

Cabines ventilées pour le travail de la pierre

ED 6550

L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS)

pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles est une association loi 1901, créée en 1947 sous l'égide de la Caisse nationale d'assurance maladie, administrée par un Conseil paritaire (employeurs et salariés).

De l'acquisition de connaissances jusqu'à leur diffusion, en passant par leur transformation en solutions pratiques, l'Institut met à profit ses ressources pluridisciplinaires pour diffuser une culture de prévention dans les entreprises et proposer des outils adaptés à la diversité des risques professionnels à tous ceux qui, en entreprise, sont chargés de la prévention : chef d'entreprise, services de santé au travail, instances représentatives du personnel, salariés... Toutes les publications de l'INRS sont disponibles en téléchargement sur le site de l'INRS : www.inrs.fr

Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (Carsat), la caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France (Cramif) et les caisses générales de sécurité sociale (CGSS) de l'Assurance maladie - Risques professionnels, disposent, pour participer à la diminution des risques professionnels dans leur région, d'un service Prévention composé notamment d'ingénieurs-conseils et de contrôleurs de sécurité. Spécifiquement formés aux disciplines de la prévention des risques professionnels et s'appuyant sur l'expérience quotidienne de l'entreprise, ces professionnels sont en mesure de conseiller et, sous certaines conditions, de soutenir les acteurs de l'entreprise (direction, médecin du travail, instances représentatives du personnel, etc.) dans la mise en œuvre des démarches et outils de prévention les mieux adaptés à chaque situation. Les caisses assurent aussi la diffusion des publications éditées par l'INRS auprès des entreprises.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'INRS, de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite. Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction, par un art ou un procédé quelconque (article L. 122-4 du code de la propriété intellectuelle). La violation des droits d'auteur constitue une contrefaçon punie d'un emprisonnement de trois ans et d'une amende de 300 000 € (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

© INRS, 2025.

Édition : Katia Bourdelet (INRS)

Conception graphique : Eva Minem (INRS)

Illustrations : Jean-André Deledda

Mise en pages : Valérie Latchague-Causse



Guide pratique de ventilation

Cabines ventilées pour le travail de la pierre

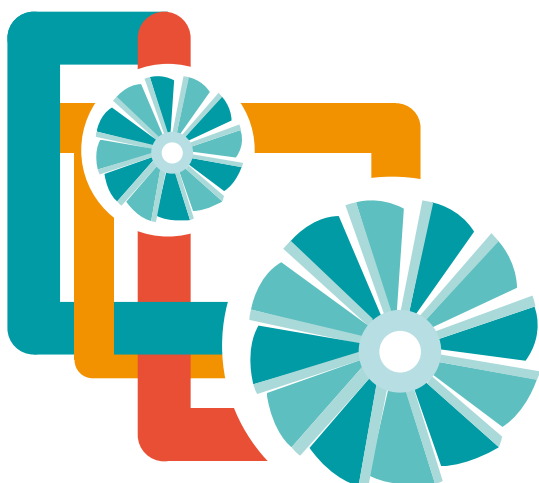
ED 6550 |
Mars 2025

Brochure INRS actualisée par E. Silvente.

Ce document a été réalisé par un groupe de travail comprenant des spécialistes des Carsat / Cramif et de l'INRS.

Sommaire

1	Domaine d'application	3
2	Risques pour la santé et la sécurité	4
2.1	Risques chimiques	4
2.2	Autres risques	5
3	Réglementation	6
3.1	Aération et assainissement	6
3.2	Prévention du risque chimique	6
3.3	Valeurs limites d'exposition professionnelle	7
4	Assainissement de l'air des ateliers de taille de pierre	8
4.1	Dispositifs de captage	8
4.2	Cabines ventilées	8
5	Implantation d'une cabine en atelier et mise en œuvre	15
5.1	Implantation de la cabine	15
5.2	Conception et équipement de la cabine	15
5.3	Nettoyage du poste de travail	16
5.4	Rejet de l'air pollué	16
5.5	Protection respiratoire	17
5.6	Bruit de l'installation	17
6	Maintenance et contrôle de l'installation de ventilation	18
6.1	Généralités	18
6.2	Protocole de contrôle de la ventilation des cabines	19



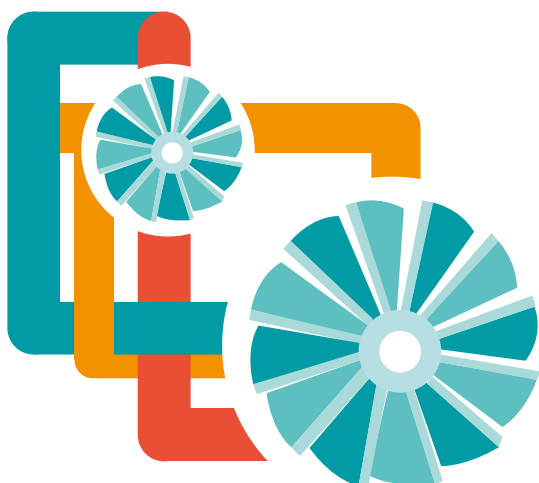
1. Domaine d'application

Le travail de la pierre recouvre une grande diversité de métiers faisant appel à des méthodes et des outillages spécifiques pour l'usinage de pierres de différentes natures. Des pierres de marbre, de granit, de grès et de calcaire d'origines diverses sont utilisées pour la restauration de monuments, la sculpture, la gravure, la fabrication de bordures ou de pierres tombales, de cheminées, d'éléments de décoration... Face à une telle diversité d'activités, la cabine ventilée représente une solution bien adaptée pour limiter la dispersion de poussières dégagées au cours des différentes opérations de taille.

Les cabines ventilées doivent remplir principalement trois fonctions :

- garantir le confinement de la zone d'émission des polluants afin de protéger toutes les personnes présentes dans l'atelier,
- assurer une protection satisfaisante de l'opérateur,
- éviter les rejets dans l'environnement.

Ce guide s'applique principalement aux opérations multiples de taille de pièces, de dimensions et de formes diverses, nécessitant un changement de position de l'opérateur et l'utilisation des trois outils les plus courants (burin ou ciseau pneumatique, ponceuse, tronçonneuse à disque). Les opérations réalisées par grenailage, sablage, sciage à l'aide de machines à poste fixe, éclatage ou flammage sont exclues du champ de ce document. Pour ces travaux, il existe des équipements spécifiques pour réduire l'empoussièrement.



2. Risques pour la santé et la sécurité

La taille de pierre implique plusieurs opérations (travail avec des outillages spécifiques, maintenance...) qui peuvent présenter différents risques pour l'opérateur. Les risques liés à l'inhalation de poussières sont plus particulièrement traités dans ce guide.

2.1 Risques chimiques

Le tailleur de pierre est exposé aux poussières dont certaines peuvent contenir de la silice cristalline. Les dangers varient suivant la nature, la teneur en silice cristalline (voir tableau 1) et la granulométrie des poussières.

Les poussières contenant de la silice cristalline peuvent notamment induire une irritation des yeux et des voies respiratoires, une bronchite chronique et une fibrose pulmonaire irréversible nommée silicose. Cette atteinte pulmonaire grave et invalidante n'apparaît en général qu'après plusieurs années d'exposition. Elle est répertoriée dans le tableau n°25 des maladies professionnelles : *Affections consécutives à l'inhalation de poussières minérales renfermant de la silice cristalline (quartz, cristobalite, tridymite), des silicates cristallins (kaolin, talc), du graphite ou de la houille*. La silice cristalline joue également un rôle certain dans le développement du cancer pulmonaire

chez l'humain. Inhalée sous forme de quartz ou de cristobalite, elle est classée comme cancérogène pour l'humain (groupe 1) par le Centre international de recherche sur le cancer et au niveau européen. Les travaux exposant à la poussière de silice cristalline alvéolaire issue de procédés de travail sont classés comme procédés cancérogènes.

