablage ...	Emission de proximité
Poussières Mixtes Contenant de la Silice cristalline (PMCSc)	Toutes activités (aérosol persistant; remise en suspension des poussières sédimentées)	Tous les postes de travail en zone contaminée	Emission de proximité Contamination des sols

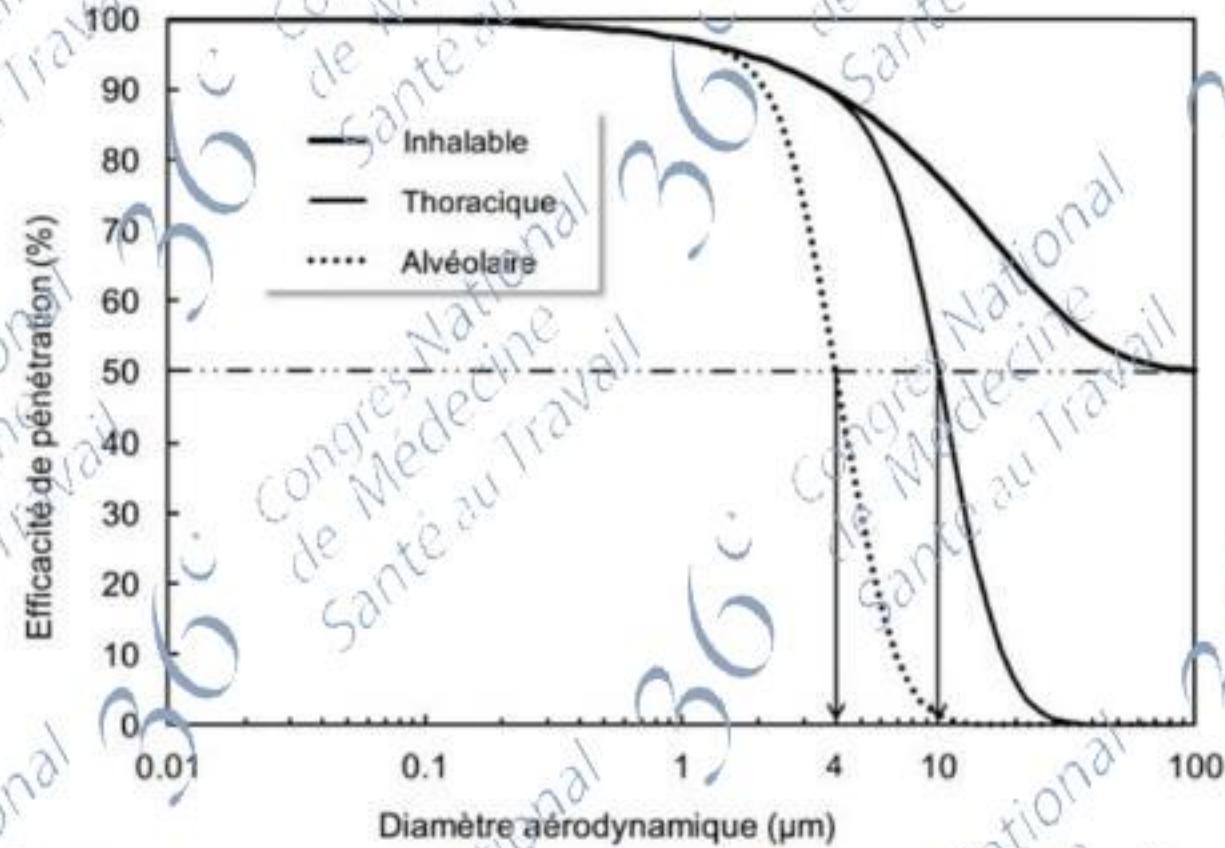


Figure 29 : Fractions conventionnelles inhalable, thoracique et alvéolaire (source INRS)

Tableau 44 : Secteurs d'activité pour lesquels la proportion de mesures individuelles d'exposition au quartz excédant les seuils de 0,1 ; 0,05 et 0,025 mg.m⁻³ est supérieure à 5 % - SCOLA – période 2007-2016

