



Amiante. Aéraulique des chantiers sous confinement

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

Dans le domaine de la prévention des risques professionnels, l'INRS est un organisme scientifique et technique qui travaille, au plan institutionnel, avec la CNAM, les Carsat, Cramif, CGSS et plus ponctuellement pour les services de l'État ainsi que pour tout autre organisme s'occupant de prévention des risques professionnels.

Il développe un ensemble de savoir-faire pluridisciplinaires qu'il met à la disposition de tous ceux qui, en entreprise, sont chargés de la prévention : chef d'entreprise, médecin du travail, instances représentatives du personnel, salariés. Face à la complexité des problèmes, l'Institut dispose de compétences scientifiques, techniques et médicales couvrant une très grande variété de disciplines, toutes au service de la maîtrise des risques professionnels.

Ainsi, l'INRS élabore et diffuse des documents intéressant l'hygiène et la sécurité du travail : publications (périodiques ou non), affiches, audiovisuels, multimédias, site Internet...

Les publications de l'INRS sont distribuées par les Carsat. Pour les obtenir, adressez-vous au service Prévention de la caisse régionale ou de la caisse générale de votre circonscription, dont l'adresse est mentionnée en fin de brochure.

L'INRS est une association sans but lucratif (loi 1901) constituée sous l'égide de la CNAM et soumise au contrôle financier de l'État. Géré par un conseil d'administration constitué à parité d'un collège représentant les employeurs et d'un collège représentant les salariés, il est présidé alternativement par un représentant de chacun des deux collèges. Son financement est assuré en quasi-totalité par la CNAM sur le Fonds national de prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles.

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)

Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail, la caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France et les caisses générales de sécurité sociale disposent, pour participer à la diminution des risques professionnels dans leur région, d'un service Prévention composé 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, ils 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. Ils assurent la mise à disposition de tous les documents édités par l'INRS.

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 euros (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

Amiante. Aéraulique des chantiers sous confinement

François DUBERNET, CARSAT Aquitaine,
Romain GUICHARD, INRS,
Anita ROMERO-HARIOT, INRS

Septembre 2018



Avant-propos

Le retour d'expérience des entreprises sur la maîtrise des paramètres aérauliques des confinements dynamiques, l'évolution des matériels et équipements disponibles sur le marché, et les évolutions réglementaires sur la prévention du risque amiante depuis 2012 ont rendu nécessaire ce guide pratique. Les spécificités portant en particulier sur les entrées d'air de compensation maîtrisées (EACM) et les entrées d'air de réglage (EAR) – rassemblées ici dans la fiche technique n° 5 – sont des éléments indispensables des systèmes de ventilation pour le maintien des performances des confinements dynamiques. Lorsqu'ils ont des caractéristiques connues, ces éléments permettent de simplifier l'exercice du bilan aéraulique prévisionnel réalisé par l'encadrement technique à l'étape de la rédaction du plan de retrait, ainsi que sa vérification par l'encadrement de chantier avant le démarrage des travaux et tout au long du chantier.

Sommaire

Introduction	6
1. Définitions	8
2. Le bilan aéraulique prévisionnel	9
Étape 1 – Établir un plan.	9
Étape 2 – Délimiter la zone à confiner. Positionner les installations de décontamination et les extracteurs.	9
Étape 3 – Diviser la zone confinée en zones élémentaires.	10
Étape 4 – Calculer le volume de chaque zone élémentaire. En déduire le volume total.	11
Étape 5 – Choisir l'emplacement du point de mesure et la valeur de la dépression à maintenir en permanence.	11
Étape 6 – Choisir le taux minimal de renouvellement en air neuf à garantir.	11
Étape 7 – Déterminer les apports d'air neuf entrant par les installations de décontamination pour les valeurs fixées à l'étape 5.	12
Étape 8 – Calculer le débit minimal d'air neuf restant à apporter dans chaque zone élémentaire par des entrées d'air de compensation maîtrisées.	13
Étape 9 – Déterminer le débit d'air neuf pénétrant par une entrée d'air de compensation maîtrisée (EACM), pour les valeurs de dépression réglementaire et choisie.	13
Étape 10 – Calculer le nombre d'EACM par zone élémentaire. Répartir et repérer ces EACM sur le plan.	14
Étape 11 – Calculer le débit total des apports d'air pris en compte dans le calcul du taux moyen de renouvellement à la dépression réglementaire choisie par l'entreprise.	14
Étape 12 – Estimer le taux de fuite du confinement. En déduire le débit d'air entrant par les fuites dans le confinement lorsqu'il est soumis à la dépression choisie.	14
Étape 13 – Calculer le débit d'air à extraire en permanence.	16
Étape 14 – Choisir le nombre d'extracteurs permettant d'extraire en permanence le débit d'air. Calculer la capacité minimale totale des extracteurs (appareil de secours non compris). Calculer la capacité maximale des extracteurs (appareils de secours compris, s'il fonctionne en permanence).	16
Étape 15 – Évaluer les besoins en entrées d'air de réglage (EAR).....	17
Étape 16 – Compléter le plan initial.	18

3. La vérification du bilan aéraulique prévisionnel sur chantier	20
A. Vérification du bilan aéraulique prévisionnel sur chantier	20
B. Retour d'expérience des entreprises	20

Annexe – Fiches techniques : Caractéristiques des matériels, équipements et appareils de mesures	21
Fiche 1 – Confinement	22
Fiche 2 – Étanchéité du confinement : fuites	24
Fiche 3 – Installation de décontamination du personnel.....	27
Fiche 4 – Installation de décontamination des déchets	32
Fiche 5 – Entrées d'air de compensation maîtrisées (EACM) et entrées d'air de réglage (EAR)	36
Fiche 6 – Extracteurs.....	45
Fiche 7 – Mesures et instrumentation	49

Abréviations	51
---------------------------	-----------

Références	51
-------------------------	-----------

Remerciements	52
----------------------------	-----------

Introduction

Les entreprises certifiées pour le traitement de l'amiante et celles réalisant des interventions sur les matériaux amiantés ont l'obligation d'assurer la protection des salariés et de l'environnement, en particulier au moyen de dispositifs d'assainissement et de mise en dépression de la zone de travail, définis selon le niveau d'empoussièrement des processus. Les confinements dynamiques sont des protections collectives qui viennent en complément de toute mesure visant à réduire au niveau le plus faible possible l'émission de fibres (captage à la source, pulvérisation, imprégnation, piégeage...).

La méthode du bilan aéraulique prévisionnel permet aux entreprises d'adopter une démarche rigoureuse, étape par étape. Elle contribue à maîtriser les risques par la prévision en amont du matériel nécessaire à mettre en œuvre et par la limitation des improvisations sur chantier.

Les chantiers de désamiantage, nécessitant la mise en œuvre d'un confinement dynamique, doivent conserver leurs performances aérauliques stables tout au long des travaux. La stabilité du confinement dépend :

- de la qualité du confinement statique ;
- de l'encrassement des filtres des extracteurs entraînant des pertes de charge variables ;
- des caractéristiques des installations de décontamination au moment de leur utilisation ;
- du dimensionnement des entrées d'air de compensation maîtrisées et des entrées d'air de réglage (nombre, taille, emplacement).

Enfin, les mesures réalisées pendant le bilan aéraulique sur le chantier permettent de valider les hypothèses du bilan aéraulique prévisionnel. Au fur et à mesure de la réalisation des chantiers, l'exploitation des résultats et le retour d'expérience de l'entreprise constituent des facteurs de progrès pour la prévention des risques professionnels liés aux travaux sur matériaux amiantés.

Jusqu'en 2012, les bonnes pratiques proposées par les acteurs de la prévention du réseau des CARSAT et de l'INRS* ont servi de référence aux entreprises pour la réalisation des confinements dynamiques. Depuis lors, les évolutions techniques et réglementaires sont venues conforter et renforcer la démarche en introduisant des

* Voir ND 2137 – « Le bilan aéraulique des chantiers d'amiante », Hygiène et sécurité du travail, 2000, 24 p.

objectifs quantitatifs incontournables sur les valeurs minimales de la dépression en zone de travail, les taux de renouvellement d'air et les vitesses d'air dans les installations de décontamination des déchets.

La démarche présentée dans ce guide pratique permet une acquisition didactique de la méthode du bilan aéraulique des chantiers sous confinement, depuis la reconnaissance des lieux jusqu'à la vérification sur chantier, en passant par le dimensionnement et l'implantation du matériel nécessaire.

L'application de cette méthode permet de satisfaire les dispositions de la réglementation relative à l'aéraulique des chantiers comme :

- la prévision et le dimensionnement du matériel, y compris l'extracteur de secours ;**
- les taux de renouvellement d'air imposés dans les zones confinées selon les niveaux d'empoussièrement des processus, et leur homogénéité : bonne répartition des entrées d'air et positionnement par rapport aux extracteurs ;**
- la dépression minimale de 10 Pa par rapport au milieu extérieur ;**
- la limitation de la diffusion des fibres à l'extérieur de la zone de travail ;**
- Le maintien en l'état des protections collectives ;**
- la maîtrise des flux d'air ;**
- le respect des taux de renouvellement d'air dans les douches ;**
- la vitesse d'air dans les installations de décontamination des déchets ;**
- la consignation des paramètres de surveillance du chantier.**

Cette brochure s'adresse en particulier aux personnes chargées :

- d'élaborer des confinements dynamiques dans le cadre de chantiers de niveaux 2 et 3 d'empoussièrement ;**
- d'établir des bilans aérauliques prévisionnels devant être joints au plan de retrait ou au mode opératoire ;**
- de vérifier le bon fonctionnement de l'installation de ventilation permettant de valider le bilan aéraulique prévisionnel.**

Elle précise également les critères techniques des matériels utilisés pour la réalisation des confinements dynamiques que les fabricants doivent respecter pour mettre sur le marché des équipements et matériels fiables, testés, éprouvés et conformes aux exigences de prévention.

1. Définitions

Pour l'utilisation de cette brochure, la terminologie suivante est adoptée :

Bilan aéraulique prévisionnel : document référencé sur lequel figure le résultat d'une réflexion menée *a priori*, permettant d'établir un schéma coté de la zone confinée divisée en zones élémentaires, faisant apparaître les matériels et équipements installés (les installations de décontamination, le contrôleur de dépression, les entrées d'air de compensation maîtrisées, les entrées d'air réglables, les extracteurs) ainsi que l'ensemble des débits d'air prévus à la dépression souhaitée.

Bilan aéraulique sur le chantier : document daté sur lequel figure *a minima* le relevé de la valeur de la dépression réelle réalisée sur le chantier, les taux de renouvellement d'air moyens dans chaque zone élémentaire et dans la douche de décontamination, ainsi que la vitesse d'air dans l'installation de décontamination des déchets.

Confinement : mise en œuvre de moyens permettant d'isoler la zone de travail vis-à-vis de l'environnement extérieur dans le but d'éviter la dispersion des fibres.

Confinement statique : combinaison de plusieurs opérations intégrant le calfeutrement par obturation des ouvertures et la mise en place d'une enveloppe étanche à l'air et à l'eau, en tenant compte de la nature des sup-

ports, de la structure et de la forme du volume à traiter.

Confinement dynamique : mise en œuvre d'une ventilation contrôlée dans le confinement statique permettant de créer une dépression de la zone de travail.

Entrée d'air de compensation maîtrisée (EACM) : dispositif passif et calibré permettant, sous l'influence d'une dépression dans la zone, le passage de l'air de l'extérieur vers l'intérieur de la zone.

Entrée d'air de réglage (EAR) : entrée d'air de compensation maîtrisée équipée d'un obturateur réglable permettant d'ajuster le débit d'air de 0 à 100 % de sa capacité nominale.

Entrées d'air maîtrisées : l'ensemble des entrées d'air connues et calibrées entrant dans la composition de l'installation de ventilation : EACM, EAR, installations de décontamination (personnel et matériel-déchets).

Fuites : entrées d'air non maîtrisées résultant d'un confinement statique imparfait.

Taux moyen de renouvellement d'air (en h⁻¹) dans la zone confinée : ratio entre le débit d'air neuf introduit (m³/h) par les EACM et les installations de décontamination, et le volume (m³) de la zone de travail considérée. Il correspond au taux de renouvellement d'air dans la zone tel que fixé dans la réglementation.

Nota

Ce ratio exclut par conséquent les débits des entrées d'air de réglage (celles-ci pouvant être ponctuellement fermées) ainsi que ceux liés aux fuites du confinement.

Taux moyen de renouvellement d'air (en h⁻¹) dans la douche : ratio entre le débit d'air neuf introduit (m³/h) par les grilles installées en amont du compartiment douche d'hygiène de l'installation de décontamination et le volume (m³) du compartiment douche le plus important.

Barrière dynamique : vitesse d'air empêchant un transfert de pollution entre deux volumes d'air indépendants mais reliés par une ouverture. Plus la distance séparant les deux volumes (épaisseur de la barrière dynamique) est faible, plus cette vitesse doit être élevée pour que la barrière dynamique soit efficace.

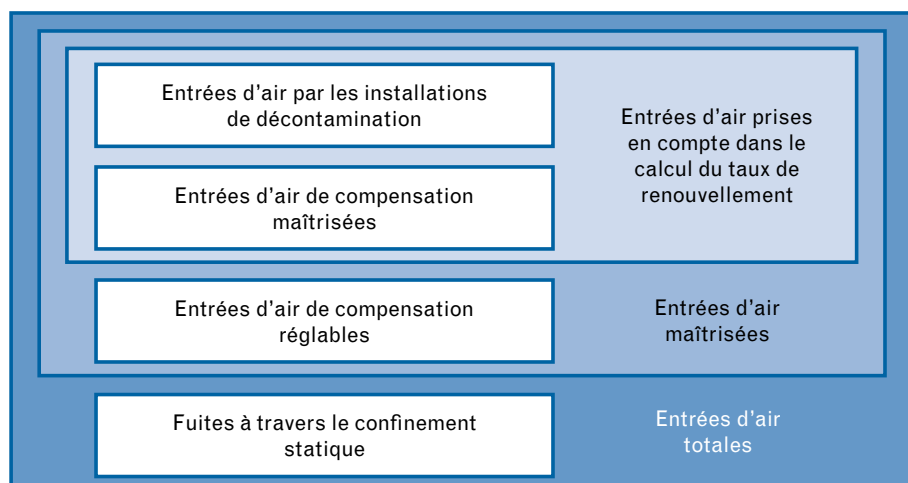


Figure 1 • Diagramme de synthèse : articulation et ordonnancement de l'ensemble des apports d'air d'un confinement dynamique

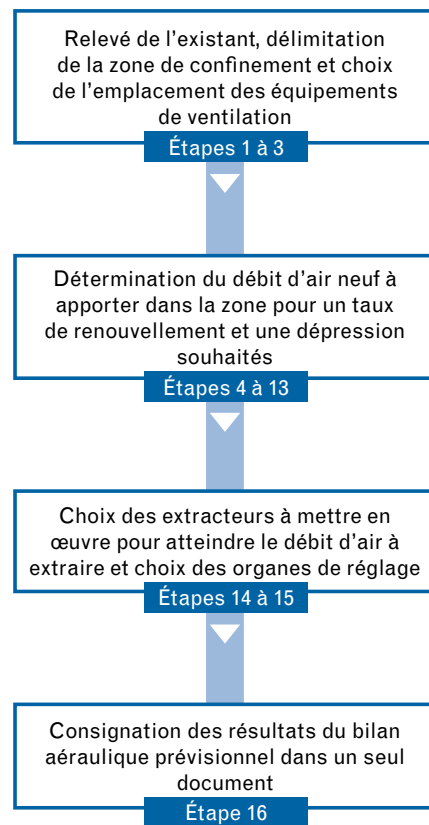


Figure 2 • Schéma de principe de la méthode du bilan aéraulique en chantier sous confinement

2. Le bilan aéraulique prévisionnel

Le bilan aéraulique prévisionnel permet de concevoir un système de ventilation garantissant :

- un renouvellement moyen en air neuf de la zone de travail pendant toute la durée du chantier,
- la répartition la plus homogène possible de l'air neuf dans l'ensemble de la zone de travail,
- le maintien de la zone de travail en dépression constante à une valeur minimale de 10 pascals par rapport à l'extérieur,
- la maîtrise des débits d'air entrant par les entrées d'air de compensation et les installations de décontamination (personnel et déchets),
- la maîtrise du fonctionnement du système d'extraction par intégration de la fonction « secours »,
- une mise en œuvre sur chantier, simplifiée, concrète, efficace et rapide.

La méthode se déroule en 16 étapes, décrites dans les chapitres suivants.