D'autres poussières peuvent présenter des effets sur la santé et provoquer, par exemple, une surcharge pulmonaire. Cette surcharge résulte d'un dépassement de la capacité des poumons à éliminer les particules insolubles déposées dans les

Tableau 1. Teneur en silice cristalline de matériaux.

Sources minérales	Taux de silice cristalline
Quartzite	Plus de 95 %
Grès	Plus de 90 %
Silex	Plus de 90 %
Meulière	Plus de 80 %
Pierres reconstituées	Jusqu'à 95 %
Schiste	40 – 60 %
Ardoise	Jusqu'à 40 %
Granit	Jusqu'à 30 %
Dolérite – diorite	Jusqu'à 15 %
Minerais de fer	7 – 15 %
Argile ball clay	5 – 50 %
Basalte et marbre	Jusqu'à 5 %
Calcaire	En général, moins de 1 %

voies respiratoires lors d'expositions à des concentrations élevées et sur de longues durées. À long terme, des pathologies respiratoires comme la bronchopneumopathie chronique obstructive ou la fibrose pulmonaire peuvent en résulter.

Les poussières émises lors du travail de la pierre couvrent une large gamme de granulométrie qui s'étend des plus fines de diamètres aérodynamiques inférieurs à 4 µm, susceptibles d'atteindre les alvéoles pulmonaires, aux plus grossières de diamètres supérieurs à 100 µm qui s'arrêtent au niveau des voies respiratoires supérieures.

Les pierres artificielles appelées parfois quartz de synthèse sont constituées d'un mélange de liant comme le ciment ou le béton et du broyat ou du granulat de pierre. Elles sont élaborées à l'aide de méthodes physiques ou de méthodes chimiques avec adjonction de résines et de pigments. Selon l'origine des pierres, les teneurs en silice cristalline peuvent dépasser 90 %. Avant le façonnage de la pierre, sa teneur en silice cristalline doit être connue pour pouvoir rechercher, au besoin, une alternative qui comporte un taux inférieur. Des niveaux d'exposition très élevés ont été observés

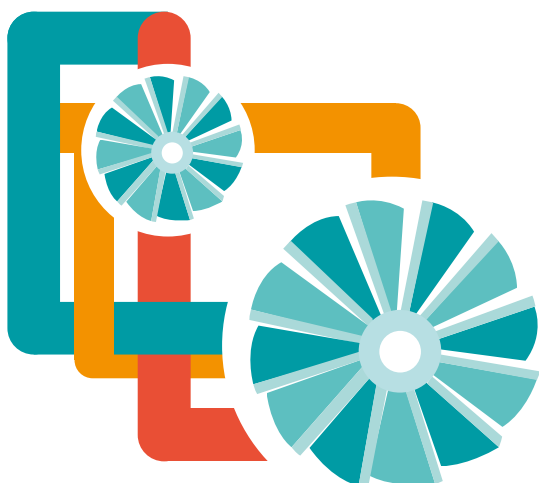
lors de certaines opérations sur plan de travail en pierre reconstituée (chanfreinage, polissage). Des cas de silicose graves ont été décrits en lien avec ce type d'exposition chez des travailleurs jeunes, avec un temps de latence parfois plus court que celui couramment observé pour une silicose.



2.2 Autres risques

Hormis l'exposition aux poussières et à la silice cristalline, plusieurs facteurs peuvent être source de risques professionnels pour le tailleur de pierre, notamment :

- la manutention des pierres peut engendrer des troubles musculosquelettiques (TMS) et des lombalgies,
- la manipulation des outils peut exposer à des vibrations, au bruit, et provoquer des accidents d'origine électrique ou mécanique,
- l'encombrement de l'atelier peut entraîner des chutes de plain-pied.



3. Réglementation

L'employeur doit préserver la santé et la sécurité de ses salariés. À ce titre, il doit mettre en œuvre une démarche de prévention dans son entreprise et s'assurer que les lieux dans lesquels travaillent ses salariés respectent la réglementation applicable.

3.1 Aération et assainissement

Les ateliers de taille de pierre sont des locaux à pollution spécifique. Le Code du travail indique qu'à défaut de suppression des émissions, les polluants sont captés au fur et à mesure de leur production, au plus près de leur source d'émission et aussi efficacement que possible, notamment en tenant compte de leur nature, de leurs caractéristiques et de leur débit ainsi que des mouvements d'air. S'il n'est techniquement pas possible de les capter à la source en totalité, les polluants résiduels sont évacués par la ventilation générale (article R. 4222-12 du Code du travail).

Ces dispositions sont complétées par des obligations portant sur la conception des locaux et la maintenance des installations, qui sont précisées au chapitre 6 de ce guide.

3.2 Prévention du risque chimique

Les règles de prévention du risque chimique doivent être appliquées dans les ateliers de taille de pierre. En complément de ces mesures, les dispositions particulières du Code du travail relatives aux agents cancérogènes mutagènes et reprotoxiques (CMR) et aux procédés cancérogènes s'appliquent aux travaux exposant à la poussière de silice cristalline alvéolaire issue de procédés de travail. Après la substitution par des pierres à moindre teneur en silice cristalline, des mesures doivent être mises en place pour atteindre le niveau d'exposition à ce polluant le plus faible possible, en donnant la priorité aux mesures de protection collective, par exemple le travail en vase clos, le captage à la source et l'abattage des poussières.

3.3 Valeurs limites d'exposition professionnelle

Les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) désignent les niveaux de concentration qui ne doivent pas être dépassés dans l'air inhalé par un travailleur sur une période de référence donnée et en l'état des connaissances au moment où elles sont établies. Elles doivent donc être considérées comme un objectif minimal à atteindre.

L'article R. 4222-10 du Code du travail indique que : « Dans les locaux à pollution spécifique, les concentrations moyennes en poussières totales et alvéolaires de l'atmosphère inhalée par un travailleur, évaluées sur une période de huit heures, ne doivent pas dépasser respectivement 4 et 0,9 milligrammes par mètre cube d'air ».