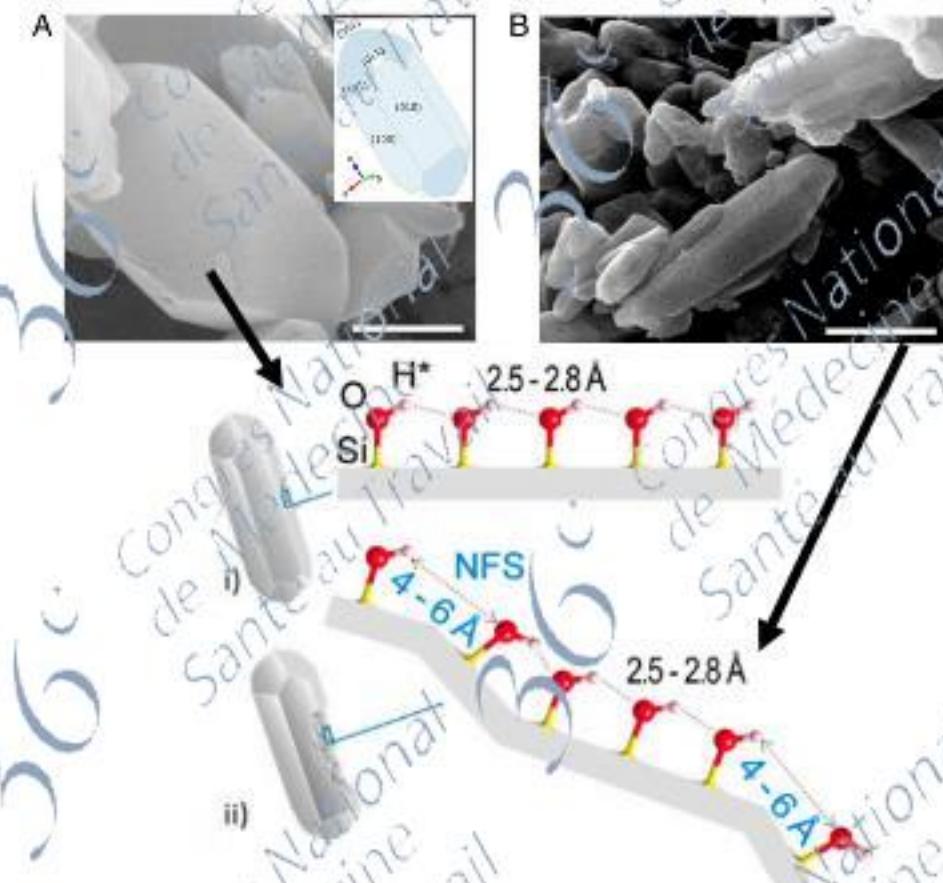
CODE NAF	N	P(C > 0,1) %	P(C > 0,05) %	P(C > 0,025) %
41 - Construction de bâtiments	91	61,32	69,1	73,02
87 - Hébergement médico-social et social	15	34,58	70,66	87,88
94 - Activités des organisations associatives	167	28,06	43,73	54,47
81 - Services relatifs aux bâtiments et aménagement paysager	31	24,3	24,74	24,95
42 - Génie civil	563	15,23	22,59	34,35

Tableau 45 : Secteurs d'activité pour lesquels la proportion de mesures individuelles d'exposition au quartz excédant les seuils de 0,1, 0,05 et 0,025 mg.m⁻³ est supérieure à 5 % - COLCHIC – période 2007-2016

CODE NAF	N	P(C > 0,1) %	P(C > 0,05) %	P(C > 0,025) %
91 - Bibliothèques, archives, musées et autres activités culturelles	21	50	65,1	72,5
41 - Construction de bâtiments	53	23,8	32,2	42,8
49 - Transports terrestres et transport par conduites	27	20,8	24,5	40,6
29 - Industrie automobile	13	20,7	24,5	45,6
08 - Autres industries extractives	47	18,1	41,5	59,8
24 - Métallurgie	698	16,5	32,5	50