Application

Dans la suite du document, les figures A à O illustrent un exemple concret de réalisation d'un bilan aéraulique prévisionnel.

Exemple de situation : les dalles de sol du bâtiment de la figure A sont à retirer. Les travaux relèvent du niveau 2 d'empoussièremement réglementaire.

Étape 1 – Établir un plan (fig. B)

À partir du relevé d'informations sur le chantier, notamment des plans préexistants, il s'agit d'établir un plan coté à l'échelle des locaux à traiter et de leur environnement, en tenant compte :

- de l'environnement du chantier :
 - accès,
 - place disponible autour des locaux à traiter,

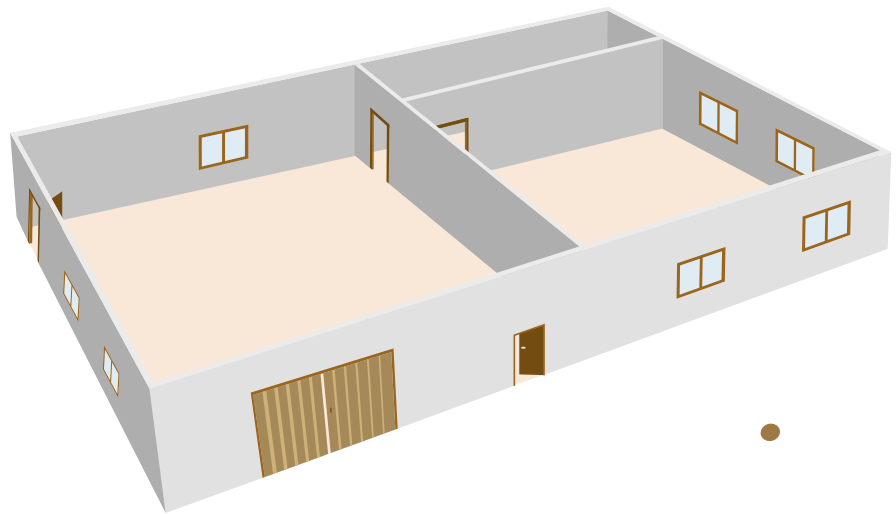


Figure A • Configuration du local à traiter

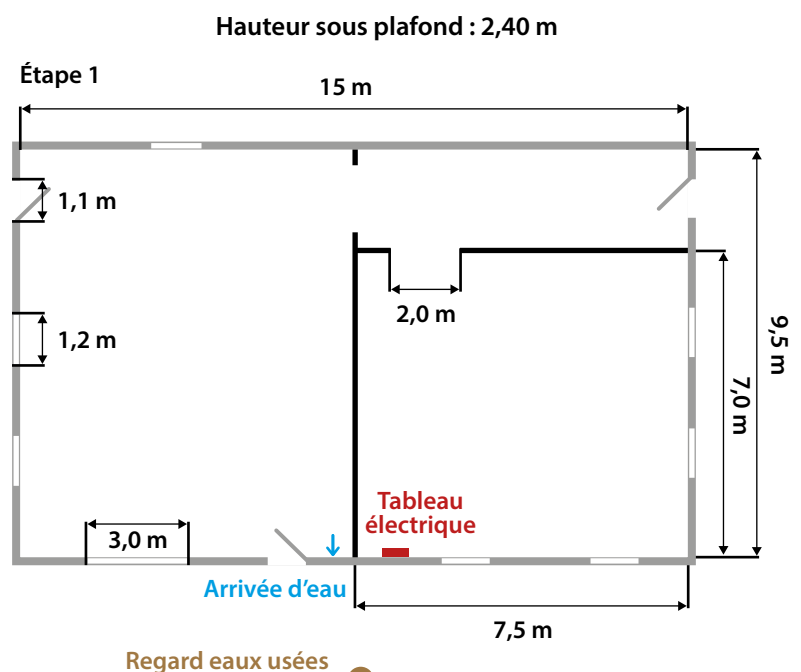


Figure B • Plan coté à l'échelle

- nature des locaux avoisinants les locaux à traiter,
- raccords pour les besoins du chantier (électricité, eau, rejets d'eau...),
- etc. ;
- des caractéristiques des locaux à traiter :
 - emplacement des matériaux contenant l'amiante et nature des supports,
 - cloisonnement des locaux (distinguer ceux à conserver et ceux à démolir),

position et dimension des ouvertures, hauteur sous plafond...,

- etc.

Étape 2 – Délimiter la zone à confiner. Positionner les installations de décontamination et les extracteurs (fig. C)

La zone à confiner doit être réduite, et strictement limitée (sauf contrainte technique particulière) aux surfaces concernées par les travaux. La

conception et la construction du confinement (voir annexe, fiche 1) prennent en compte :

- la facilité d'accès aux matériaux à déposer,
- le mode d'accrochage de l'enveloppe,
- les difficultés prévisibles pour confiner et les conséquences sur l'étanchéité (voir annexe, fiche 2).

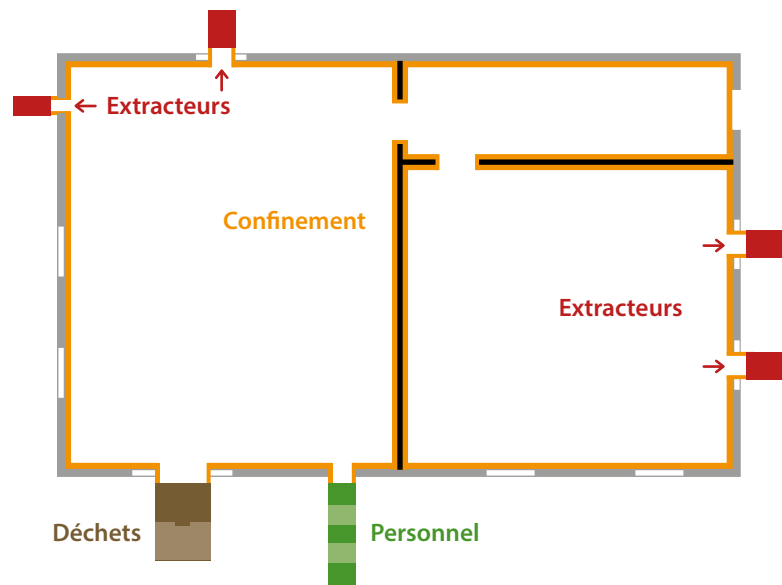
L'installation de décontamination du personnel (voir annexe, fiche 3) et l'installation de décontamination des déchets (voir annexe, fiche 4) sont positionnées en tenant compte des contraintes propres au chantier : environnement, place disponible pour la zone d'approche, dimensions des ouvertures, accès aux réseaux d'alimentation en eau et évacuation des eaux usées, etc. Les installations de décontamination constituent obligatoirement des apports d'air maîtrisés.

En règle générale, les extracteurs sont situés à l'opposé des entrées d'air, de façon à mieux balayer la zone de travail. L'air extrait doit être rejeté à l'extérieur des bâtiments, si nécessaire en canalisant l'air à l'aide de gaines souples ou rigides. Le rejet à l'extérieur du bâtiment ne doit pas être effectué à proximité d'autres locaux ou de zones sensibles (présence humaine). À cette étape, le nombre et les capacités des extracteurs n'étant pas encore connus, il s'agit de définir les emplacements qui seront les plus appropriés pour implanter ces équipements.

Pour obtenir la capacité d'extraction nécessaire au taux de renouvellement choisi, pour la valeur de la dépression fixée, il est préférable d'installer plusieurs extracteurs identiques de faible capacité (voir annexe, fiche 6).

Étape 3 – Diviser la zone confinée en zones élémentaires (fig. D)

L'objectif est d'analyser les difficultés éventuelles de circulation d'air dans la zone confinée : des cloisonnements, des recoins, des décrochements peuvent perturber la ventilation



Installations de décontamination

Figure C • Délimitation de la zone à confiner. Positionnement des installations de décontamination (personnel et déchets) et des extracteurs (y compris de secours)

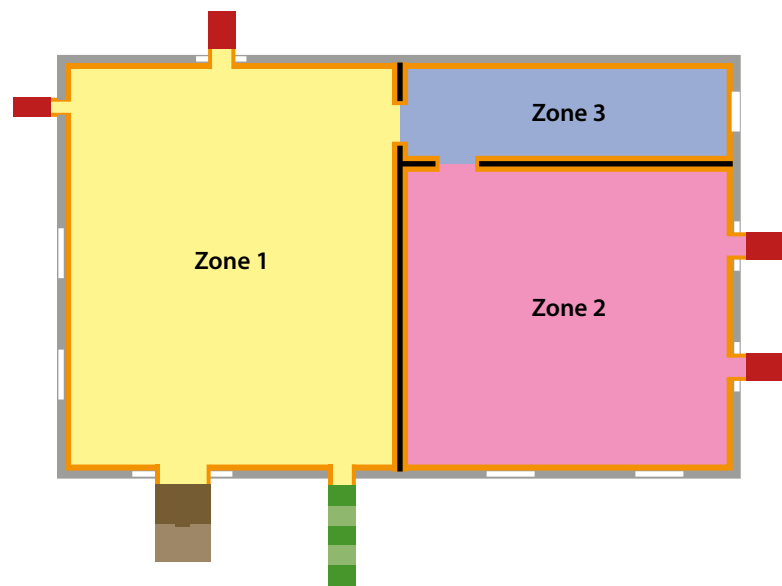


Figure D • Division de la zone confinée en zones élémentaires

de la zone confinée, en créant des « zones mortes » par exemple.

Si besoin est, on délimite sur le plan les différentes zones homogènes, considérées comme des zones élémentaires. Cette division « virtuelle » permettra d'assurer par la suite des apports d'air de compensation homogènes en tout point de la zone confinée. Cette étape contribue au respect de l'exigence réglementaire « l'employeur s'assure de l'homogénéité du renou-

vellement d'air de la zone de travail par une bonne répartition des entrées d'air et leur positionnement par rapport aux extracteurs ».

À cette étape de la méthode, il est utile de recenser les zones élémentaires dans lesquelles il n'est pas possible d'amener directement de l'air neuf de compensation, du fait de l'absence d'ouverture donnant sur l'extérieur, par exemple.

Étape 4 – Calculer le volume de chaque zone élémentaire – En déduire le volume total (fig. E)

La forme et les dimensions de chaque zone élémentaire permettent de calculer leur volume.

Le volume total de la zone à confiner est obtenu en faisant la somme des volumes des zones élémentaires.

En pratique, les résultats sont arrondis au m³.

Étape 5 - Choisir l'emplacement du point de mesure et la valeur de la dépression à maintenir en permanence (encadré 1)

La dépression à maintenir constante est la différence entre la pression statique existante à l'extérieur de la zone confinée et celle maintenue à l'intérieur de cette zone.

ENCADRÉ 1

Choix de l'emplacement du point de mesure de la valeur de la dépression et du taux minimal de renouvellement en air neuf dans l'exemple de la situation

Étape 5

- Point de mesure intérieur dans la zone 1, à proximité de l'installation de décontamination du personnel.
- Point de mesure extérieur dans la zone d'approche, à proximité de l'installation de décontamination du personnel.
- Valeur de la dépression **réglementaire** pour assurer les conditions minimales de fonctionnement : 10 Pa.
- Valeur de la dépression **choisie par l'entreprise** : 20 Pa.

Étape 6

- Taux minimal de renouvellement d'air neuf à 10 Pa : 15 volumes/heure.

Dans la zone confinée, l'emplacement du point de mesure de la dépression se situe dans un emplacement exempt de courants d'air, de préférence à proximité de l'installation de décontamination du personnel.

Le vent exerce une influence sur les dépressions réelles ou lues sur l'appa-

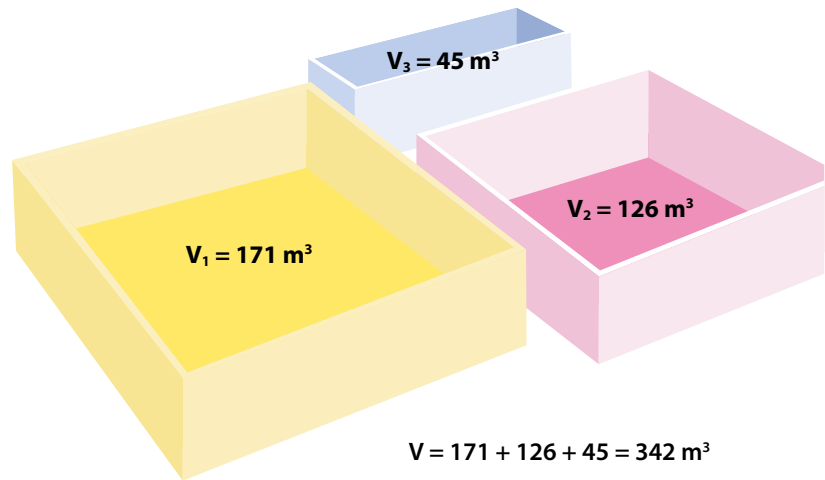


Figure E • Calcul du volume de chaque zone élémentaire et déduction du volume total de la zone à confiner

reil de mesure (manomètre) selon la position de la prise de pression extérieure du manomètre. On observe alors des fluctuations sur l'afficheur de l'appareil de mesure. En conséquence, à l'extérieur de la zone, l'emplacement du point de mesure doit être à l'abri du vent et des mouvements d'air liés au fonctionnement notamment des équipements de ventilation. Il se situe généralement dans la zone d'approche, permettant ainsi de s'assurer du bon fonctionnement aérodynamique de l'installation de décontamination du personnel.

En l'absence de vent, la valeur de la dépression dans une zone confinée est pratiquement égale en tous points (la différence de pression existant entre deux points distincts est souvent si faible qu'elle ne peut être mesurée avec les manomètres employés sur ce type de chantier).

Dans tous les cas :

- des seuils d'alerte haut et bas, temporisés, permettront de signaler, localement ou à distance, une dérive de la dépression. Le seuil d'alerte bas ne sera jamais inférieur à 10 Pa, temporisé par exemple à 10 secondes, correspondant au temps moyen permettant le basculement des énergies pour assurer le démarrage des extracteurs de secours ;
- la solidité de l'enveloppe du confi-

nement devra être adaptée au seuil d'alerte haut de dépression choisi.

La dépression dans la zone ne doit jamais descendre en dessous de 10 Pa.

Par retour d'expérience, une dépression fixée à 10 Pa en condition de travail est difficilement maintenue et peut descendre en dessous de cette valeur, ce qui n'est pas autorisé. Il est donc préférable que l'entreprise s'impose une valeur de dépression plus importante autour de laquelle la dépression pourra fluctuer, tout en restant au-dessus du seuil réglementaire. Le retour d'expérience montre qu'une valeur de 20 Pa permet généralement une bonne maîtrise de la dépression en zone confinée lorsque les fluctuations aérodynamiques du chantier sont modérées.

Étape 6 – Choisir le taux minimal de renouvellement en air neuf à garantir (encadré 1)

L'air neuf, provenant de l'atmosphère extérieure à la zone confinée, pénètre dans celle-ci, de façon à compenser l'air évacué par les extracteurs.

Pour un local de volume donné, le taux de renouvellement en air neuf représente le nombre de fois que le volume est renouvelé en une heure. C'est un facteur de sécurité essentiel, car le flux d'air neuf dans l'enceinte confinée

contribue, par dilution, à abaisser l'empoussièremment du chantier.

Il est nécessaire d'assurer le maintien du taux de renouvellement d'air lorsque la dépression est à 10 Pa. Le taux de renouvellement d'air minimum est imposé par la réglementation en tenant compte des niveaux d'empoussièremment résultant de la mise en œuvre des processus (tableau I).

Le taux moyen de renouvellement en air neuf sera garanti depuis le démarrage du chantier jusqu'à la fin des travaux dans chaque zone élémentaire pour la dépression minimale de 10 Pa.

Le taux moyen de renouvellement d'air dans la zone est calculé à partir des apports d'air neuf provenant des EACM et des installations de décontamination à une dépression donnée. Attention, pour rappel, l'apport d'air neuf issu des EAR ne doit pas être pris en compte dans le calcul du taux moyen de renouvellement (voir § 1 – Définitions).

Étape 7 – Déterminer les apports d'air neuf entrant par les installations de décontamination pour les valeurs de dépression fixées à l'étape 5 (fig. F, F1 et F2, encadré 2)

De l'air neuf pénètre toujours par les installations de décontamination. Dans cette étape, il s'agit d'évaluer les apports d'air neuf dans la zone confinée en provenance de ces installations.

Pour cela, les caractéristiques aérodynamiques des installations de décontamination du personnel et des déchets mis en place sur le chantier, doivent être connues des entreprises par les données des fabricants (abaques) ou par un retour d'expérience.