L'article R. 4412-154 du Code du travail précise que : « Lorsque l'évaluation des risques met en évidence la présence simultanée de poussières alvéolaires contenant de la silice cristalline et d'autres poussières alvéolaires non silicogènes, la valeur limite d'exposition professionnelle

correspondant au mélange est fixée par la formule suivante :

$$\frac{Cns}{5} + \frac{Cq}{0,1} + \frac{Cc}{0,05} + \frac{Ct}{0,05} \leq 1$$

D'après l'article R. 4412-155, on entend par

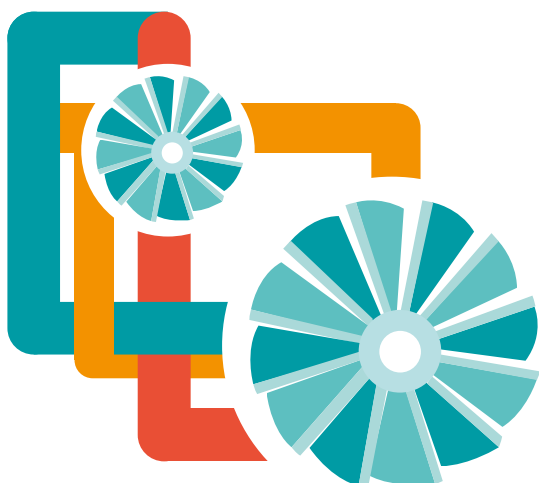
– Cns¹, la concentration en poussières alvéolaires non silicogènes en mg/m³, qui correspond à la différence entre la concentration totale des poussières alvéolaires et la somme des concentrations correspondant aux silices cristallines,

– Cq, la concentration en quartz en mg/m³ ; la valeur de 0,1 correspond à la valeur limite d'exposition professionnelle sur 8 heures (VLEP 8 h) pour les poussières de quartz, fixée par l'article R. 4412-149,

– Cc, la concentration en cristobalite en mg/m³ ; la valeur de 0,05 correspond à la VLEP 8 h pour les poussières de cristobalite, fixée par l'article R. 4412-149,

– Ct, la concentration en tridymite en mg/m³ ; la valeur de 0,05 correspond à la VLEP 8 h pour les poussières de tridymite, fixée par l'article R. 4412-149 ».

1. Actuellement, la valeur de 5 n'a pas été révisée à la baisse pour tenir compte de la nouvelle concentration limite réglementaire.



4. Assainissement de l'air des ateliers de taille de pierre

4.1 Dispositifs de captage

Il existe de nombreux dispositifs comme les tables et dossier aspirants, les bras mobiles articulés, proposés sur le marché ou fabriqués pour le besoin, dont l'objectif est de capter les émissions de poussières par la mise en œuvre d'une vitesse d'air de captage suffisante dans la zone d'émission. L'efficacité de captage de ces dispositifs est très variable et fortement dépendante des caractéristiques de génération des poussières, elles-mêmes influencées par l'outillage utilisé, les types de tâches et de pierres, les positions relatives du point d'émission des polluants et du dispositif de captage. Certains comme les bras aspirants demandent beaucoup d'attention et de précaution, en particulier pour leur positionnement au plus près des sources d'émission des poussières. Ces dispositifs ne sont à utiliser que dans le cas de situations de travail bien définies, par exemple pour des actions répétitives d'usinage de petites pièces avec un outil unique.

En alternative au principe de réduction de l'empoussièrement par captage à la source, il est possible de maîtriser les poussières par pulvérisation d'eau à proximité du point de contact de l'outil avec la pierre. Cette technique, d'une efficacité certaine, peut être appliquée aux machines portatives spécifiquement destinées à la découpe *in situ* de matériaux (dalles, bordures de trottoir...) [1].

Dans le cas plus courant d'une émission de poussières provenant d'outils divers, utilisés sur des pièces de formes complexes et de dimensions variées, le dispositif le plus adapté reste la cabine ventilée enveloppante.

Attention

Certaines installations, constituées d'une simple paroi aspirante verticale munie ou non de paravents latéraux (dites semi-cabines), ne peuvent pas être assimilées à des dispositifs enveloppants. Elles sont inadaptées aux travaux provoquant une émission de poussières omnidirectionnelle et au cours desquels le tailleur de pierre doit se déplacer autour de la pièce.

4.2 Cabines ventilées

Les cabines ventilées appartiennent à la catégorie des dispositifs de protection enveloppants, à l'intérieur desquels sont placés la source de pollution et l'opérateur. Dans ces dispositifs, deux modes principaux de ventilation peuvent être mis en œuvre : le flux horizontal et le flux vertical. Une variante intermédiaire à flux dit « oblique » combine les deux précédents. Quel que soit le mode, l'air empoussiéré est traité en sortie de cabine par un système de filtration **avant rejet à l'extérieur**.

Définir le type de cabine adapté au travail de la pierre à exécuter nécessite de considérer les points suivants :

- la tâche à effectuer : il peut s'agir d'un travail de série mettant en jeu une opération unique (découpe, surfacage, tronçonnage...) ou d'un travail polyvalent nécessitant différents outils, exigeant différentes positions et postures,
- les caractéristiques de la pierre travaillée : pierre dure ou tendre, pierre sèche ou humide, pierre avec ou sans silice cristalline,
- les dimensions et la forme des pierres à façonner,
- la manutention des pierres à travailler,
- le nombre de cabines à installer dans l'atelier,
- la configuration de l'atelier et les contraintes associées à la mise en place de la ou des cabines,
- les contraintes d'exploitation et d'organisation du travail associées à l'agencement intérieur et au plan de circulation,
- les contraintes environnementales avec la mise en place d'un traitement des rejets de toute nature.

Cabine à flux horizontal

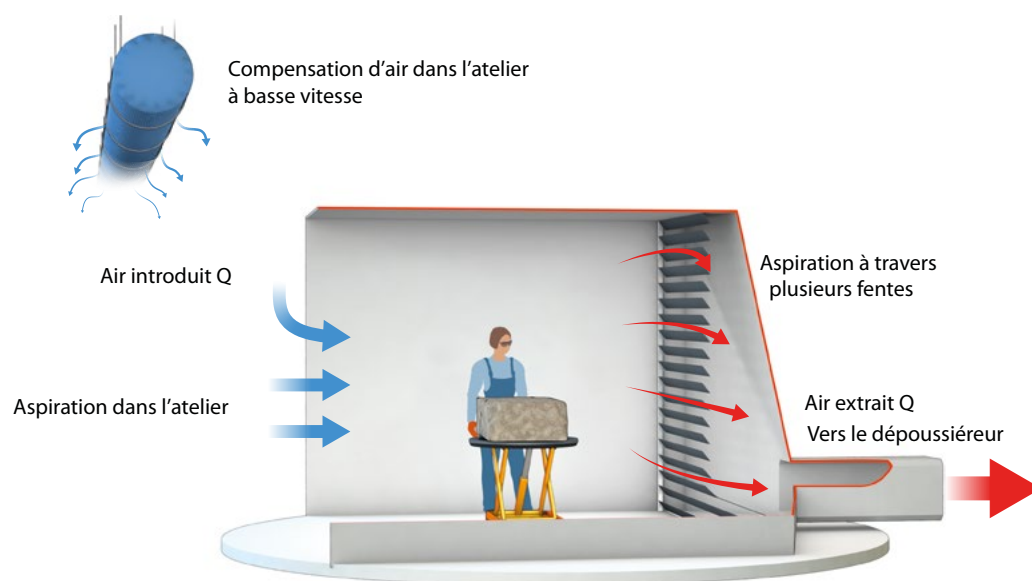
Les modèles de cabine à flux horizontal les plus courants sont constitués d'une enceinte parallélépipédique, de dimensions variables, dont une face est ouverte sur l'atelier et d'un dispositif d'extraction disposé sur la face opposée induisant un flux d'aspiration horizontal. Dans ce mode de fonctionnement, il est impératif de compenser l'air aspiré

à l'intérieur de l'atelier par un volume équivalent, introduit à faible vitesse, à température de l'atelier et donc préalablement chauffé ou refroidi suivant les conditions de température extérieure (voir figure 1).

Les mesures d'empoussièrement disponibles mettent en évidence la difficulté de réduire la concentration en poussières dès lors qu'il est nécessaire d'en traiter de fortes quantités (les opérations de ponçage et de tronçonnage sont des exemples de situations à fort dégagement de poussières). Néanmoins, dans les conditions de fonctionnement aérodynamique recommandées (vitesse moyenne minimale d'air de $0,5 \text{ m.s}^{-1}$ dans la section où se trouve le poste de travail, répartition homogène du flux d'air), ces cabines peuvent présenter une efficacité suffisante lorsque les débits d'émission de poussières sont peu élevés.