Nearly free surface silanols are the critical molecular moieties that initiate the toxicity of silica particles

Cristina Pavan^{a,b,c}, Rosangela Santalucia^{a,d}, Riccardo Leinardi^{a,b,c}, Marco Tabbiani^{b,d}, Yousof Yakoubi^d, Francine Uwambabayinema^a, Piero Ugliengo^{b,d}, Maura Tomatis^{a,b,c}, Gianmario Martini^{b,c,d}, Francesco Turo^{b,c,d}, Dominique Lison^{a,c}, and Bice Rubini^{a,c}



PNAS | November 10, 2020 | vol. 117 | no. 45

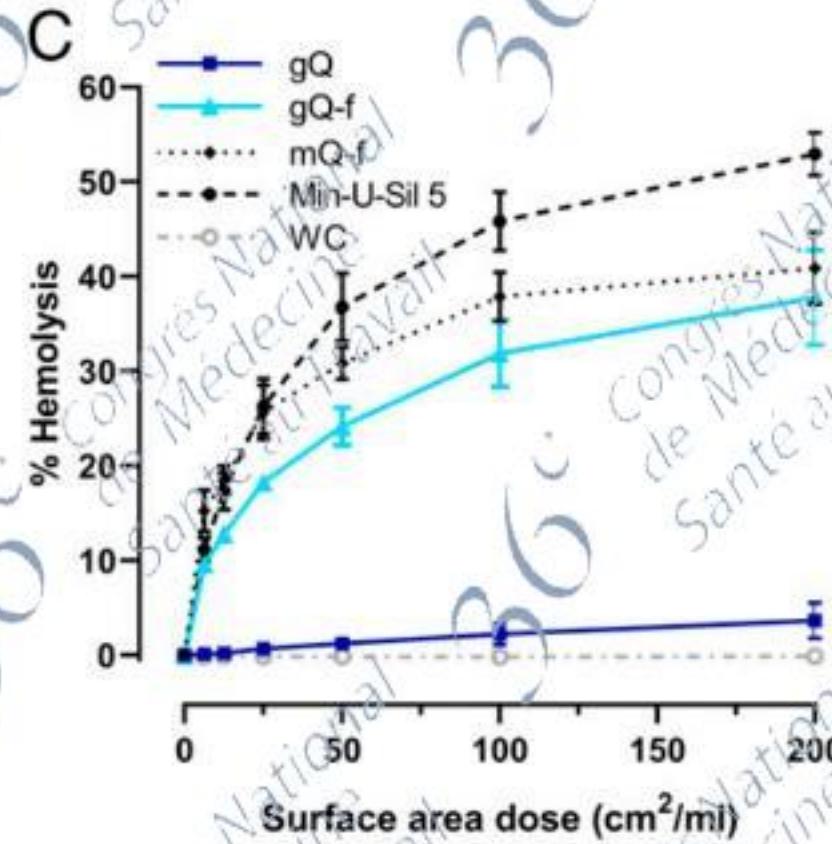


Figure 2 – Exposition à la silice cristalline respirable selon la tâche

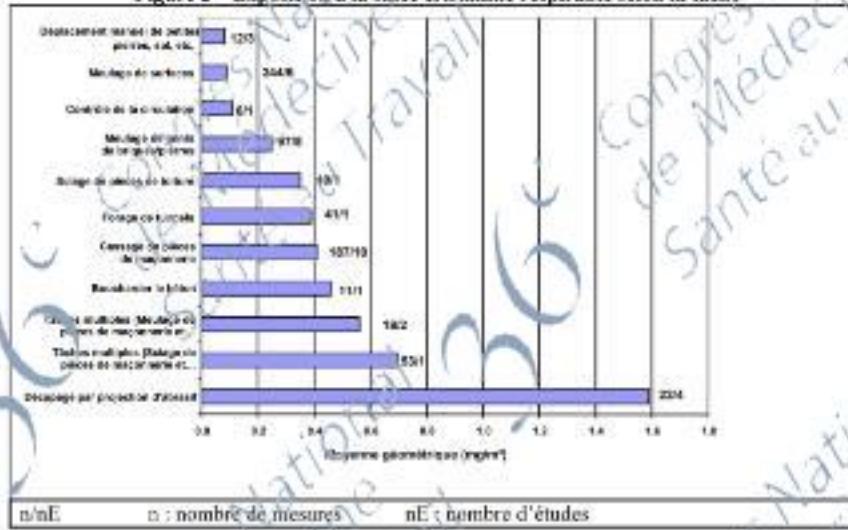


Figure 3 – Exposition à la silice cristalline respirable selon le matériau

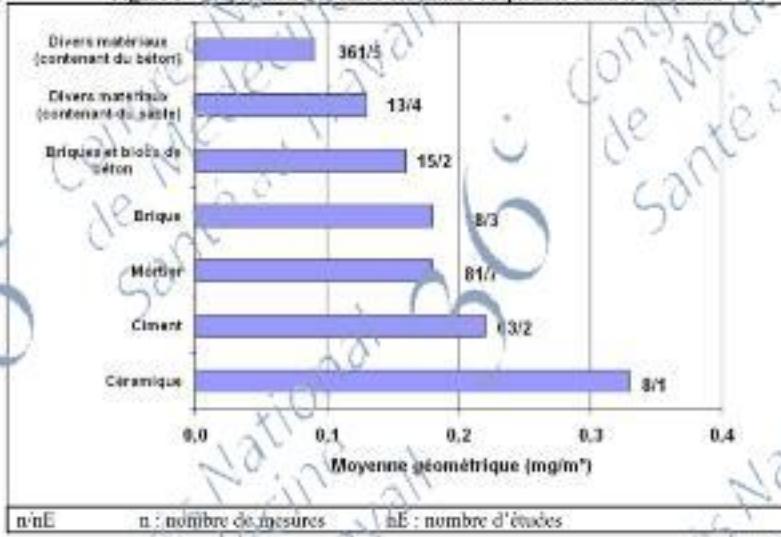


Figure 4 – Exposition à la silice cristalline respirable selon l'outil

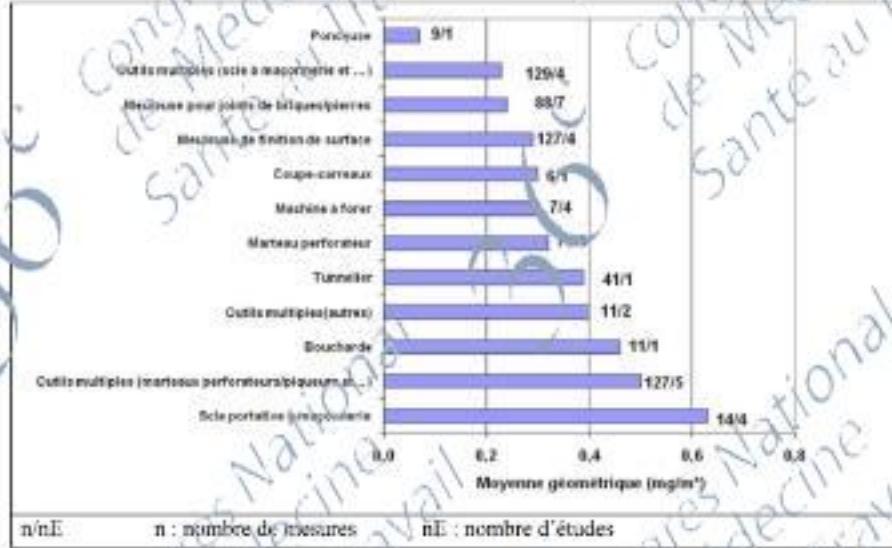


Tableau 15 : Principaux secteurs d'activité et des tâches exposantes à la silice cristalline