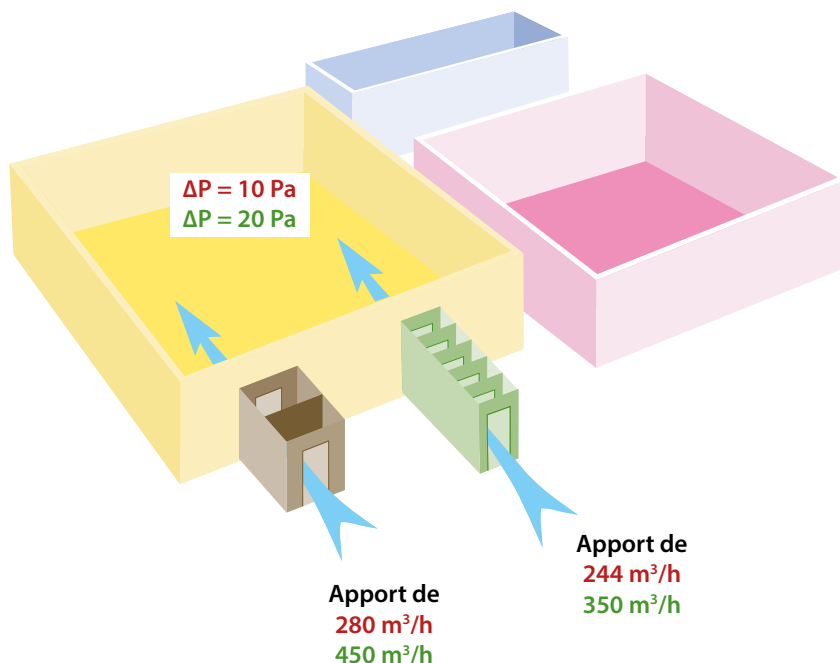


Figure F • Détermination des débits d'air entrant par les installations de décontamination, pour la valeur de la dépression réglementaire (rouge) et choisie par l'entreprise (vert)

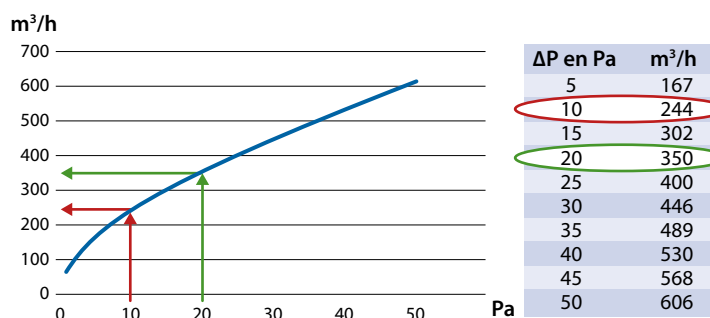


Figure F1 • Exemple d'abaque d'installation de décontamination du personnel

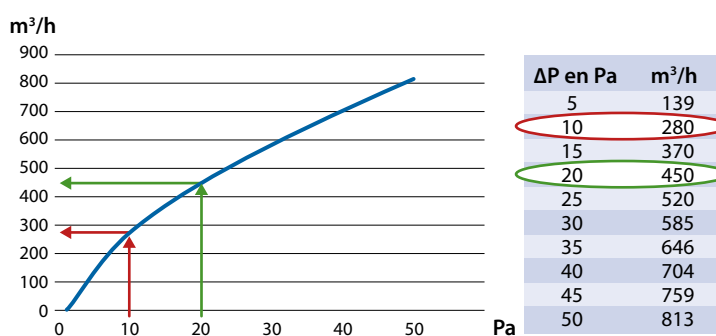


Figure F2 • Exemple d'abaque d'installation de décontamination des déchets toutes les portes fermées

TABLEAU I

Empoussièremment du processus	Inférieur à 3 300 f/L	Entre 3 300 et 6 000 f/L	Entre 6 000 et 10 000 f/L	Entre 10 000 et 25 000 f/L	Supérieur à 25 000 f/L
Chantier de niveau	2	2	3	3	Non autorisé
Taux moyen de renouvellement en air neuf à mettre en œuvre en volume par heure	Minimum 6	Minimum 15	Minimum 20	Minimum 20 (ou plus selon l'empoussièremment)*	-

*Ce taux de renouvellement peut être augmenté en cas de méthodes de travail générant des niveaux d'empoussièremment élevés. C'est le cas lorsque les conditions de chantier ne permettent pas l'abaissement des émissions avec les moyens de protection collective habituellement mis en œuvre, notamment l'utilisation d'eau pour abattre les poussières. Il s'agira par exemple de la dépose à sec lors d'une impossibilité technique de coupure des énergies électriques.

L'entreprise détermine à partir des abaques et des valeurs de dépression (réglementaire et choisie) les débits d'air entrants par les installations de décontamination à prendre en compte.

ENCADRÉ 2

Rappels réglementaires

Dans les deux cas suivants, les valeurs s'entendent à la valeur de dépression réglementaire de 10 Pa :

• Installation de décontamination des déchets

La réglementation impose pour les installations de décontamination des déchets une vitesse d'air moyenne de 0,5 m/s.

Nota

Cette valeur est à considérer dans toute la section ouverte entre le compartiment sale et le compartiment propre, y compris lors la sortie des déchets (notion de barrière dynamique). Lorsque les compartiments ne sont pas utilisés, cette vitesse d'air doit également être mesurée sur chaque grille d'aération installée sur les portes ou cloisons de l'installation de décontamination des déchets.

• Installation de décontamination du personnel

Dans les installations de décontamination du personnel, le débit sera fonction du volume de la douche de plus grandes dimensions et devra être *a minima* de 120 fois son volume par heure.

Étape 8 – Calculer le débit minimal d'air neuf restant à apporter dans chaque zone élémentaire par des entrées d'air de compensation maîtrisées (fig. G)

En complément de l'air amené par les installations de décontamination, il s'agit de créer un apport d'air neuf dans la zone de travail pour atteindre de façon sûre le taux de renouvellement choisi.

Cet apport d'air neuf complémentaire pénètre par des entrées d'air de compensation maîtrisées (voir annexe, fiche 5), disposées et réparties de fa-

çon à optimiser le balayage en air neuf de chaque zone élémentaire à traiter.

En pratique, le calcul doit être effectué pour chaque zone élémentaire, en tenant compte :

- du volume de la zone élémentaire et du taux de renouvellement choisi,
- de l'apport d'air de l'installation de décontamination du personnel dans la zone élémentaire concernée par cette installation, à la valeur de la **dépression réglementaire**,
- de l'apport d'air de l'installation de décontamination des déchets dans la zone élémentaire équipée de cette installation, à la valeur de la **dépression réglementaire**.

Si le débit d'air apporté dans une zone élémentaire par une installation

de décontamination est suffisant pour assurer le taux de renouvellement choisi, il est inutile de créer une entrée d'air de compensation supplémentaire dans cette zone.

Étape 9 – Déterminer le débit d'air neuf pénétrant par une entrée d'air de compensation maîtrisée (EACM), pour les valeurs de dépression réglementaire et choisie (fig. H)

C'est la maîtrise des débits d'air neuf pénétrant par l'ensemble des entrées d'air qui contribue à l'atteinte des objectifs :

- maintien de la dépression,
- taux de renouvellement.

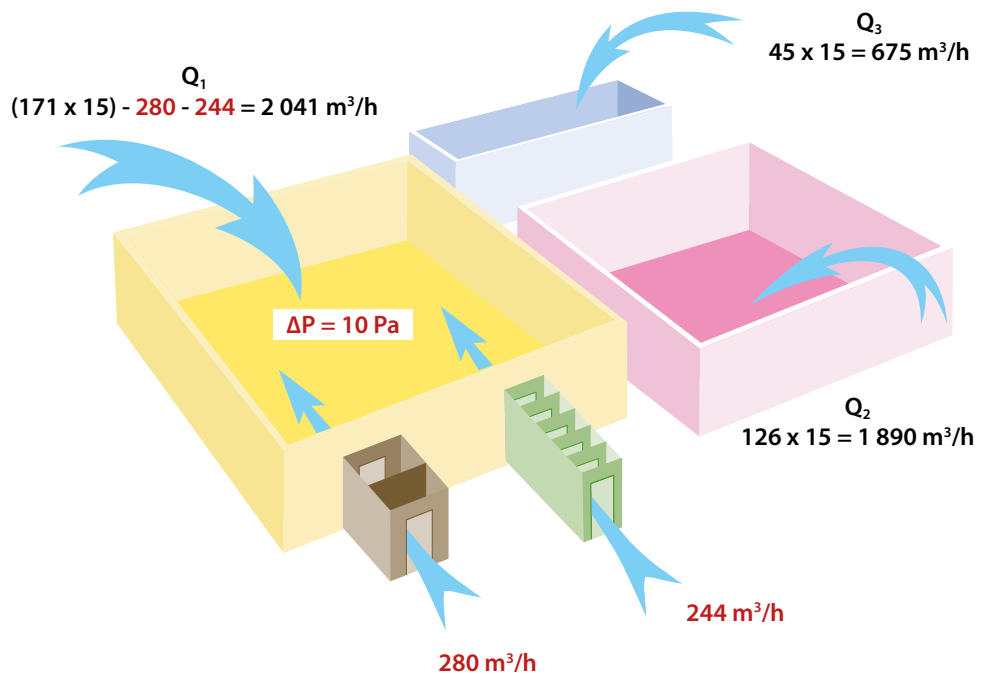


Figure G • Calcul du débit minimal d'air neuf entrant dans chaque zone élémentaire par les entrées d'air de compensation

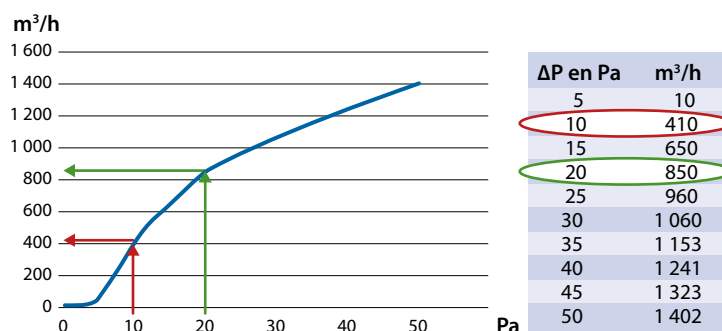


Figure H • Abaque débit/pression d'une EACM

Il appartient aux entreprises de connaître les caractéristiques aérodynamiques des entrées d'air de compensation maîtrisées qu'elles mettent en place sur les chantiers. Un abaque débit/pression établi par retour d'expérience ou donné par le fabricant est utilisé pour déterminer le débit d'air entrant aux dépressions retenues à l'étape 5.

Étape 10 – Calculer le nombre d'EACM par zone élémentaire. Répartir et repérer ces EACM sur le plan (fig. I)

À cette étape du calcul prévisionnel, on rappelle que :

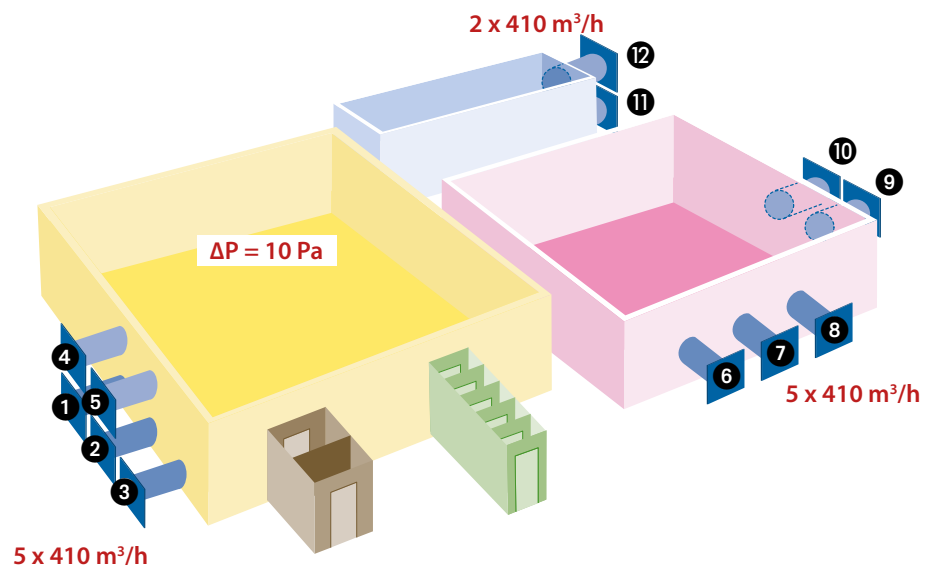
- le débit minimal d'air neuf pénétrant dans une zone élémentaire par les EACM à la dépression réglementaire a été calculé à l'étape n° 8 ;
- le débit d'air neuf pénétrant par une EACM donnée, à la dépression réglementaire, a été déterminé lors de l'étape n° 9.

Le calcul est mené pour chaque zone élémentaire. Le nombre d'EACM est obtenu en divisant le débit minimal d'air neuf pénétrant dans une zone élémentaire par le débit d'une EACM. Le résultat est arrondi à l'entier supérieur.

Les EACM sont positionnées sur le plan, de façon à répartir les entrées d'air neuf et assurer un balayage homogène des zones élémentaires. Si le nombre d'entrées d'air placées en un même lieu est insatisfaisant (par exemple en raison de leur encombrement ou de leur poids), il est judicieux de choisir un modèle d'EACM de capacité différente et répartir de l'étape n° 9 pour cette zone élémentaire.

La numérotation de chaque EACM facilite le repérage et le contrôle du bilan aérodynamique sur chantier.

Les zones élémentaires, dans lesquelles il n'est pas possible d'amener l'air neuf de compensation par des EACM classiques ou bien celles comportant des zones mortes, seront ventilées au moyen d'entrées d'air munies de conduites souples, sous réserve de connaître leurs caractéristiques aérodynamiques.



Nombre d'entrées d'air de compensation par zone élémentaire :

Zone 1 : $2\,041 / 410 = 4,98$ arrondi à 5 (n° 1, n° 2, n° 3, n° 4, n° 5)

Zone 2 : $1\,890 / 410 = 4,61$ arrondi à 5 (n° 6, n° 7, n° 8, n° 9, n° 10)

Zone 3 : $675 / 410 = 1,65$ arrondi à 2 (n° 11, n° 12)

Figure I • Calcul du nombre d'EACM par zone élémentaire ; répartition et repérage de ces entrées d'air sur le plan

En cas d'installation d'épurateur d'air ou de propulseur d'air au niveau de zones mortes et inaccessibles, les volumes d'air épurés ne peuvent pas être considérés comme des apports d'air neuf dans le cadre du bilan aérodynamique prévisionnel. Ils fonctionnent en « recycleurs d'air » et les volumes d'air qu'ils mettent en jeu ne seront pas pris en compte dans les étapes suivantes. De plus, il est indispensable de s'assurer, par une analyse de risques particulière, que l'utilisation de ces recycleurs ne risque pas de mettre en surpression une partie de la zone confinée et de favoriser ainsi l'émission de fibres vers l'extérieur. Leur emplacement et leur orientation devront être déterminés avec soin.

Étape 11 – Calculer le débit total des apports d'air pris en compte dans le calcul du taux moyen de renouvellement à la dépression réglementaire et à la dépression choisie par l'entreprise (fig. J)

L'installation de décontamination du personnel, l'installation de décontamination des déchets, et les EACM

constituent les apports d'air pris en compte dans le calcul du taux de renouvellement.

Le débit total de ces entrées d'air est la somme des débits :

- de l'installation de décontamination du personnel,
- de l'installation de décontamination des déchets,
- des EACM.

Étape 12 - Estimer le taux de fuite du confinement. En déduire le débit d'air entrant par les fuites dans le confinement lorsqu'il est soumis à la dépression choisie (fig. K)

Attention ! À cette étape, les calculs s'effectuent à partir de la dépression choisie par l'entreprise.

Le confinement statique n'est jamais totalement étanche. Il existe toujours des fuites dont l'importance dépend du volume du local, de la perméabilité à l'air de la structure, de la capacité de l'entreprise à construire un confinement de qualité, etc.

Ces fuites constituent des entrées d'air parasites « non maîtrisées ».