■ Cas des cabines ventilées à flux horizontal à rideau d'eau

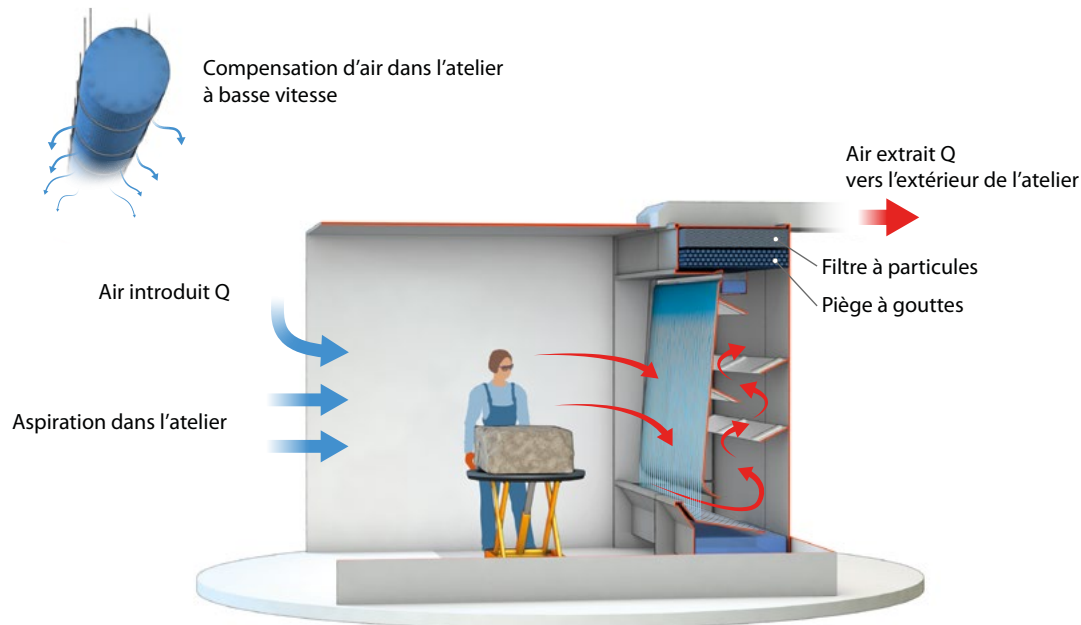
Les cabines ventilées à flux horizontal à rideau d'eau sont des cabines installées fréquemment dans les ateliers de taille de pierre. Elles sont composées d'un plan vertical ou légèrement incliné, sur la surface duquel s'écoule une nappe d'eau. Les particules les plus grossières sont piégées dans le bac de récupération d'eau formant une boue à évacuer régulièrement. L'air exempt de ses plus grosses particules subit une à plusieurs



■ Figure 1 – Circulation de l'air dans une cabine ventilée à flux horizontal.

étapes d'épuration pour piéger les gouttelettes et filtrer l'air avant rejet vers l'extérieur (voir figure 2). Ces cabines peuvent se révéler bruyantes avec des niveaux sonores dépassant les 80 dB(A). D'un point de vue aérodynamique, l'aspiration se faisant classiquement par une bande aspirante en partie

basse, une répartition des vitesses d'air hétérogène sur le plan vertical est à anticiper. Par ailleurs, par principe, ces cabines induisent des coûts d'exploitation supplémentaires liés à la consommation d'eau et à la maintenance du dispositif.



■ Figure 2 – Cabine à flux horizontal à rideau d'eau.

■ La compensation d'air

L'air extrait par les systèmes de ventilation doit être compensé par des apports d'air neuf équivalents provenant de l'extérieur des locaux et de zones non polluées de façon à :

1. Assurer l'efficacité des systèmes de ventilation : un dimensionnement inadapté des entrées d'air entraîne un surplus de perte de charge au niveau des ventilateurs d'extraction provoquant une diminution des débits et une perte d'efficacité de captage.
2. Éviter les courants d'air qui entraînent :
 - une perte d'efficacité des dispositifs de captage,
 - une dispersion des polluants à travers l'atelier,
 - un inconfort thermique pour le personnel.

Une introduction mécanique de l'air à basse vitesse est recommandée. Il est ainsi possible de contrôler la qualité de l'air introduit et sa distri-

bution dans l'atelier. Les gaines textiles à diffusion totale sont des dispositifs à privilégier pour assurer la compensation d'air à basse vitesse. Pour assurer un confort thermique, il est nécessaire de prévoir un dispositif de réchauffage et/ou de refroidissement de l'air afin d'obtenir une température optimale permettant des conditions de travail satisfaisantes. L'obligation de compenser l'air extrait par de l'air neuf (à réchauffer ou à refroidir selon la période) peut conduire à des coûts d'exploitation conséquents. L'utilisation de systèmes étanches de récupération d'énergie sur l'air extrait rejeté est particulièrement intéressante (par exemple, un échangeur de chaleur peut être placé au niveau du rejet de l'air de l'installation). De tels systèmes permettent de couvrir au moins 50 % des besoins énergétiques nécessaires au conditionnement de l'air neuf.

Cabine à flux vertical

Les cabines à flux vertical constituent des équipements fonctionnant indépendamment du système de ventilation générale de l'atelier. L'air neuf est pris à l'extérieur du bâtiment, chauffé ou refroidi, puis uniformément distribué en partie supérieure de la cabine (voir figure 3), et enfin évacué par le biais d'un plancher aspirant. Ces cabines comportent des cloisons périphériques équipées de portes d'accès, parfois séparées, pour le personnel et pour le matériel. Elles sont insensibles aux courants d'air de l'atelier.

Les conditions de soufflage dépendent du type de ventilation : une vitesse d'air de $0,4 \text{ m.s}^{-1}$ est recommandée.

Après balayage de la zone de travail, l'air empoussiéré est extrait par le sol (flux vertical). Afin d'obtenir un flux d'air descendant homogène, il est important que l'air soit distribué sur l'ensemble de la surface du plafond et qu'une installation en face avant d'écrans rigides, voire de portes rigides avec groom, soit prévue. Les panneaux rigides sont à privilégier par rapport aux rideaux escamotables.

Le débit d'extraction doit être supérieur au débit de soufflage (environ 15 %) afin de maintenir à l'intérieur une pression différentielle légèrement négative et éviter ainsi toute dispersion de polluants vers l'extérieur.

Ces cabines présentent une bonne efficacité dans de nombreuses situations de travail, quels que

soient la nature du matériau et le débit d'émission de poussières. Elles sont particulièrement recommandées lorsque l'opérateur évolue autour de la pièce durant le travail de taille.