Secteurs d'activité/industrie	Tâches exposantes	Source de la silice
Agriculture	Labour, Récolte, utilisation des engins	Sol
Mines et opérations liées à l'extraction minère	Extraction et opérations mécaniques sur le minerai, Activités secondaires (chargement et déchargement des camions...)	Matériau extrait, minerais et roches associées
Carrières de roches siliceuses	Opérations mécaniques sur le matériau extrait : extraction, traitement, taille... Activités secondaires (chargement et déchargement des camions) Expositions d'ambiance	Grès, granit, flint, sable, gravier, ardoise, terre de diatomée
Construction/BTP	Décapage abrasif au jet de sable, fabrication béton et macadam, construction de tunnel et autoroute, excavation, opérations mécaniques du béton, maçonnerie, démolition	Sable, béton, pierre, brique, parpaing, mortier, plaster, roche, sol

Programme de surveillance médicale silice : recommandations SFMT/SPLF/SFR/SFMI (HAS)

- Bilan initial
 - Premier emploi : si exposition prévisionnel < 0,01 mg.m⁻³
 - A déjà travaillé : Si exposition cumulée > 0,1 mg/m³.année
 - Suivi catégorie exposition cumulée **intermédiaire** : < 1 mg/m³.années
 - Si exposition cumulée > 0,1 mg/m³.année et < 1 mg/m³.année
 - Suivi catégorie exposition cumulée **forte** : >= 1 mg/m³.années

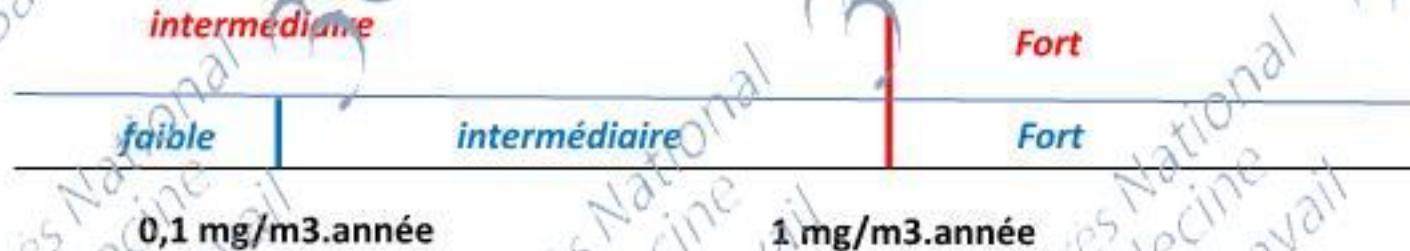


Tableau I : Contenu et modalités des différents suivis proposés dans les recommandations du suivi médico-professionnel des travailleurs exposés ou ayant été exposés à la silice cristalline.

	Bilan de référence (au début de l'exposition)	Suivi en cas d'exposition cumulée INTERMEDIAIRE (<1 mg/m ³ /année) pendant la période d'exposition	Suivi en cas d'exposition cumulée justifiée comme FORTE (≥1 mg/m ³ /année) pendant la période d'exposition	Visite de « départ » ou de « fin de carrière »	SPE et SPP
Entretien individuel	Oui	Tous les 2 ans	Tous les 2 ans	Oui	Tous les 5 ans
Radiographie thoracique	Oui	20 ans après le début de l'exposition puis renouvelée tous les 4 ans	10 ans après le début de l'exposition puis renouvelée tous les 2 ans	Non	Tous les 5 ans
Courbe débit-volume	Oui	Tous les 4 ans	Tous les 2 ans	Non	Selon les résultats des examens de la visite de fin de carrière
Dosage de la créatininémie	Oui	20 ans après le début de l'exposition puis renouvelé tous les 4 ans	20 ans après le début de l'exposition puis renouvelé tous les 4 ans	Non	Tous les 5 ans
Test IGRA/IDR Tuberculine	Pour les populations à risque**	si le diagnostic de silicose est confirmé*	si le diagnostic de silicose est confirmé*	Non	si le diagnostic de silicose est confirmé*