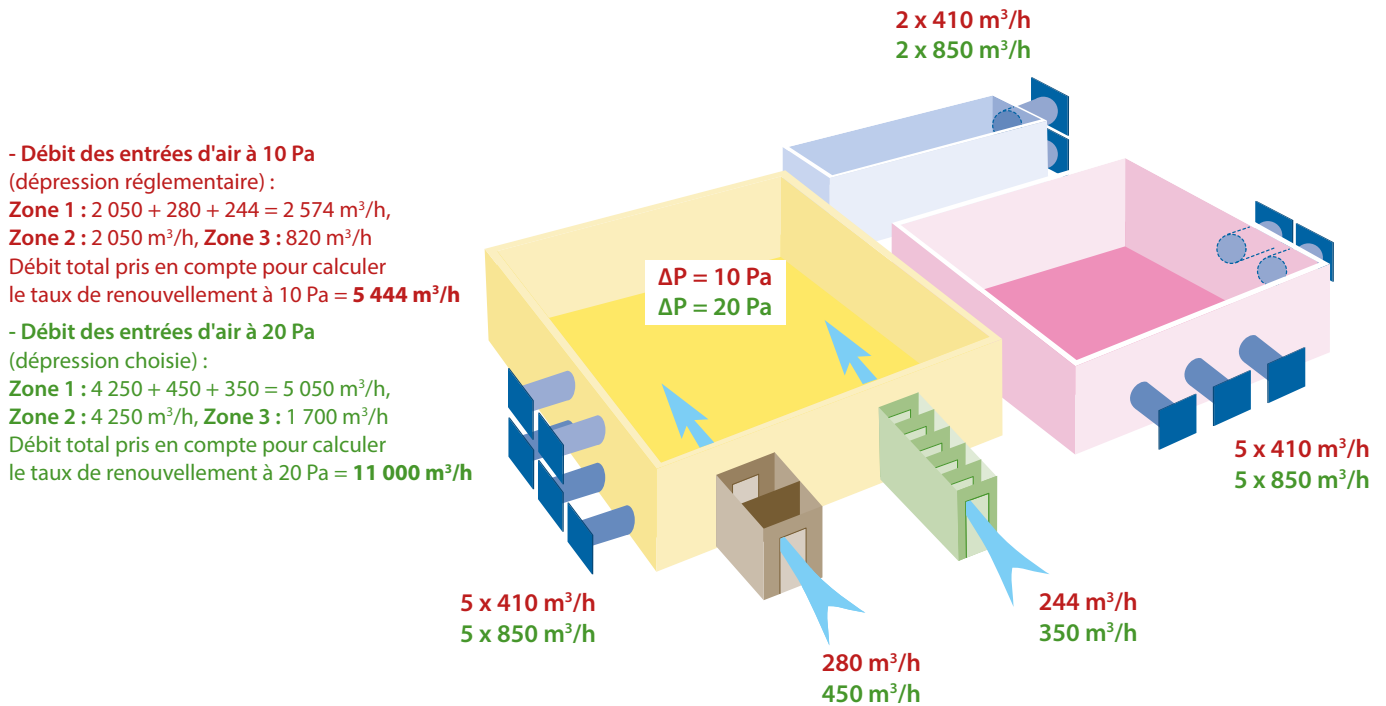
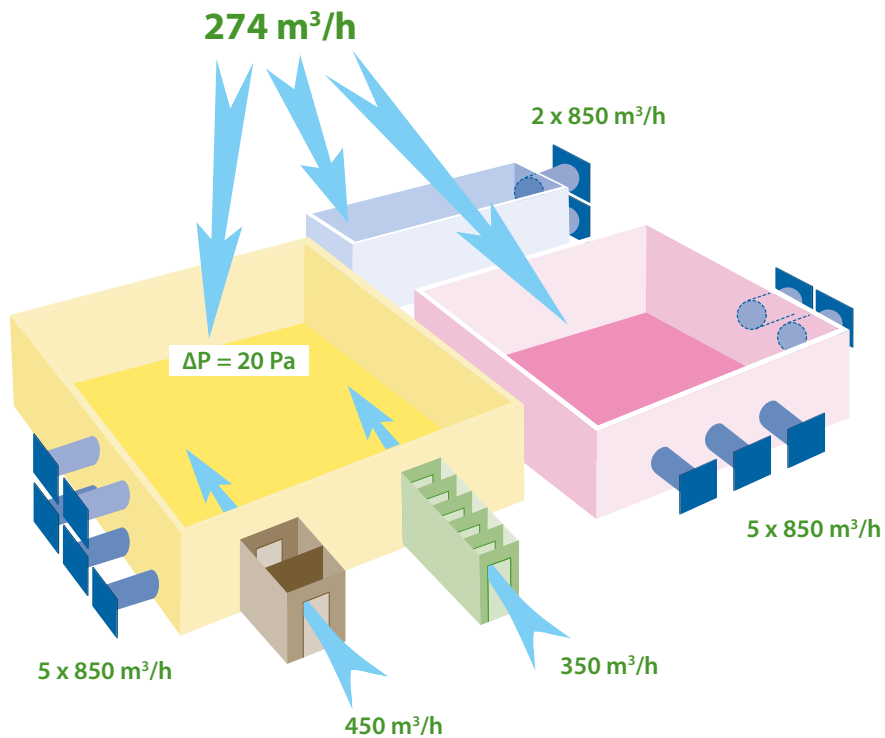


Figure J • Calcul du débit total des apports d'air pris en compte dans le calcul du taux moyen de renouvellement



- Confinement classé en type I (*)
- Volume de la zone confinée : 342 m^3
- Taux de fuite d'air vers l'intérieur du confinement : $0,8 \text{ h}^{-1}$ (*)
- Débit total des fuites : $0,8 \times 342 = 274 \text{ m}^3/\text{h}$

(*) Valeurs établies par l'entreprise selon les indications de la fiche 2 « Étanchéité d'un confinement » en annexe.

Figure K • Estimation du taux de fuite du confinement, déduction du débit d'air entrant par les fuites dans le confinement

Le taux de fuite d'un confinement est estimé par retour d'expérience de chaque entreprise. La fiche 2 en annexe propose une méthode d'estimation du taux de fuite en l'absence de retour d'expérience.

Le débit d'air entrant par les fuites est calculé en tenant compte du volume de la zone confinée.

La localisation des fuites étant a priori impossible, les débits d'air entrant par les fuites ne seront jamais pris en compte pour le calcul du taux minimal de renouvellement d'air neuf à garantir.

Remarque

Si la dépression choisie par l'entreprise est différente de 20 Pa, on pourra estimer le débit d'air entrant par les fuites à partir de la relation suivante :

- Débit de fuite à X Pa = $(\text{débit de fuite à 20 Pa}) / \sqrt{\frac{20}{X}}$

Pour l'exemple ci-dessus ramené à 15 Pa :

- Débit de fuite à 15 Pa =

$$274 / \sqrt{\frac{20}{15}} = 237 \text{ m}^3/\text{h}$$

Étape 13 - Calculer le débit d'air à extraire en permanence (fig. L)

Attention ! À cette étape, les calculs s'effectuent à partir de la dépression choisie par l'entreprise.

Dans la zone confinée, le débit d'air extrait est équivalent aux débits d'air entrant. C'est l'application du principe de la compensation de l'air en ventilation.

Aussi, le bilan aéraulique d'un chantier d'amiante est établi, à la dépression choisie par l'entreprise, sur la base de l'égalité suivante :

Somme des débits d'air à extraire

=

Somme des débits d'air neuf entrant par les installations de décontamination et les EACM (valeur en vert à l'étape 11)

+

Somme des débits d'air entrant par les fuites du confinement (étape 12)

Étape 14 - Choisir le nombre d'extracteurs permettant d'extraire en permanence le débit d'air. Calculer la capacité minimale totale des extracteurs (appareils de secours non compris). Calculer la capacité maximale totale des extracteurs (appareil de secours compris, s'il fonctionne en permanence)

(fig. M)

Attention ! À cette étape, les calculs s'effectuent à partir de la dépression choisie par l'entreprise.

L'objectif de cette étape est de choisir un ensemble d'extracteurs de façon à pouvoir extraire en permanence le débit défini à l'étape n° 13, quel que soit l'état d'encrassement des filtres et même en cas d'arrêt d'un des extracteurs.

Pour atteindre cet objectif, il faut tenir compte de l'ensemble des éléments suivants :

- la capacité prise en compte pour un extracteur correspond au débit minimal que celui-ci peut extraire lorsqu'il est soumis à des pertes de charges maximales : encrassement maximal des filtres et longueur de gaine au refoulement (et à l'aspiration, le cas échéant), refoulement à proximité d'une paroi ;
- le débit d'air maximal d'un appareil est celui qui peut être extrait lorsque l'appareil est équipé de filtres neufs ;
- le nombre d'extracteurs devra être le plus grand possible ;
- la capacité de l'extracteur de secours sera au moins égale à celle de l'extracteur de la plus forte capacité ;
- il est fortement conseillé de faire fonctionner en permanence l'extracteur installé pour le secours.

Les extracteurs d'air doivent être composés d'un seul moto-ventilateur et être à vitesse de rotation du moto-ventilateur fixe.

Des extracteurs à vitesse de rotation variable peuvent être utilisés uniquement si la vitesse de rotation est asservie à la perte de charge maximum acceptée par les filtres. Dans ce cas,

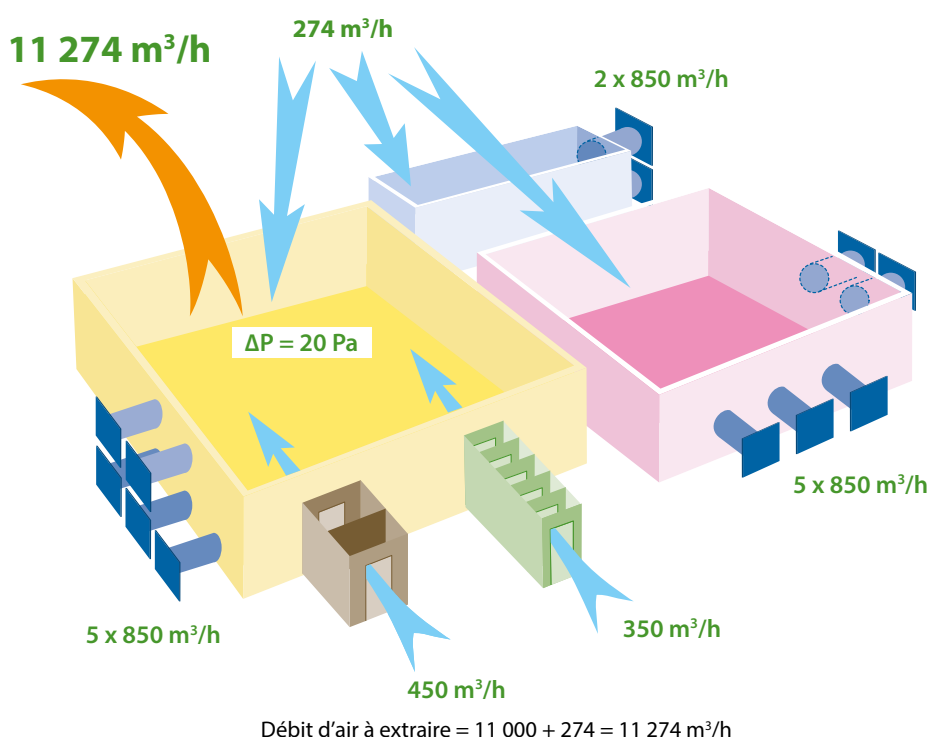


Figure L • Calcul du débit d'air à extraire en permanence

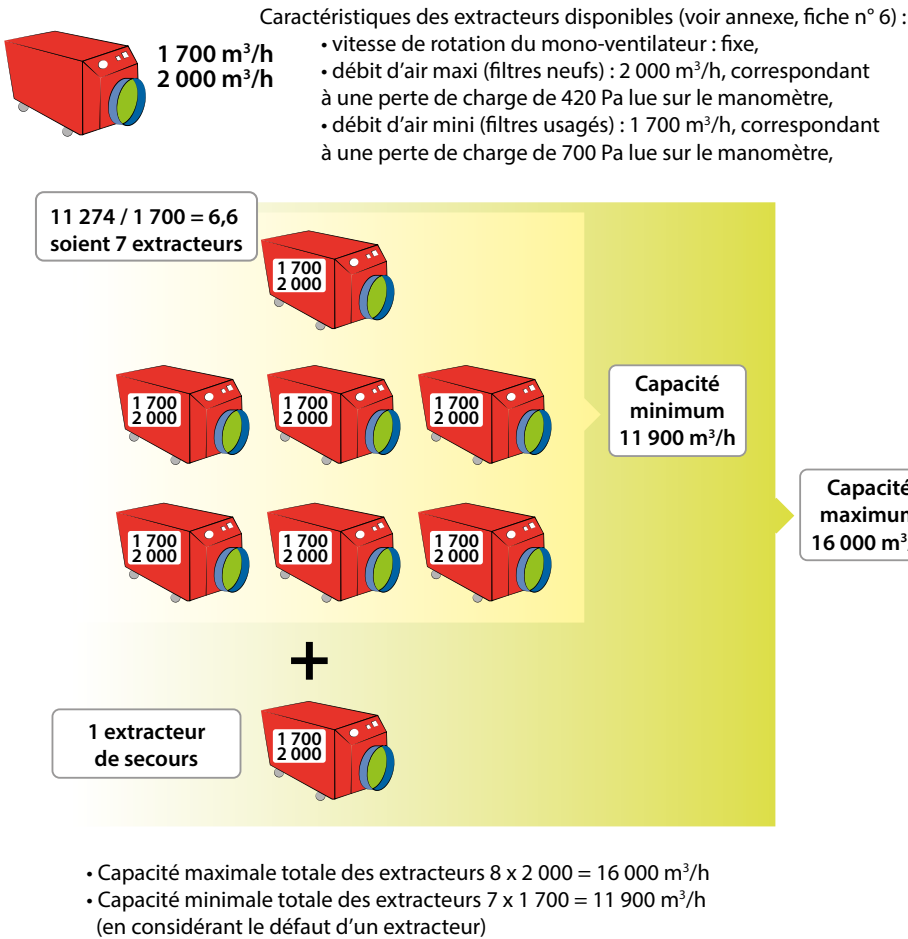


Figure M • Caractéristiques des extracteurs ; choix de leur nombre ; calcul des capacités minimale et maximale totales. L'extracteur de secours fonctionne en permanence

le fabricant fournira les abaques pour déterminer la plage des débits maximums lorsque les filtres sont neufs et lorsqu'ils sont encrassés.

Le nombre d'extracteurs est déterminé en divisant le débit total à extraire lorsque le confinement est soumis à la dépression choisie (dans cet exemple

20 Pa) par la capacité minimale de l'extracteur, sous réserve que tous les extracteurs soient de même capacité.

Si les capacités des extracteurs sont différentes, il faudra retrancher du débit total à extraire la capacité minimale de chaque extracteur, pour connaître les extracteurs nécessaires par type de capacité.

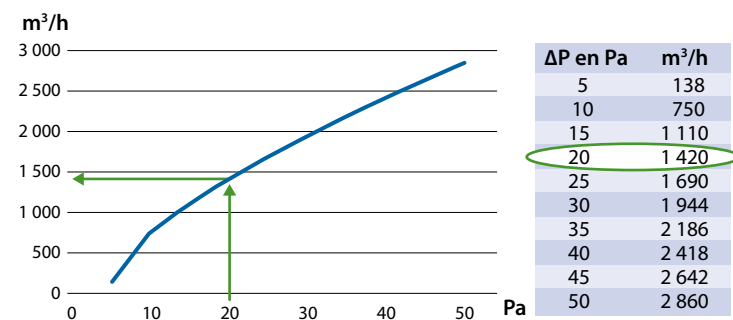


Figure N • Exemple d'abaque d'une EAR

Étape 15 – Évaluer les besoins en entrées d'air de réglage (EAR) (fig. N)

Attention ! À cette étape, les calculs s'effectuent à partir de la dépression choisie par l'entreprise.

L'utilisation d'extracteurs équipés de moto-ventilateurs à vitesse de rotation fixe rend nécessaire l'installation d'entrées d'air de réglage. Le réglage de la dépression du confinement est obtenu en ajustant la position du clapet des EAR (voir annexe, fiche 5).

Pour évaluer les besoins en EAR, il faut prendre en compte la différence entre la capacité maximale totale de tous les extracteurs (y compris le secours s'il fonctionne en permanence) et le débit d'air à extraire en permanence (voir étape 13). Ce débit excédentaire au démarrage du chantier pénétrera dans la zone confinée par une ou plusieurs entrées d'air de réglage. Le nombre d'EAR est calculé à partir du débit unitaire d'une entrée, puis arrondi à l'entier inférieur.

Ainsi, les entrées d'air de réglage sont dédiées à la maîtrise aéraulique du confinement.