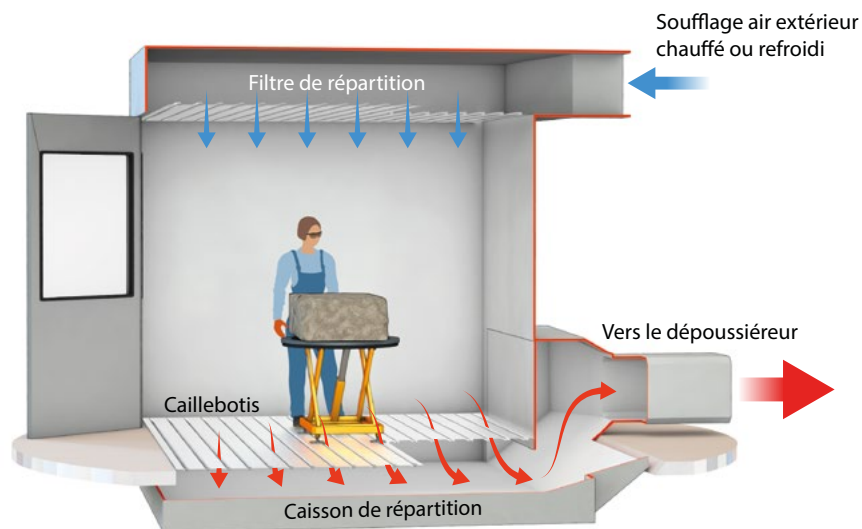
Cabine à flux oblique

Les cabines à flux oblique fonctionnent tout comme les cabines à flux vertical, indépendamment du système de ventilation générale de l'atelier. L'air neuf est pris à l'extérieur du bâtiment, chauffé ou refroidi, puis uniformément distribué en partie supérieure de la cabine. L'air doit être préférentiellement diffusé à basse vitesse sur l'ensemble du plafond de la cabine pour éviter les phénomènes de recirculation d'air à l'intérieur de la cabine (voir figure 4 page suivante).

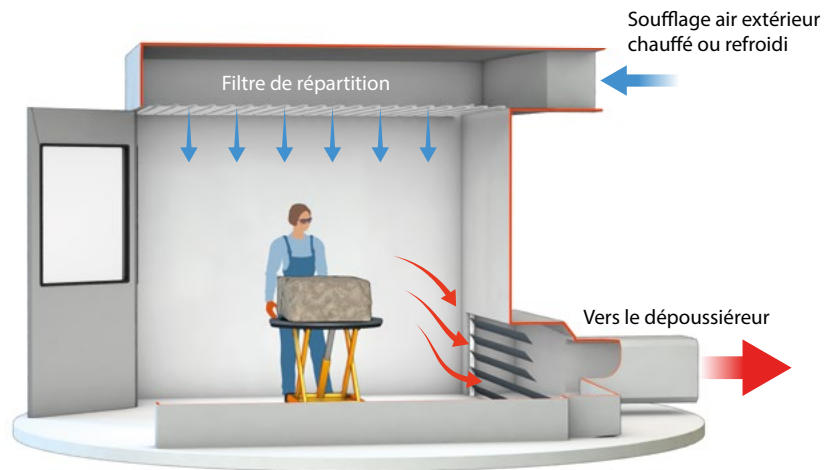
Après balayage de la zone de travail, l'air empoussiéré est extrait en partie basse de la paroi aspirante. L'accès à la cabine doit être fermé, de préférence par des portes rigides.

Le débit d'extraction doit être supérieur au débit de soufflage (environ 15 %) afin de maintenir à l'intérieur une pression différentielle légèrement négative et éviter ainsi toute dispersion de polluants vers l'extérieur.

Bien que relativement avantageuse en matière d'installation et de génie civil, les cabines à flux oblique sont des dispositifs aérauliques composés, par conception, d'une composante horizontale et d'une composante verticale induisant



■ Figure 3 – Circulation de l'air dans une cabine à flux vertical.



■ Figure 4 – Circulation de l'air dans une cabine à flux oblique.

de potentielles turbulences aérauliques avec un risque réel d'exposition de l'opérateur selon la configuration, en comparaison aux technologies verticale et horizontale.

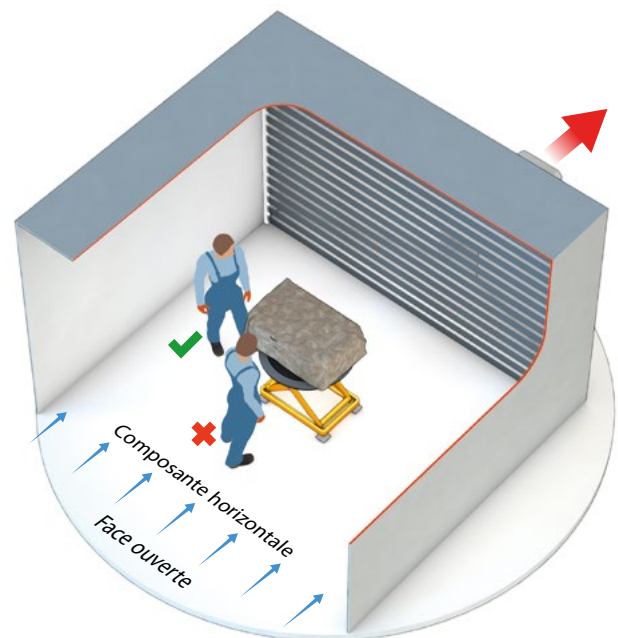
La mise en œuvre de cabine ventilée à flux vertical, voire horizontal, est donc à privilégier aux dépens de la technologie oblique. Par conséquent, cette technologie n'est pas incluse dans le comparatif de cabines proposé.

Incidence de la position de l'opérateur

L'efficacité des configurations de ces cabines repose essentiellement sur la position de l'opérateur dans le flux d'air : l'efficacité est ainsi directement associée à l'effet d'écran créé par l'opérateur.

De par son principe de balayage de haut en bas, sur toute la surface de la cabine, le flux vertical tend à maintenir les voies respiratoires de l'opérateur dans un flux d'air propre, quelle que soit sa position autour de la pièce. L'efficacité optimale est obtenue lorsque l'opérateur travaille dans une posture verticale.

En revanche, la position de l'opérateur a une incidence dans le cas des cabines à flux horizontal. Ce dispositif implique une composante horizontale de vitesse d'air. Cette caractéristique tend à provoquer un effet de sillage qui, selon les configurations, disperse plus ou moins le polluant dans la zone respiratoire de l'opérateur. Ce dernier ne doit jamais se positionner entre la source de pollution



■ Figure 5 – Position à adopter dans le cas d'un travail en cabine à flux horizontal. La position de profil est recommandée.

et la surface aspirante pour éviter que ses voies respiratoires ne se retrouvent sur le trajet des polluants. Le travail sur une table rotative élévatrice et inclinable s'avère alors pertinent.

Le flux horizontal est très sensible à la position de l'opérateur. Il est préférable de travailler en position latérale avec le dos parallèle au sens de l'écoulement d'air, comme schématisé sur la figure 5. Dans cette configuration, l'exposition peut être réduite en moyenne d'un facteur 15 par rapport à la position dos à la face ouverte.

Comparaison des cabines à flux horizontal et à flux vertical

Les performances de cabines du commerce ont été évaluées lors d'opérations de découpe et de surfacage à l'aide des trois outils les plus courants (tronçonneuse à disque, ponceuse, ciseau pneumatique). Ces évaluations effectuées dans des conditions quasi identiques, avec notamment des débits de poussières élevés, ont permis de montrer que les cabines à flux vertical étaient plus performantes en matière de prévention de l'exposition aux poussières que les cabines à flux horizontal.

Les cabines à flux vertical sont beaucoup plus efficaces que les cabines à flux horizontal avec une réduction du niveau d'empoussièrement variant en moyenne d'un facteur 20 pour les opérations de tronçonnage, à un facteur 200 pour les opérations de ponçage, quelle que soit la configuration de travail considérée [2].

Choix d'une cabine

Les cabines peuvent être classées suivant leur niveau de performance. Ce classement s'adresse à deux natures de pierre travaillée : humide ou sèche.