Pour la dépression choisie, le débit maximal d'une entrée d'air de réglage doit être connu par les entreprises à l'aide des abaques fournis par les fabricants ou établis par retour d'expérience.

Dans l'exemple, le nombre d'EAR déterminé selon l'abaque de la figure N est :

- débit excédentaire : 16 000 – 11 274 = 4 726 m³/h,
- nombre d'EAR : 4 726/1 420 = 3,33 arrondi à 3.

Des variations de dépressions tolérables pour la résistance du confinement, autour de la dépression choisie, peuvent conduire à limiter le nombre d'EAR à installer. En conséquence, 3 EAR suffiront.

Au démarrage du chantier, la valeur de la dépression choisie à l'étape 5 est réglée en modifiant l'ouverture des dispositifs de réglage d'une ou de plusieurs EAR. En cas de sous-estimation du taux de fuite réel du confinement,

il sera éventuellement impossible d'atteindre la dépression fixée. Il sera alors nécessaire :

- 1°) de fermer les EAR,
- 2°) de rajouter une capacité supplémentaire d'extraction.

En cours de chantier, la valeur de la dépression est maintenue autour de la valeur choisie en ajustant les positions de réglage des EAR.

Dans le cas d'utilisation d'extracteurs équipés de moto-ventilateurs à vitesse de rotation variable, la capacité maximale totale des extracteurs peut être ajustée au débit d'air à extraire en permanence. La dépression est obtenue simplement en ajustant manuellement ou automatiquement les vitesses de rotation.

Étape 16 – Compléter le plan initial (fig. O)

Il s'agit de :

- s'assurer de la cohérence des choix en fonction des contraintes liées aux locaux à traiter ;
- compléter le plan initial en indiquant l'ensemble des flux d'air prévus et en repérant les matériels à installer :
 - les installations de décontamination, selon les positions définies à l'étape 2,
 - les EACM selon les zones élémentaires, définies aux étapes 3 et 10,
 - les extracteurs, selon les positions définies à l'étape 2,
 - les EAR, toutes ensemble de préférence et dans un endroit accessible par le gardien de sas où l'affichage de la dépression du confinement est visible.

Ce plan sera joint au plan de retrait ou au mode opératoire. Il constitue, en complément de la liste du matériel réparti par zone élémentaire, le bilan aéraulique prévisionnel. L'encadrement de chantier doit se référer au plan pour implanter l'ensemble des équipements nécessaires à la réalisation du confinement dynamique de la zone de travail. Toute modification apportée sur chantier doit être approuvée par l'encadrement technique et faire l'objet d'une mise à jour immédiate du document initial.

Le tableau II ci-dessous montre la vérification du taux de renouvellement, recalculé pour la dépression réglementaire et pour la dépression choisie par l'entreprise.

TABLEAU II

Dépressions en Pa (objectif : minimum 10)	Taux de renouvellement en vol/h (objectif : minimum 15)
Réglementaire : 10	5 444 / 342 ≈ 16
Choisie par l'entreprise : 20	11 000 / 342 ≈ 32

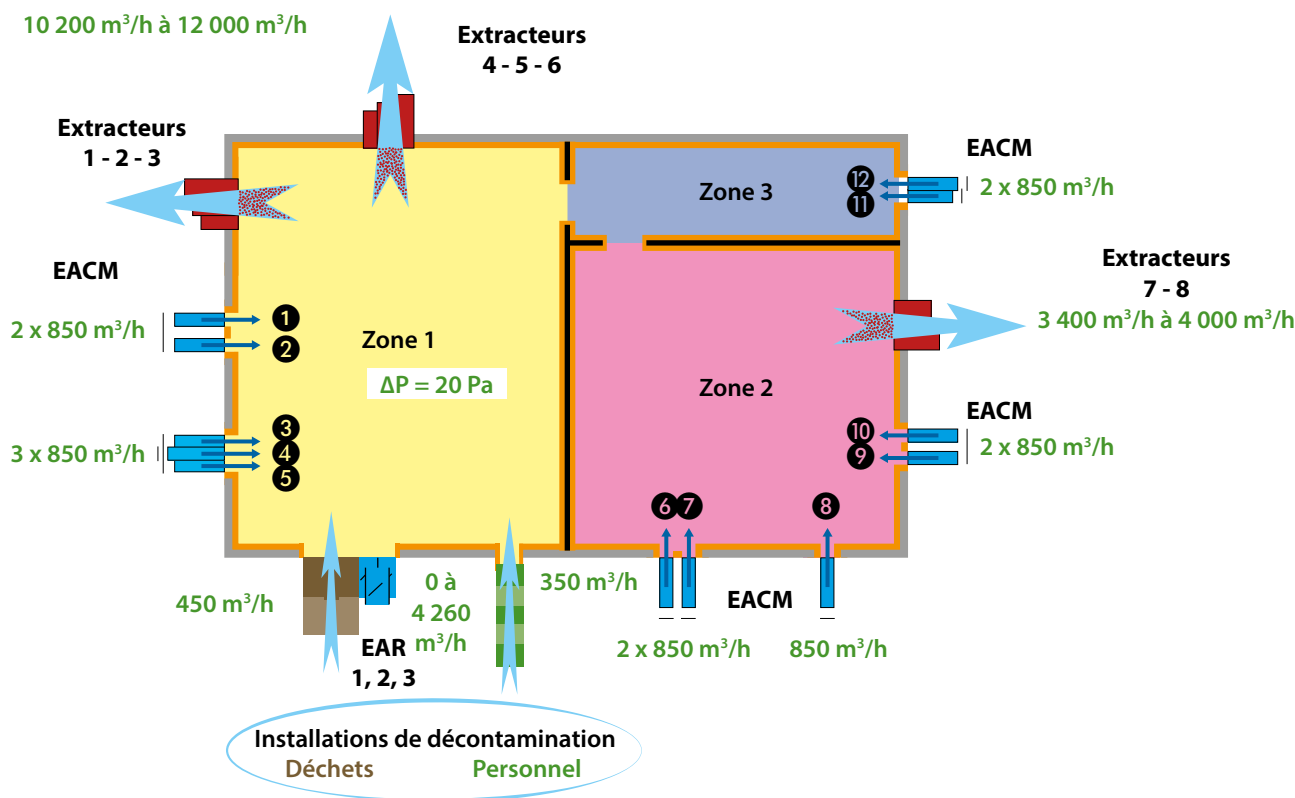


Figure O • Plan final prévisionnel à la dépression choisie

TABLEAU III

TABLEAU RÉCAPITULATIF DU MATÉRIEL INSTALLÉ PAR ZONE ÉLÉMENTAIRE ET RÉSULTAT PRÉVISIONNEL
DES TAUX MOYENS DE RENOUVELLEMENT D'AIR AUX DÉPRESSIONS RÉGLEMENTAIRE (**ROUGE**) ET CHOISIE (**VERT**)

Ensemble de la zone confinée		
Volume total de la zone en m ³	342	
Dépression dans la zone par rapport à la zone d'approche en Pa	10	20
Taux de renouvellement moyen en vol/h	15,9	32,2

Détail par zone élémentaire (Ze)		
Zone 1		
Volume en m ³	171	
Taux de renouvellement Ze 1 en vol/h	15,1	29,5
Apport d'air, en m ³ /h, par :		
Installation de décontamination du personnel	244	350
Installation de décontamination des déchets	280	450
EACM1		
EACM2		
EACM3	2 050	4 250
EACM4		
EACM5		
Entrées d'air de réglage	Débit variable en m ³ /h	
EAR1		
EAR2	0 à 4 260	
EAR3		
Extraction d'air, en m ³ /h, par :		
Extracteur 1		
Extracteur 2		
Extracteur 3	compris entre	
Extracteur 4	10 200 et 12 000	
Extracteur 5		
Extracteur 6		

Zone 2		
Volume en m ³	126	
Taux de renouvellement Ze 2 en vol/h	16,3	33,7
Apport d'air, en m ³ /h, par :		
EACM6		
EACM7		
EACM8	2 050	4 250
EACM9		
EACM10		
Extraction d'air, en m ³ /h, par :		
Extracteur 7	compris entre	
Extracteur 8	3 400 et 4 000	

Zone 3		
Volume en m ³	45	
Taux de renouvellement Ze 3 en vol/h	18,2	37,8
Apport d'air, en m ³ /h, par :		
EACM11	820	1 700
EACM12		

3. La vérification du bilan aéralique prévisionnel sur chantier

A – Vérification du bilan aéralique prévisionnel sur chantier

Les entreprises doivent vérifier le bilan aéralique prévisionnel sur chantier avant le démarrage des travaux.

Le bilan de la vérification sera conservé sur le chantier. La vérification consiste à :

- vérifier que la valeur affichée sur le contrôleur de dépression est conforme à la dépression fixée par l'entreprise. Un écart en plus ou en moins par rapport à cette valeur est acceptable sous réserve de rester au-dessus de la valeur réglementaire (10 Pa) et en dessous d'une valeur haute que l'entreprise peut déterminer par retour d'expérience, afin de ne pas détériorer la structure du confinement ;
- vérifier que le nombre, l'emplacement, les caractéristiques des EACM, EAR, installations de décontamination et extracteurs sont conformes au bilan aéralique prévisionnel ;
- vérifier que tous les équipements de l'installation de ventilation sont installés conformément aux préconisations du fabricant et qu'ils sont en bon état de fonctionnement ;
- vérifier que les EAR ne sont pas toutes ouvertes ni toutes fermées. Dans le cas contraire, il existe un écart entre le bilan aéralique prévisionnel et le bilan aéralique du chantier. La cause de cet écart devra être recherchée ;
- vérifier que la fonction « secours » entre les extracteurs est bien assurée en arrêtant l'extracteur de capacité la plus importante et en s'assurant que la dépression reste supérieure à la valeur réglementaire de 10 Pa. Si besoin, les apports d'air des EAR peuvent être réduits ;
- vérifier que la valeur de la dépression dans le compartiment n° 3 de l'installation de décontamination du personnel est conforme à celle donnée

par le fabricant à la dépression choisie (voir annexe, fiche 3) ;

- vérifier à l'aide d'un anémomètre qu'il n'y a pas de valeur de vitesse de l'air inférieure à 0,5 m/s dans la barrière dynamique de l'installation de décontamination des déchets ;
- vérifier dans chaque zone élémentaire que l'apport d'air neuf est réparti de manière la plus homogène possible (détection de zones mortes) en procédant à un test de fumée.

L'ensemble de ces vérifications permet de s'assurer que le taux moyen de renouvellement d'air dans la zone est celui prévu dans le bilan aéralique prévisionnel.

Dans son programme de contrôles, l'entreprise assure le maintien des conditions aéraliques du chantier, notamment le taux moyen de renouvellement d'air, et détermine la périodicité de :

- la vérification de la dépression dans le compartiment n° 3 de l'installation de décontamination du personnel,
- la vérification visuelle de l'état du matériel,
- la vérification du fonctionnement des extracteurs dans leur plage de fonctionnement (manomètre indicateur d'encrassement des filtres).

La dépression dans le confinement est enregistrée en permanence. Tant que la dépression est supérieure à la valeur réglementaire de 10 Pa, le taux moyen de renouvellement d'air est assuré.

L'entreprise consigne les résultats dans un registre et tient à jour le système documentaire lié au suivi du chantier.

B – Retour d'expérience des entreprises

Si l'entreprise souhaite enrichir son retour d'expérience sur la qualité de la réalisation de ses confinements et la justesse de ses bilans aéraliques prévisionnels, elle peut exploiter ses

résultats de vérifications sur chantier et réaliser des mesures complémentaires comme :

- mesurer les débits d'air extraits par les extracteurs et noter les pertes de charges indiquées sur chaque manomètre,
- mesurer les débits d'air entrants par les EAR,
- mesurer les dépressions auxquelles sont soumises les EACM pour en déduire les débits correspondants.

L'ensemble de ces renseignements permet d'en déduire le taux de fuite du confinement, et de réutiliser cette valeur pour les chantiers ultérieurs de même type.

Pour réaliser les mesures complémentaires, l'entreprise pourra utiliser les appareils de mesure présentés en fiche 7 de l'annexe.

Fiches techniques

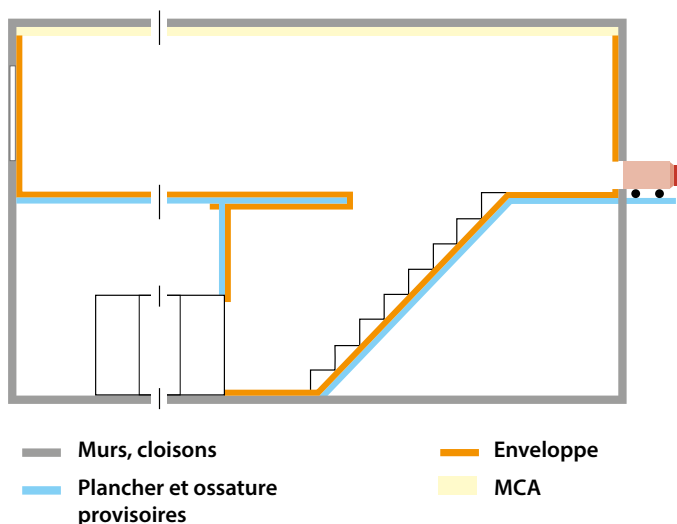
caractéristiques des matériels, équipements et appareils de mesure

Fiche technique 1	Confinement	22
Fiche technique 2	Étanchéité du confinement : fuites	24
Fiche technique 3	Installation de décontamination du personnel	27
Fiche technique 4	Installation de décontamination des déchets	32
Fiche technique 5	Entrées d'air de compensation maîtrisées (EACM) et entrées d'air de réglage (EAR)	36
Fiche technique 6	Extracteurs	45
Fiche technique 7	Mesures et instrumentation	49

- ② → Il est nécessaire de réduire les dimensions de la zone à confiner par rapport à celles des locaux :
- soit en diminuant la surface au sol en créant, par exemple, une ou plusieurs cloisons provisoires servant de support à l'enveloppe du confinement ;



- soit en diminuant la hauteur pour améliorer les conditions de travail, en créant par exemple, un plancher intermédiaire :



3. Confinement dynamique

La mise en dépression du confinement statique crée un confinement dynamique.

Des extracteurs maintiennent le confinement en dépression. En prélevant l'air du confinement, ils pro-

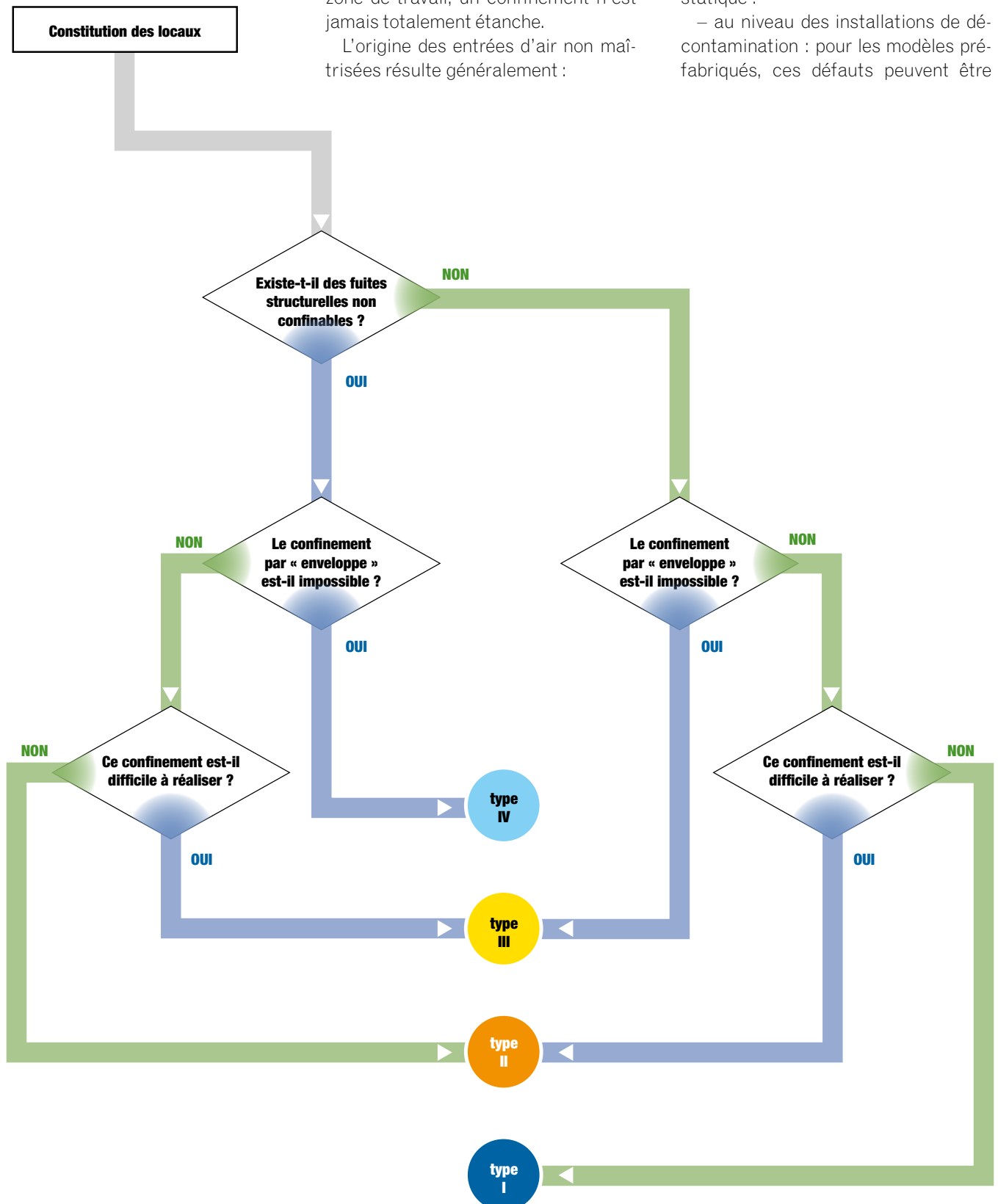
voquent des arrivées d'air extérieur (air neuf) par les installations de décontamination, les entrées d'air de compensation maîtrisées, les fuites du confinement statique et éventuellement les entrées d'air de réglage. Les extracteurs ont aussi pour rôle de filtrer l'air avant de le rejeter à l'extérieur.