La distinction tient compte de la pratique courante en matière de taille de la pierre. En effet, les entreprises appliquent une technique et un outillage de taille adaptés à la nature de la pierre. Par exemple, certaines pierres doivent être travaillées en étant imprégnées d'une certaine quantité d'eau (grès) alors que d'autres doivent être complètement sèches (calcaire).

Les pierres ont des duretés variables qui peuvent être définies par différentes grandeurs :

- la résistance à la compression (inférieure à 10 MPa pour les pierres tendres et supérieure à 40 MPa pour les pierres dures),
- un numéro d'identification variant de 1 à 14 (1 pour la pierre la plus tendre et 14 pour la plus dure) et fonction de sa densité apparente, de la vitesse de propagation du son et de la dureté superficielle.

La capacité des pierres à émettre des poussières va décroître avec leur dureté, pour une opération de taille identique.

Un indice de performance IP défini suivant l'expression suivante (1), permet d'évaluer l'efficacité de chaque cabine pour le travail de la pierre sèche et de la pierre humide [3].

$$IP = \frac{VL}{\text{concentration estimée}} \quad (1)$$

Où VL représente :

- soit la VLEP 8 h de la poussière de silice cristalline (quartz) (0,1 mg.m⁻³),
- soit la concentration réglementaire moyenne à ne pas dépasser sur 8 heures pour les poussières alvéolaires dans les locaux à pollution spécifique (0,9 mg.m⁻³).

Plus l'indice de performance est élevé, plus la cabine est efficace. Un indice de performance supérieur ou égal à 1 signifie que ce type de cabine est utilisable dans l'application considérée. En dessous de cette valeur, ce type de cabine ne peut pas être utilisé sans mesure de protection complémentaire. Dans ce cas, le port d'un équipement de protection respiratoire vient compléter les mesures de protection.

Les tableaux 2 et 4 page suivante regroupent respectivement les indices de performance calculés vis-à-vis des poussières sans effet spécifique et du quartz pour les différentes configurations de ventilation, et selon les différents types de pierre et leurs états d'humidification. Les indices de performance ainsi déterminés permettent de définir les domaines d'utilisation des différents types de cabine (voir tableaux 3 et 5 page suivante).

Les concentrations prises en compte dans les calculs résultent de campagnes de mesures réalisées en entreprise sur 5 cabines de taille de pierre. Elles sont estimées en tenant compte de la position de l'opérateur et de l'opération de taille mise en œuvre.

Attention

Les performances de la configuration la plus efficace, à savoir le flux vertical, sont insuffisantes pour assurer seules une protection du tailleur de pierre lorsqu'il s'agit de pierres tendres et sèches contenant de la silice cristalline. Dans ce cas, il est impératif de limiter l'empoussièrement à son niveau le plus faible en préconisant le flux vertical, en augmentant la vitesse de captage et en imposant un appareil de protection respiratoire adapté.

Tableau 2. Indices de performance des cabines pour la taille de pierres émettant de la poussière sans effet spécifique.

Type de flux \ Pierre	Humide		Sèche	
	Pierre tendre	Pierre dure	Pierre tendre	Pierre dure
Horizontal	0,9	3,4	0,03	0,11
Vertical	148	504	4	12,4

Tableau 3. Domaines d'utilisation des cabines en fonction du type de flux en présence de poussières sans effet spécifique.

Type de flux \ Pierre	Humide		Sèche	
	Pierre tendre	Pierre dure	Pierre tendre	Pierre dure
Horizontal	non utilisable*	utilisable	non utilisable*	non utilisable*
Vertical	utilisable	utilisable	utilisable	utilisable

*ou utilisable *a minima* avec un appareil de protection respiratoire (APR) filtrant à ventilation assistée.

Tableau 4. Indices de performance des cabines pour la taille de pierres contenant et émettant du quartz.

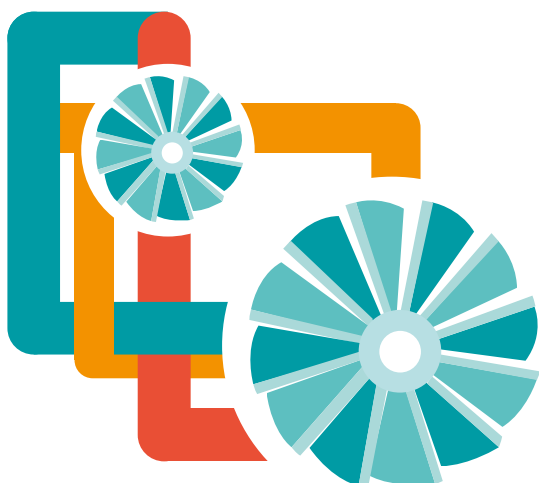
Type de flux \ Pierre	Humide		Sèche	
	Pierre tendre	Pierre dure	Pierre tendre	Pierre dure
Horizontal	0,1	0,4	0,003	0,01
Vertical	16	55	0,4	1,4

Tableau 5. Domaines d'utilisation des cabines en fonction du type de flux en présence de quartz.

Type de flux \ Pierre	Humide		Sèche	
	Pierre tendre	Pierre dure	Pierre tendre	Pierre dure
Horizontal	non utilisable*	non utilisable*	non utilisable	non utilisable**
Vertical	utilisable	utilisable	non utilisable*	utilisable

* ou utilisable *a minima* avec un APR filtrant à ventilation assistée.

** ou utilisable avec un APR isolant à adduction d'air.



5. Implantation d'une cabine en atelier et mise en œuvre

5.1 Implantation de la cabine

Lors de l'implantation d'une cabine de taille de pierre, il est important de considérer certains points, qui pourraient se révéler néfastes tant sur le point aéraulique que sur le point opératoire. Il convient ainsi de veiller à :

- installer les cabines à distance des grandes ouvertures et des zones de circulation de gros engins destinés, par exemple, à la manutention ou à la livraison,
- laisser libre la zone d'introduction d'air à proximité de la face ouverte de la cabine (en particulier pour les cabines à flux horizontal). Elle ne doit pas être encombrée de pièces en attente d'approvisionnement du poste de travail ou de pièces terminées, de dispositifs de transport de pièces ou d'éléments d'ameublement (tables, établis, râteliers porte-outils...),
- choisir, dans la mesure du possible, une implantation qui bénéficie de la lumière naturelle.

5.2 Conception et équipement de la cabine

La cabine doit être adaptée aux pierres travaillées. La circulation autour de la pierre et sa manutention dans la cabine doivent être facilitées. Pour cela, il est nécessaire de :

- prévoir une largeur de cabine supérieure à la plus grande dimension de la pierre à laquelle on ajoute 0,8 mètre de part et d'autre, une hauteur supérieure à 2,5 mètres et une profondeur d'au moins 3 mètres,
- doter la cabine d'un éclairage suffisant conforme aux exigences d'éclairage (500 à 750 lux) et, si possible, encastré. Prévoir des éclairages latéraux pour les faces latérales des pierres,
- prévoir des dispositifs de manutention et de mise en place des pierres comme des rails de roulement, des tables ou supports mobiles, des chariots dotés d'un bras orientable muni d'un palan. Ils doivent être adaptés aux caractéristiques des objets travaillés (masse, dimensions), à la nature de la taille et à l'opérateur. L'utilisation d'une table rotative élévatrice et inclinable peut ainsi s'avérer pertinente.