Fiche technique 2

Étanchéité du confinement : fuites

Malgré le soin apporté par les opérateurs pour calfeutrer et confiner la zone de travail, un confinement n'est jamais totalement étanche.
L'origine des entrées d'air non maîtrisées résulte généralement :

- Des défauts d'étanchéité d'un ou plusieurs éléments du confinement statique :
 - au niveau des installations de décontamination : pour les modèles préfabriqués, ces défauts peuvent être



Recherche du type de confinement

atténués par la pose de ruban adhésif au niveau de chaque jonction entre panneaux ;

– au niveau de l'enveloppe : il subsiste, même dans les cas où la pose des lés en matière plastique n'est pas difficile, des microfuites dues principalement à des défauts d'étanchéité du ruban adhésif sur les supports.

Par contre, lorsque la réalisation de l'enveloppe est difficile, notamment dans les locaux comportant de nombreux équipements situés en périphérie du confinement ou traversant le confinement, les défauts d'étanchéité deviennent plus fréquents et l'étanchéité globale du confinement statique devient plus aléatoire.

- Des fuites structurelles non confinables :

– il peut s'agir de fuites structurelles provenant de la porosité ou de la perméabilité des éléments de structure supportant les MCA. C'est le cas, par exemple, de flocages projetés sur des plaques de fibrociment ou sur des tôles type « bacs acier » servant d'éléments de couverture ou de bardage. Il peut également s'agir de fuites structurelles au niveau des joints de dilatation situés entre deux structures en béton, dont l'une au moins est recouverte d'un flocage ;

– il peut s'agir également d'éléments de structure qui ne sont pas facilement accessibles lors de la préparation des travaux.

Ces fuites ne sont pas confinables par l'intérieur de la zone de travail, en raison de la présence du MCA à retirer et il n'est pas toujours possible ou judicieux de confiner la zone de travail par l'extérieur de celle-ci.

Dans tous les cas, il est indispensable de pouvoir estimer les flux d'air pénétrant par ces entrées d'air parasites, de façon à dimensionner la capacité des extracteurs. Cette estimation est basée sur les notions :

- de taux de fuite d'un confinement,
- de débit d'air entrant par les fuites.

1. Taux de fuite d'un confinement

Le taux de fuite d'un volume confiné est le nombre de renouvellement par heure de l'atmosphère de ce volume, occasionné par l'apport d'air neuf entrant par les fuites.

Ce taux de fuite dépend de la dépression régnant dans le confinement.

Dans la méthode proposée par cette fiche, le taux de fuite est estimé en fonction des trois critères d'étanchéité suivants :

- la présence de fuites structurelles non confinables dans la zone de travail,
- l'impossibilité de mettre en place les films en matière plastique (enveloppe),
- la difficulté pour réaliser l'enveloppe du confinement statique.

Le logigramme ci-contre permet de classer les confinements en quatre types pour lesquels il existe un retour d'expérience sur le taux de fuite.

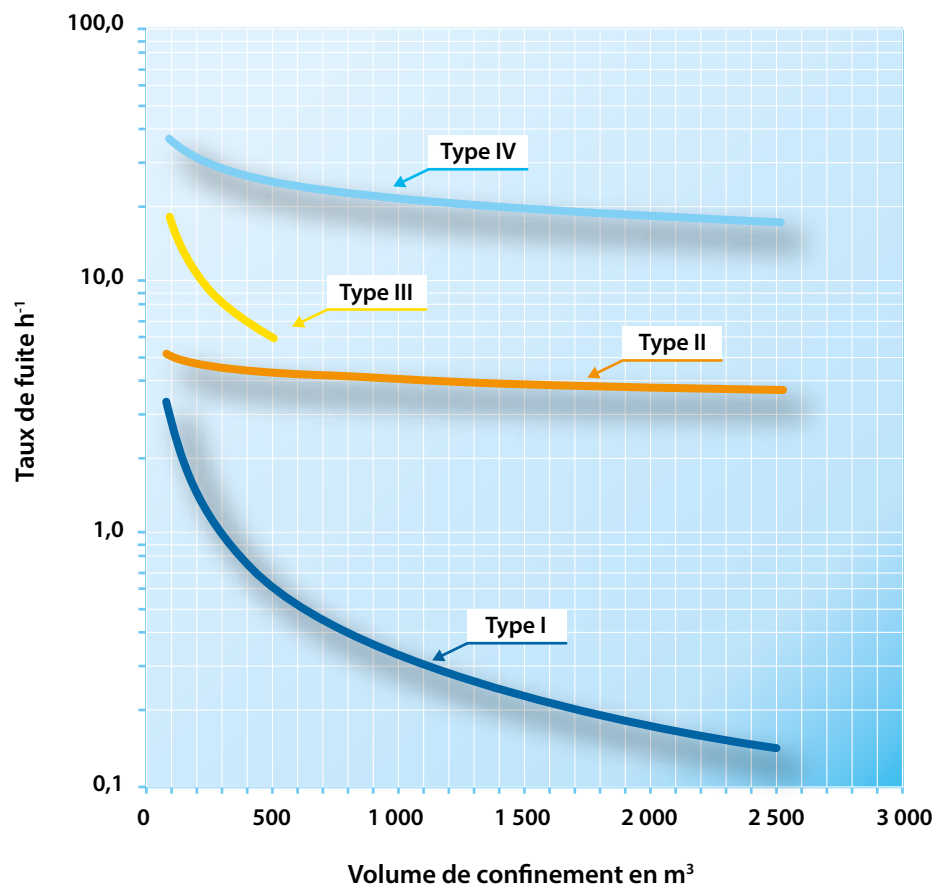
L'abaque ci-dessous, établi à partir de mesures réalisées sur divers chantiers, permet ensuite d'estimer le taux de fuite d'un confinement en fonction de son volume et de son type.

Par exemple : un confinement de type I de 342 m³ de volume présente un taux de fuite de 0,8 h⁻¹ pour une dépression de 20 Pa.

Cas des confinements de type IV

La mise en dépression de confinements de type IV de grands volumes a permis d'établir le graphique ci-dessous.

L'examen de celui-ci montre que le

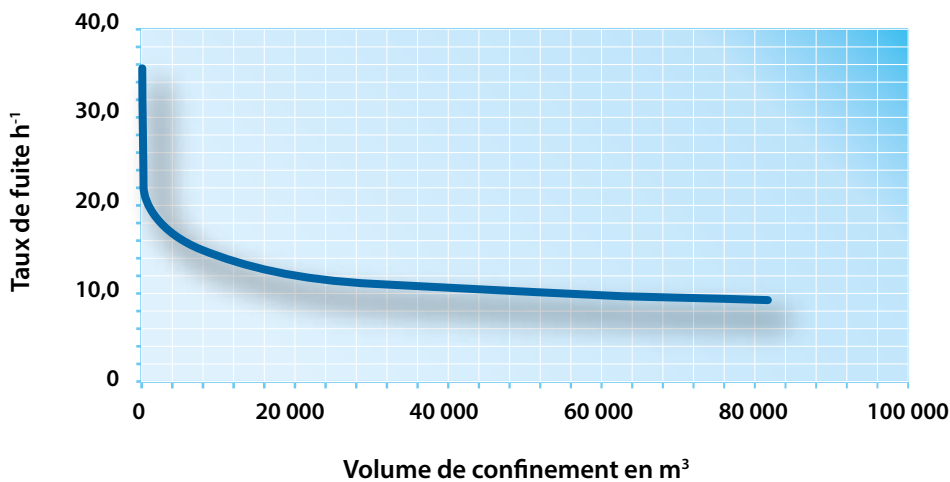


Taux de fuite d'un confinement (pour une dépression de 20 Pa)

taux de fuite peut être supérieur au taux de renouvellement en air neuf généralement mis en œuvre.

→ En conséquence, si l'on est certain que les entrées d'air non maîtrisées sont réparties de façon homo-

gène dans la zone confinée, on pourra admettre que les entrées d'air neuf maîtrisées seront uniquement amenées par les installations de décontamination.



Cas des confinements de type IV

2. Débit d'air entrant par les fuites

La relation entre le taux de fuite τ , le débit d'air entrant par les fuites q et le volume V de la zone confinée est la suivante : $\tau = q/V$ ou $q = \tau \cdot V$ (τ en h^{-1} , V en m^3 et q en m^3/h).

Par exemple :

- Pour un débit d'air de $100 \text{ m}^3/h$ entrant par les fuites dans une zone confinée de $1\,000 \text{ m}^3$ de volume, sous une dépression de 20 Pa , le taux de fuite est de :

$$\tau = 100 / 1\,000 = 0,1 \text{ h}^{-1} ;$$

- Pour un confinement de type II de $1\,600 \text{ m}^3$ de volume qui présente un taux de fuite de 4 h^{-1} , sous une dépression de 20 Pa , le débit d'air entrant par les fuites est de :

$$q = 4 \times 1\,600 = 6\,400 \text{ m}^3/h.$$

Fiche technique 3

Installation de décontamination du personnel

Attention !

Les éléments décrits dans cette fiche s'appliquent aux opérateurs équipés de combinaisons à usage unique de type 5. Les installations de décontamination pour les opérateurs équipés de tenues ventilées ne sont pas décrites dans ce document, elles devront être adaptées en dimension ainsi qu'au niveau des points d'arrosage dans les douches.

L'installation de décontamination du personnel est l'accès unique à la zone contaminée. Elle permet la décontamination du personnel sortant de la zone polluée par les deux actions combinées :

- de l'eau des douches de décontamination et d'hygiène,
- de l'enlèvement des équipements de protection individuelle.

Ces actions sont réalisées dans le flux d'air généré par la dépression du confinement et transitant dans chaque compartiment de la zone d'approche vers la zone confinée.

L'installation comprend généralement 5 compartiments (donc 6 portes). Les dimensions des compartiments doivent donner un espace suffisant aux utilisateurs pour se décontaminer en respectant les procédures. Pour le confort des utilisateurs, il est conseillé d'utiliser des installations de décontamination aux dimensions les plus larges possible. Cependant, un compromis entre les exigences aérodynamiques et les contraintes du chantier conduit souvent les entreprises à utiliser des installations de décontamination dont les compartiments ont des dimensions de 1 m de largeur, 1 m de longueur et 2 m de hauteur. Des compartiments trop exigus ne permettront pas l'assurance d'une bonne décontamination.

L'opérateur se déplace au travers de cette succession de compartiments. Chaque compartiment ayant des fonctions précises et complémentaires :

- le compartiment « sale », qui permet une transition entre la zone confinée et la douche de décontamination. Ce compartiment est généralement réservé au dépoussiérage préalable des combinaisons, par utilisation d'un flexible d'aspirateur relié à un aspira-

teur muni d'un filtre à très haute efficacité ;

- la douche de décontamination, elle permet le mouillage des combinaisons avec un double objectif : entraîner des fibres encore présentes sur la combinaison et les éliminer dans l'eau, fixer les fibres éventuellement résiduelles permettant d'éviter leur dispersion dans l'air lors du déshabillage ;
- le compartiment intermédiaire, réservé au déshabillage ;
- la douche d'hygiène, dans laquelle le masque de protection respiratoire est retiré, la cartouche est jetée et le masque est lavé ;
- le compartiment propre qui assure la transition vers la zone propre et préserve l'intimité des opérateurs.

Nota

Une aire de pré-décontamination peut être aménagée dans la zone confinée, à proximité directe du compartiment « sale », mais elle n'influence pas l'aérodynamique dans l'installation de décontamination.

L'assemblage des éléments préfabriqués doit être fait avec une étanchéité parfaite entre chaque jointure, pour pouvoir maîtriser les flux d'air intérieurs.

Les séparations entre chaque compartiment se font par des portes munies d'oculus et de grilles de ventilation. Ces grilles permettent le transfert de l'air de la zone propre vers la zone confinée. Les ouvertures des portes sont dans le même sens en facilitant la sortie.

1. Principes de ventilation

Le flux à l'intérieur de l'installation de décontamination a pour effet :

- d'entraîner les fibres en suspension dans l'air ;

- d'assainir chaque compartiment l'un à la suite de l'autre.

Le flux d'air traversant l'installation arrive généralement de la zone d'approche. Pendant la saison froide, il est impératif de prévoir le réchauffement préalable de cet air pour le confort thermique de l'opérateur sous la douche afin qu'il puisse y rester le temps nécessaire à la décontamination, compris entre 3 et 5 minutes.

Positions des aérations les unes par rapport aux autres

Le flux d'air traversant les compartiments doit être optimisé pour assurer le meilleur assainissement possible. Pour cela, dans un compartiment considéré, la sortie de l'air sera **le plus éloigné possible** de son arrivée (alterner haut et bas). Par ailleurs, le flux d'air arrivant dans la douche d'hygiène doit se faire au niveau du visage de l'opérateur (donc en partie haute de la porte « côté propre »).

Nota

Se référer à l'article INRS, référencé ND 2185 (2003) «Aérodynamique des chantiers d'amiante. Étude et analyse des écoulements de ventilation par simulation numérique avec EOL3D, du sas d'accès du personnel ».

Pour maintenir l'équilibre aérodynamique du système, il est conseillé de ne pas ouvrir simultanément les deux portes d'un compartiment lors de l'entrée ou de la sortie des opérateurs.

La réglementation amiante exige que « ... Dans les installations de décontamination des travailleurs, le taux de renouvellement du volume de la douche est *a minima* de deux fois son volume par minute ».

Soit : $T_r > 120 \text{ fois/h}$ ou $T_r > 120 \text{ h}^{-1}$

Fiche technique 3

Installation de décontamination du personnel

Assemblage des compartiments les uns par rapport aux autres

• La configuration en ligne est la plus souvent adoptée (voir figure 1), mais d'autres configurations sont possibles, par exemple en L, en S, etc., avec des entrées ou sorties latérales (voir figure 2). Ces différents assemblages peuvent avoir une incidence sur le comportement aéraluque de l'installation.

Toutes les mesures aéraluques doivent être connues pour chaque configuration testée par le constructeur.

Les performances aéraluques sont déterminées sur un « modèle type » en usine pour chaque configuration testée

Choix du point de mesure

Le débit d'air se relève au travers de la grille d'aération située entre le compartiment propre et la douche d'hygiène. La douche d'hygiène doit avoir une dimension supérieure ou égale à la douche de décontamination. Généralement les dimensions des douches d'hygiène et de décontamination sont identiques, ce qui permet de prendre en référence le volume de la douche d'hygiène.

Le choix de ce point de mesure est le plus représentatif de l'aéraluque dans l'installation de décontamination. En effet, le débit d'air transitant dans la douche d'hygiène sera toujours inférieur au débit d'air transitant dans la douche de décontamination. Les fuites d'air possibles dans l'assemblage des parois de l'installation viennent augmenter légèrement le débit réel transitant dans la douche de décontamination.