5.3 Nettoyage du poste de travail

Les débris et les poussières générés lors des opérations de taille de pierre doivent être collectés puis éliminés. La soufflette et le balai sont à proscrire pour effectuer ces opérations, car ils remettent en suspension les poussières.

Les solutions suivantes sont préconisées :

- utiliser un système de nettoyage centralisé sous forte dépression. Le ventilateur et le système d'épuration associé sont installés à l'extérieur de l'atelier. Cette solution est à privilégier en présence de silice cristalline,
- arroser les surfaces et utiliser une raclette pour ramasser les boues résultantes.

Si ces deux solutions ne sont pas techniquement possibles, utiliser un aspirateur industriel. Il sera au minimum de classe M, selon la norme NF EN 60335-2-69², et de classe H selon la même norme, en présence de silice cristalline. Ces aspirateurs doivent être munis d'un dispositif de changement de sac en sécurité, permettant d'éviter la remise en suspension des poussières et d'un système de décolmatage.

De manière similaire, les vêtements de travail et les pièces travaillées doivent être dépoussiérés par aspiration et, en aucun cas, par soufflage d'air comprimé à l'aide d'une soufflette ou de l'échappement d'un outil pneumatique.

5.4 Rejet de l'air pollué

Épuration de l'air rejeté

L'air pollué provenant des cabines doit être rejeté à l'extérieur des bâtiments tout en respectant la réglementation en vigueur sur la protection de l'environnement. Les points de rejet à l'extérieur

doivent être localisés de manière à ce que l'air rejeté ne soit pas réintroduit dans le bâtiment via les circuits de compensation ou de ventilation générale. En sortie de circuit de ventilation, l'air de la cabine peut être dépoussiéré au moyen d'un dispositif de séparation comme les cyclones ou les dépoussiéreurs à médias filtrants.

Les cyclones sont des séparateurs à effet mécanique basés sur la force centrifuge. L'efficacité dépend de la vitesse périphérique donnée aux particules, du diamètre aérodynamique de celles-ci et de leur temps de séjour qui est lié à la hauteur du cyclone. Ces dispositifs sont de construction simple et robuste avec un faible coût d'investissement et d'exploitation. Néanmoins, ils ne sont pas adaptés aux installations à débits variables et au traitement de poussières fines de par leur faible efficacité pour des granulométries inférieures à 5 µm. Il est pertinent de les utiliser comme étage de préfiltration inertielle pour allonger le temps de vie de médias filtrants situés en aval du flux d'air.

Les dépoussiéreurs à médias filtrants sont composés d'un caisson dans lequel un média sous forme de manches, de cartouches ou de poches est suspendu, d'une partie supérieure, siège du système de nettoyage du média et d'une partie inférieure composée d'une trémie de récupération des poussières. À l'instar des cyclones, il est recommandé de les faire fonctionner en dépression avec un ventilateur situé en aval de l'installation. Les poussières retenues s'accumulent pour former un gâteau de filtration à la surface du média filtrant. Il en découle une augmentation de la perte de charge du dépoussiéreur. Pour revenir à des conditions aérauliques proches de son état initial, le média doit subir des séquences de régénération par décolmatage qui peut s'effectuer par vibration, par circulation d'air à contre-courant ou, plus fréquemment, de manière pneumatique par injection d'air comprimé. Ces dispositifs de dépoussiérage permettent d'atteindre des efficacités importantes selon leur design de construction, le média utilisé, les capacités de décolmatage et les paramètres opératoires. À la différence des cyclones, les coûts d'investissement et de fonctionnement peuvent être élevés. En effet, il est nécessaire de changer régulièrement les médias filtrants lorsqu'ils sont percés ou lorsque la régénération devient inopérante et la perte de charge trop importante.

2. NF EN 60335-2-69 - Appareils électrodomestiques et analogues - Sécurité - Partie 2-69 : exigences particulières pour les aspirateurs fonctionnant en présence d'eau ou à sec, y compris les brosses motorisées, à usage commercial.

Attention

Un choix inadapté, un contrôle ou une maintenance insuffisante de l'équipement de dépoussiérage sont à l'origine d'une réduction du débit de ventilation et donc de la protection de l'opérateur.

l'opérateur et compatible avec le travail à effectuer. Son choix doit donc faire l'objet d'une réelle démarche concertée avec le salarié qui sera formé au port et à la gestion de l'APR.

Consommation énergétique

Le rejet de l'air à l'extérieur des locaux de travail induit une consommation énergétique pendant les périodes de chauffage et de climatisation. Le recours à des systèmes de récupération d'énergie permet d'atténuer les coûts associés au rejet extérieur.

Le recyclage de l'air est une alternative à proscrire en cas de présence de silice cristalline et n'est pas recommandé dans les autres cas, car il est conditionné au respect de nombreuses contraintes qui relèvent soit de la réglementation, soit de l'exploitation.

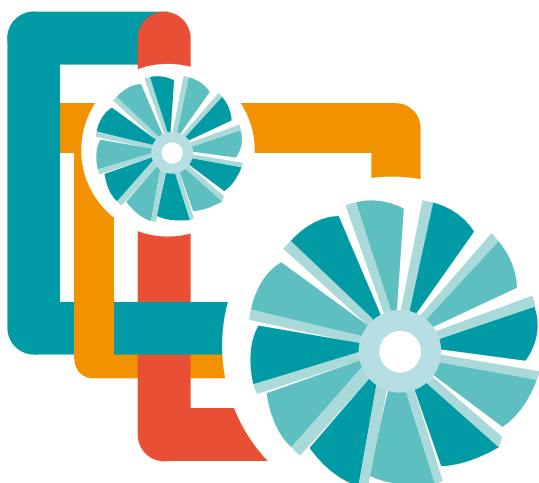
5.6 Bruit de l'installation

Les installations de ventilation en fonctionnement sont souvent génératrices de bruit. Le bruit est source d'inconfort et peut altérer l'audition au-delà d'un certain seuil. L'installation de ventilation ne doit donc pas augmenter de façon significative le niveau perçu dans l'atelier. Le niveau sonore dû à la ventilation seule doit être inférieur à 72 dB(A). Le bruit produit par la ventilation peut être atténué par la mise en œuvre des principes suivants :

- respecter les règles de conception des réseaux aérauliques décrites dans le guide pratique de ventilation ED 695 (voir *Pour en savoir plus*),
- optimiser la vitesse de l'air dans les conduits en assurant une vitesse suffisante au transport des particules et en limitant le niveau sonore, par exemple 20 m.s⁻¹ pour le transport des particules,
- installer les ventilateurs en dehors de l'atelier tout en les encoffrant pour préserver l'environnement extérieur,
- mettre en place des silencieux sur les réseaux,
- équiper les parois de la cabine de taille de pierre d'un revêtement absorbant anti-bruit,
- agir sur les voies de transfert solidiennes par la pose de ventilateurs sur silentblocs, le découplage des tuyauteries (manchettes souples entre le ventilateur et les conduits).

5.5 Protection respiratoire

Lors du travail de la pierre tendre contenant de la silice cristalline, aucune typologie de cabine ne possède les performances requises pour permettre une protection suffisante de l'opérateur et un appareil de protection respiratoire (APR) est alors nécessaire. L'APR doit être choisi avec soin pour assurer une protection suffisante tout en permettant de travailler dans des conditions de confort satisfaisantes. Il doit être adapté à



6. Maintenance et contrôle de l'installation de ventilation

6.1 Généralités

Toute installation de ventilation doit avoir été correctement réceptionnée et être entretenue avec la mise en place de contrôles périodiques qui attestent de son bon état de fonctionnement. Ces éléments sont reportés dans un dossier d'installation composé d'une notice d'instructions et d'une consigne d'utilisation. La constitution de ce dossier est inscrite dans la réglementation.