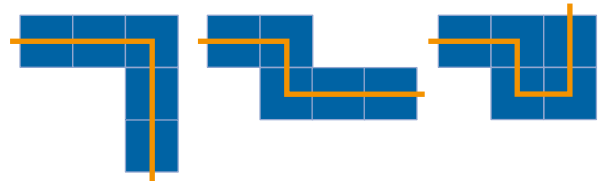
Les essais sont faits en faisant varier une dépression de 0 Pa à 50 Pa, appliquée entre l'entrée et la sortie de l'installation, soit l'amont de la porte n° 1 et l'aval de la porte n° 6 :

- toutes les portes sont fermées, les aérations de chaque porte sont propres et dégagées ;
- la porte n° 6 donnant accès à la

Figure 1. La configuration de base est l'assemblage en ligne



Figure 2 - Exemples de divers assemblages avec sorties ou entrées latérales



zone confinée sera équipée d'un système anti-retour générant le moins de perte de charge possible ;

- dans le compartiment propre, un cône de mesure est plaqué au droit de l'aération entre le compartiment propre et la douche d'hygiène soit la porte n° 2 (voir figure 3). La mesure de débit d'air prise à l'aide du cône sera utilisée pour calculer le taux de renouvellement réglementaire.

Plusieurs valeurs sont mesurées simultanément :

- Le débit mesuré à l'aide du cône :
 - débit $_{ep}$: 6 portes de l'installation sont fermées.
- Au moins 3 points de mesures de dépression :
 - P_0 en amont du compartiment propre (zone d'approche),
 - P_3 au niveau du compartiment intermédiaire,
 - P_6 au niveau de l'aval du compartiment Sale (zone confinée).
- Le taux de renouvellement est calculé en fonction du « débit $_{ep}$ » et du volume de la douche.

Les débits d'air transitant par l'installation peuvent être lus sur l'abaque de constructeur suivant la dépression P_0-P_6 existante dans le confinement.

Sur chantier, la concordance des dépressions, entre celle observée dans la zone confinée (P_0-P_6) et celle relevée ponctuellement dans le compartiment intermédiaire (P_0-P_3), apportera la preuve que l'installation fonctionne correctement.

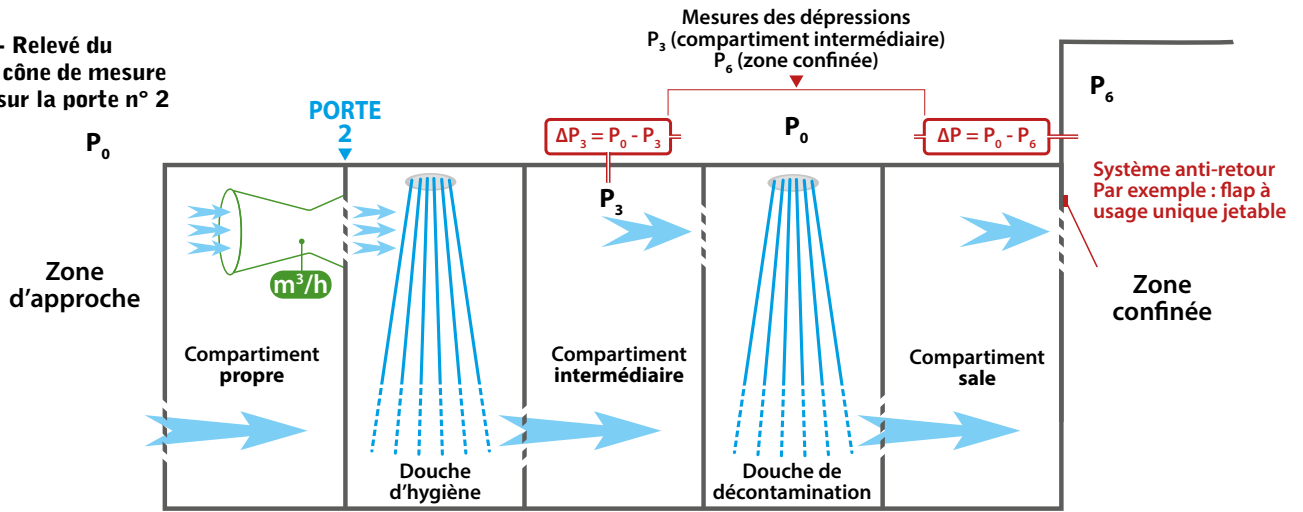
Le bilan aéraluque de l'installation avec le tableau et les courbes de fonctionnement correspondantes est fourni avec la notice :

- débit de l'installation en m^3/h en fonction de la dépression « P_0-P_6 »,
- taux de renouvellement en h^{-1} ou en $1/h$ en fonction de la dépression « P_0-P_6 »,
- dépression « P_0-P_3 » concordante avec la dépression « P_0-P_6 ».

Test du système anti-retour

L'installation de décontamination du personnel doit répondre aux exigences

Figure 3 - Relevé du débit par cône de mesure appliqué sur la porte n° 2



$\Delta P = P_0 - P_6$: différence de pression entre l'amont de la porte n° 1 et l'aval de la porte n° 6. Cette valeur est assimilée à la dépression d'un confinement existante entre la zone d'approche et la zone de travail.
 $\Delta P_3 = P_0 - P_3$: différence de pression entre l'amont de la porte n° 1 et l'intérieur du compartiment intermédiaire. Cette valeur doit servir de référence pour s'assurer qu'il n'y a pas de fuites liées à un défaut de matériel ou d'assemblage.

d'une entrée d'air maîtrisée en intégrant des dysfonctionnements possibles de la dépression existante dans le confinement. Toutes portes fermées, au plus près de la zone de travail, un système anti-retour doit permettre de bloquer une remontée de pollution (voir figure 3).

Une pression de 10 Pa entre la zone confinée et le compartiment n° 5 est appliquée (la porte n° 6 est fermée et le système anti-retour est en place).

À l'aide d'un tube fumigène, type Dräger®, un test de fumée est réalisé pour visualiser les fuites résiduelles au niveau du système anti-retour et des jointures de portes.

Le faible débit, permettant d'obtenir cette surpression, doit être mesuré et permettra d'apprécier l'efficacité de la fonctionnalité anti-retour. Pour effectuer ce relevé, le banc test proposé dans la fiche n° 5 de l'annexe « Entrées d'air de compensation » peut être facilement aménagé.

2. Caractéristiques d'une installation de décontamination

Les caractéristiques aérauliques des installations de décontamination sont établies :

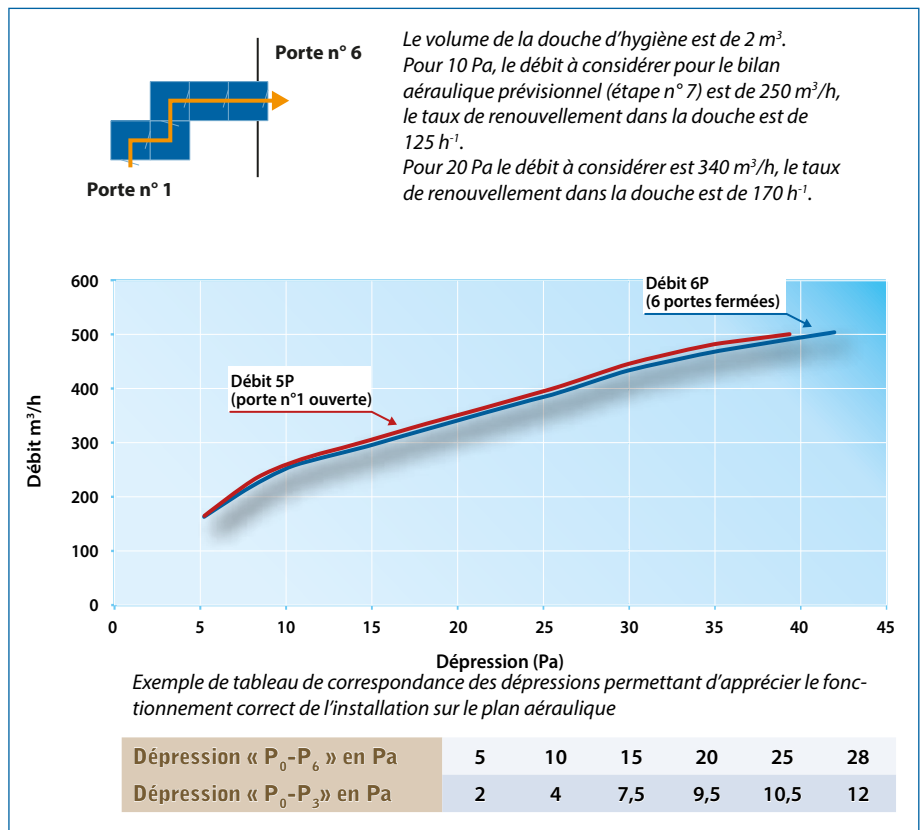


Figure 4 - Exemple de caractéristiques aérauliques d'une installation de décontamination du personnel selon une configuration donnée

- soit par les fournisseurs, qui précisent dans les fiches techniques les performances aérauliques des équipements qu'ils commercialisent ou louent ;
- soit par les entreprises, qui étudient elles-mêmes l'aéraulique des installations qu'elles utilisent sur les chantiers.
- Les courbes de fonctionnement

Fiche technique 3

Installation de décontamination du personnel

sont établies à partir des relevés effectués à l'aide du cône de mesure (*voir figure 4*), elles permettront :

- d'établir le bilan aéraulique prévisionnel d'un chantier,
- de s'assurer du montage correct de l'installation de décontamination en vérifiant la cohérence des dépressions obtenues en comparaison avec celle de la notice du fabricant,
- de contrôler en cours de chantier la valeur du taux de renouvellement réglementaire par simples mesures de dépression.

3. Éléments de conception des installations de décontamination

La plupart des installations de décontamination proposées par les constructeurs sont constituées d'éléments préfabriqués portables, dont la mise en œuvre est aussi aisée que possible.

Les systèmes à emboîtement sans visserie présentent des avantages au montage-démontage et à la décontamination.

Les grilles d'aérations incrustées ou plaquées, nécessaires pour assurer la ventilation des compartiments, doivent être conçues pour être facilement décontaminables et ne pas générer des retenues de poussières difficilement accessibles.

Compartiment « sale »

Un trou permet le passage d'un tuyau d'aspirateur dont le corps est placé à l'extérieur.

Un système permet d'accrocher le flexible entre deux utilisations.

L'équipement prévoit un miroir, des patères, un passage pour le tuyau d'adduction d'air.

Le sol est constitué d'un socle lisse, facilement nettoyable pour être maintenu propre et sec. Un caillebotis antidérapant relevable et amovible (ou système équivalent) permet à l'utilisateur de ne pas être en contact direct avec

le socle sur lequel de l'eau pourrait stagner.

Une partie d'un panneau (côté ou plafond) est translucide permettant un éclairage naturel ou artificiel depuis l'extérieur.

L'aération donnant sur la zone de travail est munie d'un dispositif anti-retour. Ceci peut être réalisé à l'aide d'un « flap » (ou dispositif équivalent) offrant le moins de perte charge possible.

Au repos, ou en cas de dépression inverse, ce dispositif obture parfaitement l'aération sur lequel il est installé. Il doit pouvoir être remplacé chaque fois que cela est nécessaire, de façon à maintenir sa fonctionnalité en état. Cet élément est impérativement fourni par le fabricant, en quantité suffisante, car il influence les performances aérauliques globales de l'installation.

Compartiment douche de décontamination

Une douchette flexible est installée sur un point fixe ou une réglette.

Un mitigeur apporte de l'eau à un débit d'au moins 10 litres/minute (avec une température d'eau réglable jusqu'à environ 37 °C).

Le sol est constitué d'un bac de récupération avec un sol en pente permettant la convergence de l'eau vers un seul point bas. Ce point bas est équipé d'un raccord rapide permettant de connecter le système de filtration (*figure 5*).

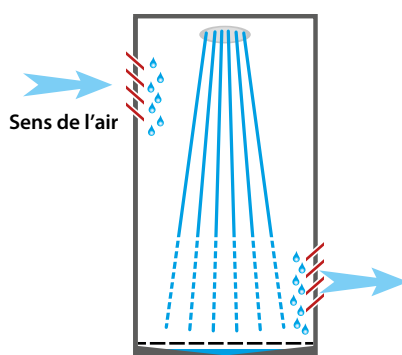


Figure 5 - Douche

Les aérations doivent être conçues pour empêcher l'eau provenant de la douchette de ruisseler dans les compartiments adjacents (*figure 5*).

Un caillebotis permet aux pieds de l'utilisateur, de ne pas être en contact avec l'eau récupérée par le bac (*figure 5*).

L'équipement prévoit un miroir, des patères, un passage pour le tuyau d'adduction d'air.

Une partie d'un panneau (côté ou plafond) est translucide permettant un éclairage naturel ou artificiel depuis l'extérieur.

Les raccords sont standardisés et fiables pour l'arrivée de l'eau propre et l'évacuation de l'eau sale.

Option : indicateur (sonore ou lumineux) permettant de réguler le temps passé sous la douche nécessaire à la décontamination (de 3 à 5 minutes par personne).

Compartiment intermédiaire

L'équipement prévoit un miroir, des patères, un passage pour le tuyau d'adduction d'air.

Un siège rabattable ou amovible permet à l'opérateur de s'asseoir et de faciliter son déshabillage.

Le sol est constitué d'un socle lisse, facilement nettoyable pour être maintenu propre et sec. Un caillebotis antidérapant relevable et amovible permet à l'utilisateur de ne pas être en contact direct avec le socle sur lequel de l'eau pourrait stagner.

Une serviette à usage unique est déployée entre le sol et le caillebotis.

Une partie d'un panneau (côté ou plafond) est translucide permettant un éclairage naturel ou artificiel depuis l'extérieur.

La pression statique de ce compartiment doit pouvoir être mesurée et vérifiée sans nécessité de pénétrer dans cette zone. Pour cela, une réservation est aménagée.

Des aménagements sont conçus pour :

- d'une part, emballer les déchets d'EPI contaminés (vêtements, sur-

bottes, gants, sous-vêtements, rubans adhésifs...);

- d'autre part, récupérer les cartouches filtrantes retirées depuis la douche d'hygiène et transférées dans ce compartiment, sans nécessité de rouvrir la porte n° 3.

Compartiment douche d'hygiène

Une douchette flexible est installée sur un point fixe ou une réglette.

Un mitigeur apporte de l'eau à un débit d'au moins 10 litres/minute (avec une température d'eau réglable jusqu'à environ 37 °C).

Le sol est constitué d'un bac de récupération avec un sol en pente permettant la convergence de l'eau vers un seul point bas. Ce point bas est équipé d'un raccord rapide permettant de connecter le système de filtration des eaux sales (*figure 5*).

Les grilles d'aération doivent être conçues pour empêcher l'eau provenant de la douchette de ruisseler dans les compartiments adjacents (*figure 5*).

Un caillebotis permet aux pieds de l'utilisateur, de ne pas être en contact avec l'eau récupérée par le bac (*figure 5*).

L'équipement prévoit un miroir, des patères, un porte savon.

Une partie d'un panneau (côté ou plafond) est translucide permettant un éclairage naturel ou artificiel depuis l'extérieur.

Les raccords sont standardisés et fiables pour l'arrivée de l'eau propre et l'évacuation de l'eau sale.

Option : Indicateur (sonore ou lumineux) permettant de réguler le temps passé sous la douche nécessaire à la décontamination (minimum de 3 à 5 minutes par personne). Le ruissellement de l'eau sur la porte n° 2 est récupéré de façon à ne pas mouiller inutilement le compartiment propre.

Un conduit permet d'évacuer les cartouches vers le compartiment intermédiaire. Il est protégé des projections d'eau par une trappe relevable. Le diamètre du conduit et celui de la trappe

doivent être adaptés aux dimensions des cartouches les plus grandes généralement utilisées.

Compartiment propre

C'est le compartiment qui est en liaison avec la zone d'approche.

L'équipement prévoit un miroir, des patères pour y placer des serviettes ou peignoir en éponge.

Le sol est constitué d'un socle lisse, facilement nettoyable pour être maintenu propre et sec. Un caillebotis antidérapant relevable et amovible permet à l'utilisateur de ne pas être en contact direct avec le socle sur lequel de l'eau pourrait stagner.

Une serviette à usage unique est déployée entre le sol et le caillebotis.

Une partie d'un panneau (côté ou plafond) est translucide permettant un éclairage naturel ou artificiel depuis l'extérieur.

Une aération est placée en partie basse (*voir figure 1*), du côté opposé à l'aération en partie haute donnant sur la douche d'hygiène.

Autres points

Une notice de montage-démontage utilisable sur chantier est élaborée à partir de croquis.