La notice d'instructions comporte le descriptif technique de l'installation et un dossier de valeurs de référence (paramètres aérauliques réputés satisfaisants pour le bon fonctionnement de l'installation).

La consigne d'utilisation est un guide de maintenance dans lequel la nature et la date des opérations d'entretien réalisées sur l'installation doivent être consignées. Les résultats des mesures aérauliques effectuées lors des contrôles périodiques pour vérifier le fonctionnement de l'installation doivent également être conservés dans ce document.

La réglementation prescrit au moins un contrôle annuel des installations de ventilation, à effectuer de préférence juste après une opération de maintenance de l'installation.

Il est nécessaire de concevoir ou d'adapter l'installation et les équipements associés pour améliorer leur accessibilité afin de faciliter et sécuriser les opérations de maintenance.

Le contrôle d'une installation de ventilation, précisé dans le tableau 6, doit être effectué au moment

Tableau 6. Contrôle à effectuer sur les installations de ventilation.

Contrôle à effectuer	Méthodologie	Moyens à mettre en œuvre
Propreté des gaines ou conduits	Inspection par trappe de visite	Nettoyage par aspiration
Écoulement d'air	Visualisation des mouvements d'air	Fumigène
Fonctionnement des ventilateurs	Mesure de la vitesse et vérification du sens de rotation	Stroboscope et tachymètre
	Mesure de la puissance consommée	Wattmètre
Colmatage des filtres	Suivi de la perte de charge	Manomètre différentiel
Débit de soufflage et d'aspiration	Exploration du champ de vitesses d'air dans une section	Anémomètre ou tube de Pitot
Vitesse d'air	Voir § 6.2 (ci-après)	Anémomètre

de sa première mise en route et périodiquement en cours de fonctionnement. Pour les méthodes de contrôle, se reporter au guide de ventilation ED 695 (voir *Pour en savoir plus*). Des points de contrôle doivent être prévus dès la conception de l'installation.

6.2 Protocole de contrôle de la ventilation des cabines

Pour tous les types de flux, les mesures sont réalisées dans la cabine vide.

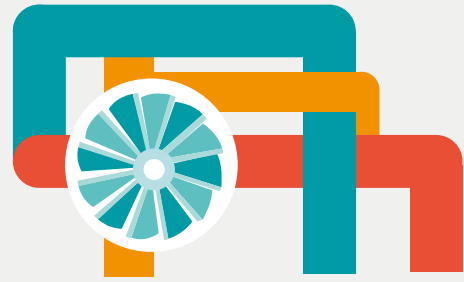
Les mesures sont effectuées à l'aide d'un anémomètre procurant une mesure directionnelle et capable d'indiquer des vitesses d'air comprises entre $0,1$ et $1 \text{ m.s}^{-1} \pm 0,05 \text{ m.s}^{-1}$. Lorsque la ventilation est stable, une intégration sur 60 secondes est convenable. Lorsqu'elle est instable, une intégration sur 200 secondes est conseillée.

Cabine à flux horizontal

Les mesures sont effectuées en 9 points au minimum, régulièrement répartis dans la section de la cabine, 3 en hauteur, 3 en largeur et à plus de 50 cm des parois de la cabine. Le plan de mesure est situé à l'intérieur de la cabine à 0,5 m du plan de l'ouverture. La moyenne des mesures de vitesse doit être supérieure ou égale à $0,5 \text{ m.s}^{-1}$ et aucune mesure ne doit être inférieure à $0,4 \text{ m.s}^{-1}$.

Cabine à flux vertical

Les mesures sont effectuées en 9 points au minimum, régulièrement répartis dans la section de soufflage en plafond de la cabine, 3 en longueur, 3 en largeur. Il faut prendre soin de placer les points de mesure dans les zones libres de tout obstacle, en dehors des structures de maintien. Le plan de mesure est situé à 1 m du plancher. La moyenne des mesures de vitesse doit être supérieure ou égale à $0,4 \text{ m.s}^{-1}$ et chaque mesure doit être supérieure à $0,3 \text{ m.s}^{-1}$.



Bibliographie

[1] Découpe de bordures de trottoir à sec et à l'humide : exposition à la silice cristalline. INRS, HST n°272, pp. 47-51, 2023

[2] Cabines ouvertes ventilées : flux vertical ou horizontal ? Étude comparative dans le secteur de la taille de pierre. INRS, ND 2160, 2001

[3] Méthode pour orienter le choix d'une cabine ouverte ventilée. Application à la taille de pierre. INRS, ND 2244, 2006

Pour en savoir plus

Documents INRS

- Prévenir les risques liés aux poussières. Dossier web, disponible sur : <https://www.inrs.fr/risques/poussieres/ce-qu-il-faut-retenir.html>
- Silice cristalline – Fiche toxicologique n°232
- Risques chimiques. Réglementation. Dossier web, disponible sur : <https://www.inrs.fr/risques/chimiques/reglementation.html>

- Agents chimiques CMR. Réglementation. Dossier web, disponible sur : <https://www.inrs.fr/risques/cmr-agents-chimiques/reglementation.html>
- Les valeurs limites d'exposition professionnelle. ED 6443
- Aération et assainissement. Aide-mémoire juridique. TJ 5
- Principes généraux de ventilation. Guide pratique de ventilation. ED 695
- L'assainissement de l'air des locaux de travail. Guide pratique de ventilation. ED 657
- Le dossier d'installation de ventilation. Guide pratique de ventilation. ED 6008
- Réceptionner et contrôler une installation de ventilation. Réseaux de captages localisés. ED 6366
- Éclairage artificiel au poste de travail. ED 85
- Les appareils de protection respiratoire. Choix et utilisation. ED 6106

Autres documents

- Dangers, expositions, et risques relatifs à la silice cristalline. Anses, 2019

Toutes les publications de l'INRS sont téléchargeables sur 
www.inrs.fr

**Pour commander les publications de l'INRS au format papier **

Les entreprises du régime général de la Sécurité sociale peuvent se procurer les publications de l'INRS à titre gratuit auprès des services prévention des Carsat/Cramif/CGSS.

Retrouvez leurs coordonnées sur www.inrs.fr/reseau-am

L'INRS propose un service de commande en ligne pour les publications et affiches, payant au-delà de deux documents par commande.

Les entreprises hors régime général de la Sécurité sociale peuvent acheter directement les publications auprès de l'INRS en s'adressant au service diffusion par mail à service.diffusion@inrs.fr

Ce guide est destiné, en premier lieu, aux personnes chargées d'acquérir et de mettre en œuvre des cabines ouvertes ventilées dans le domaine du travail de la pierre. Il concerne les opérations de découpe, de taille ou de surfacage à l'aide d'outils portatifs.

L'objectif est de proposer une démarche générale permettant d'apporter une aide au choix et à la mise en œuvre du type de cabine le plus adapté au travail à effectuer.



Institut national de recherche et de sécurité
pour la prévention des accidents du travail
et des maladies professionnelles
65, boulevard Richard-Lenoir 75011 Paris
Tél. 01 40 44 30 00 • info@inrs.fr

Édition INRS ED 6550

1^{re} édition | mars 2025 | 1 000 ex. | ISBN 978-2-7389-2956-3

L'INRS est financé par la Sécurité sociale
Assurance maladie / Risques professionnels

www.inrs.fr   