Un canevas de vérification après montage est fourni à l'utilisateur (vérification mécanique d'assemblage et vérification aérodynamique).

Tous les éléments sont repérés de façon indélébile. L'assemblage des éléments doit être facilité par ces repères alphanumériques qui sont reportés dans la notice.

Chaque élément doit être portable et ne devrait pas excéder une trentaine de kilogrammes.

Les éléments doivent être assemblés le plus simplement et solidement possible. Ils sont tous lavables et les surfaces sont décontaminables.

Pour éponger le sol, des serviettes jetables en matière absorbante, sont proposées aux dimensions des compartiments.

Option : pour faciliter les manutentions, le montage-démontage, et limiter la détérioration des éléments modulaires, un rack de rangement adapté aux dimensions est proposé par certains constructeurs. Il peut être directement monté sur une remorque ou bien être manutentionné à l'aide d'un chariot élévateur.

Fiche technique 4

Installation de décontamination des déchets

L'installation de décontamination des déchets permet de terminer d'emballer, de décontaminer, puis d'évacuer, de la zone confinée, tous les déchets produits lors du chantier. En outre, si cela est prévu, elle peut aussi être utilisée pour les mouvements d'outils et de matériels nécessaires aux travaux.

Pendant son utilisation, l'installation de décontamination des déchets doit préserver l'environnement du chantier de toute pollution provenant de l'intérieur de la zone de travail.

1. Réglementation et exigences techniques

Analyse des contraintes et des besoins auxquels doit répondre l'installation de décontamination :

- L'installation de décontamination est composée de deux zones compartimentées. La zone « sale » est directement accessible par les opérateurs depuis la zone confinée. Une zone « propre » en connexion avec l'extérieur permet la sortie des déchets vers la zone de stockage du chantier.

- Entre la zone compartimentée « sale » et la zone compartimentée « propre », un aménagement cloisonné est adapté pour le transfert des déchets en toute sécurité.

ENCADRÉ 1

Extrait de l'arrêté du 8 avril 2013

[...] Pour les travaux générant un empoussièrement de deuxième et troisième niveaux, les installations de décontamination des déchets sont éclairées et doivent être compartimentées de façon à assurer la douche de décontamination, les compléments de conditionnement et les transferts.

La vitesse moyenne de l'air est de 0,5 mètre par seconde sur toute sa section [...].

- Les installations de décontamination du personnel étant les seules voies de sortie depuis la zone de travail vers l'extérieur, à l'exception de manœuvre de secours, l'installation de décontamination des déchets doit être aménagée pour empêcher les travailleurs de l'utiliser comme sortie occasionnelle.

2. Principes de ventilation

Lorsque l'installation est raccordée à un confinement mis en dépression, des grilles de ventilation réparties sur les portes, les rideaux ou les cloisons, permettent d'établir des flux d'air ayant un double rôle :

- Assainir l'air des volumes de chaque compartiment par un effet de brassage, de dilution et d'entraîne-

ment des fibres en suspension dans l'air vers la zone confinée. Pour cela, il est nécessaire d'assurer un renouvellement d'air minimal dans ces compartiments d'environ 20 fois le volume par heure ;

- Établir une barrière dynamique infranchissable par des fibres en suspension depuis la zone « sale » vers la zone « propre ». Pour cela, la vitesse d'air minimum de 0,5 m/s établie dans la barrière dynamique doit pouvoir être observée lorsque le confinement est soumis à une dépression proche de 10 Pa, tel que fixé dans la réglementation.

Nota

Le système de ventilation des compartiments ne permet pas d'évacuer la totalité des particules en suspension, notamment les fibres pouvant adhérer aux parois des installations de décontamination. Il est donc préconisé de nettoyer régulièrement toutes les parois intérieures des compartiments des installations de décontamination.

En cas de perte de la dépression dans la zone confinée, la barrière dynamique n'existant plus, l'installation ne peut plus être utilisée. Un système automatique d'obturation des ouver-

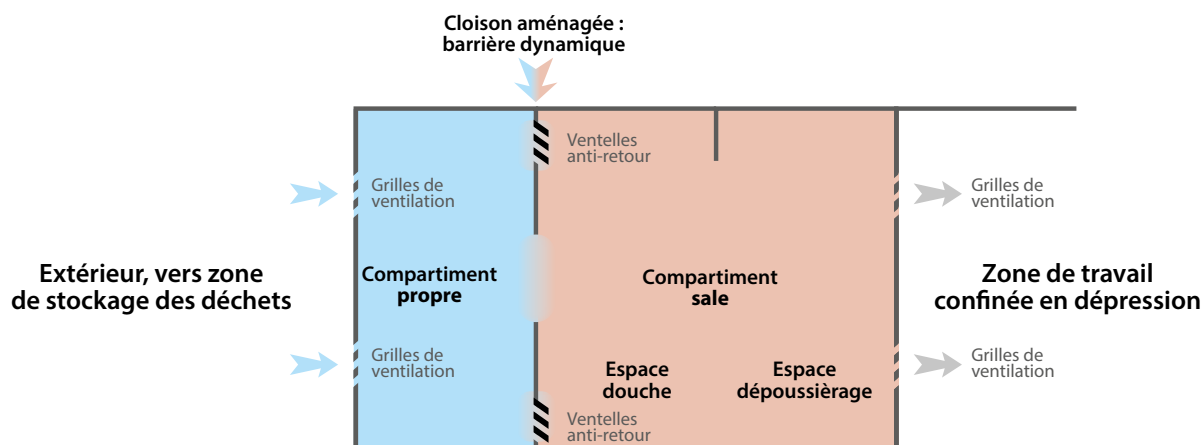


Schéma de principe d'une installation de décontamination des déchets

tures entre la zone « sale » et la zone « propre » doit empêcher le transfert des fibres.

Sorties des déchets ou de matériels

Pendant l'utilisation de l'installation (cycle complet de sortie des déchets ou de matériels), la dépression dans la zone confinée doit rester supérieure à 10 Pa et la barrière dynamique caractérisée par des vitesses d'air supérieures à 0,5 m/s doit toujours exister.

Il est important de considérer que le transfert des sacs de déchets (ou de matériels préalablement filmés, emballés ou décontaminés), peut modifier ou déplacer, de façon significative, la géométrie (surface – épaisseur) de cette barrière dynamique. Combinées aux ouvertures des portes ou des rideaux, les diminutions brutales de pertes de charges peuvent entraîner un surcroît d'apport d'air neuf et un abaissement de la dépression en zone confinée. Suivant les solutions techniques retenues par les fabricants pour assurer ces transferts de déchets, les besoins d'air supplémentaires ne doivent pas nuire au maintien de la dépression dans la zone confinée.

Les débits maximum nécessaires pour assurer le bon fonctionnement de l'installation doivent être connus. Ces débits seront à considérer après l'étape 14 du bilan aéraulique prévisionnel en vérifiant si la capacité des extracteurs est compatible avec l'installation de décontamination envisagée.

Le fabricant peut proposer des aménagements permettant occasionnellement la sortie de déchets ou matériels très volumineux. Outre les difficultés de décontamination de ces gros matériels, les performances aérauliques peuvent être affectées. Une évaluation des risques et des mesures compensatoires doivent être adoptées.

Par exemple :

- fermeture de toutes les entrées d'air de réglage,

- ajout d'extracteurs pendant le temps nécessaire au transfert,
- arrêt des travaux émissifs dans la zone confinée.

Attention

Certains fabricants proposent des aménagements très sommaires entre les volumes « sale » et « propre » demandant des débits d'air considérables (plusieurs milliers de mètres cubes par heure) pour obtenir le respect des vitesses de 0,5 m/s en tout point de la barrière dynamique.

Configuration de test et réalisation des abaques « débit/pression »

Pour connaître les débits d'air transitant dans l'installation de décontamination des déchets en fonction de la dépression existante dans le confinement, deux cas sont à considérer :

1) L'installation de décontamination n'est pas en cours d'utilisation

Ces apports d'air sont comptabilisés dans le calcul des entrées d'air maîtrisées et participent au taux de renouvellement d'air moyen de la zone confinée. Les caractéristiques aérauliques (abaques pression/débit) de l'installation doivent impérativement être connues pour franchir l'étape 7. Elles sont établies suivant la configuration suivante :

- toutes les portes ou rideaux d'accès sont fermés,
- les aménagements et les cloison-

nements nécessaires à l'emballage et à l'évacuation des déchets, sont opérationnels,

- le système anti-retour entre la zone sale et la zone propre évite le transfert de pollution en cas d'absence de dépression.

Nota

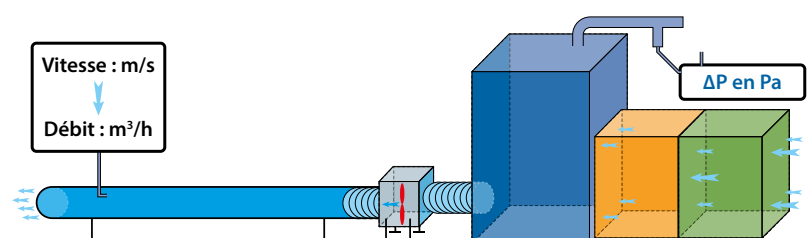
Le banc utilisé pour tester les débits des EACM et des EAR (voir fiche 5) peut être aménagé pour déterminer les caractéristiques aérauliques des installations de décontamination des déchets et la réalisation des abaques.

L'installation de décontamination est raccordée à un caisson étanche soumis à différentes dépressions par le fonctionnement d'un extracteur (entre 5 et 50 Pa).

Les débits sont mesurés sur l'extrémité du tuyau. Le principe de mise en œuvre est le même que celui proposé pour les EACM (voir exemple abaque pression/débit, présenté à l'étape 7).

2) L'installation de décontamination est en cours d'utilisation

Objectif : pour chaque valeur de dépression, il faut connaître le débit maximum qu'il sera nécessaire de fournir pendant un cycle de sortie des déchets. Cette connaissance n'est pas indispensable pour réaliser le bilan aéraulique prévisionnel mais permet de s'assurer de l'adéquation entre l'installation de décontamination choisie et la capacité totale des extracteurs qui seront installés.



Exemple d'un banc test pour mesurer les débits d'air en fonction de la dépression

Fiche technique 4

Installation de décontamination des déchets

Dans les deux cas (non utilisée et en cours d'utilisation), les vitesses d'air dans la barrière dynamique sont mesurées pour chaque valeur de dépression. Cela sert à vérifier que la vitesse réglementaire d'au moins 0,5 m/s est obtenue à la dépression minimale réglementaire de 10 Pa.

En conclusion, quatre abaques doivent être transmises par le fabricant lors de la livraison des installations de décontamination des déchets :

- l'abaque pression/débit lorsque l'installation de décontamination n'est pas en cours d'utilisation (utile pour l'étape 7 du bilan aéraulique prévisionnel) ;

- l'abaque pression/débit maximum lors de l'utilisation de l'installation de décontamination, utile pour vérifier l'adéquation de la capacité d'extraction définie à l'étape 14 du bilan aéraulique prévisionnel ;

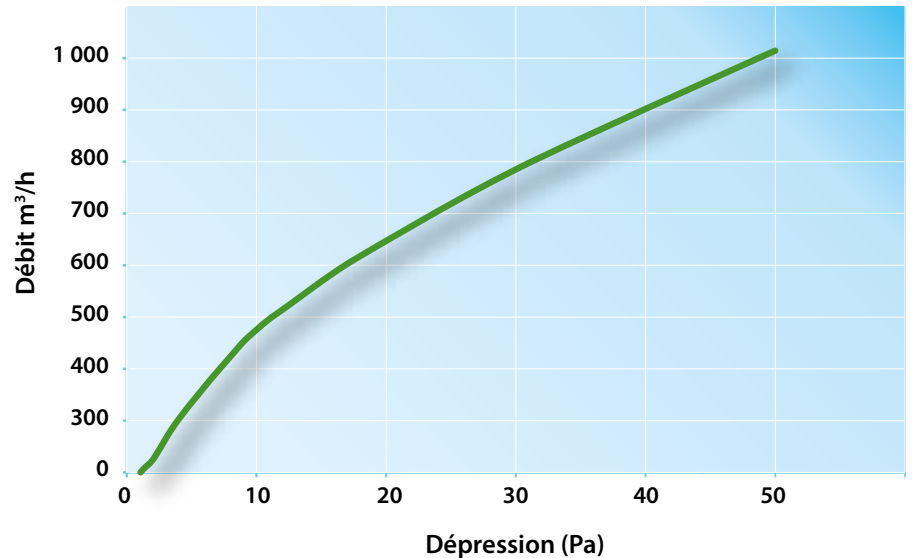
- l'abaque pression/vitesse d'air dans la barrière dynamique lorsque l'installation de décontamination n'est pas en cours d'utilisation (vérification d'une vitesse d'air supérieure aux 0,5 m/s réglementaires) ;

- l'abaque pression/vitesse d'air dans la barrière dynamique lors de l'utilisation de l'installation de décontamination (vérification d'une vitesse d'air supérieure aux 0,5 m/s réglementaires).

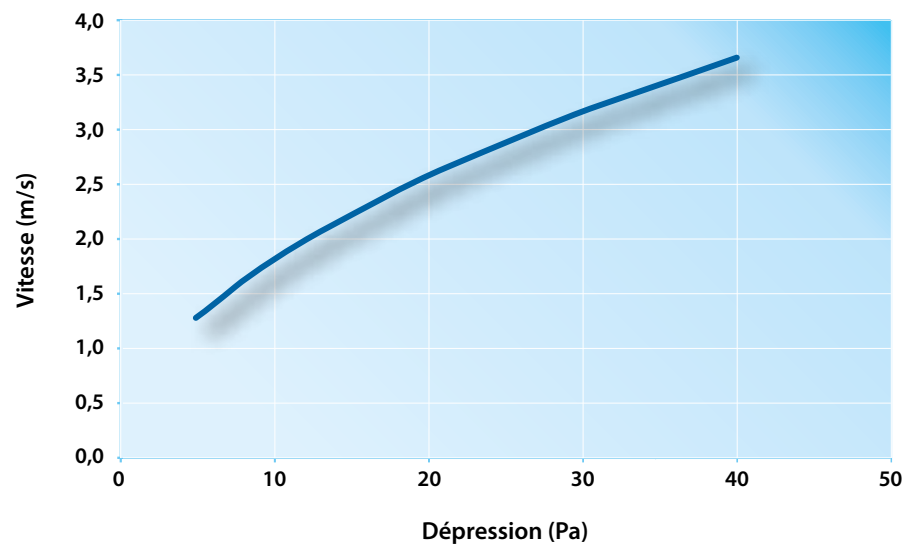
3. Éléments de conception

Zone compartimentée « sale »

- Espace dépoussiérage :
 - une porte (ou un rideau) s'ouvrant vers la zone confinée donne accès, depuis la zone de travail, à l'installation de décontamination des déchets,
 - quand cet accès est fermé, des aérations permettent le passage d'un flux d'air supérieur à 0,5 m/s, si la dépression du confinement est de 10 Pa,
 - une partie est translucide permettant un éclairage naturel ou artificiel depuis l'extérieur,



Exemple d'une courbe de réponse indiquant le débit maximum nécessaire si la dépression du confinement est maintenue



Exemple d'une courbe représentant le relevé de la vitesse d'air la plus faible après exploration des champs de vitesse d'air de la barrière dynamique lorsque l'installation n'est pas en cours d'utilisation

- le sol, les côtés et le plafond doivent être facilement nettoyables à l'aide d'un aspirateur et de lingettes humides,
- le sol est en très légère pente vers l'espace douche adjacent,
- un trou aménagé et adaptable en diamètre doit permettre le passage

- d'un flexible d'aspirateur THE placé à l'extérieur de l'installation,
- un raccord au réseau d'adduction d'air pour l'opérateur effectuant le dépoussiérage des emballages de déchets est disponible,
- une étagère est à disposition (ci-seaux, ruban adhésif...),

– à titre indicatif, les dimensions de cet espace sont d'environ 1 m de profondeur, 2 m de largeur et d'une hauteur de 2 m.

- Espace douche :

- une douchette sur flexible détachable d'un point fixe permet un débit d'eau supérieur à 20 l/min,

- une partie est translucide, permettant un éclairage naturel ou artificiel depuis l'extérieur,

- un raccord au réseau d'adduction d'air, pour l'opérateur effectuant le dépoussiérage des emballages de déchets, est disponible,

- le sol est constitué d'un bac de récupération d'eau avec un sol en pente permettant la convergence de l'eau vers un seul point bas. Ce point bas est équipé d'un raccord rapide permettant de connecter le système de filtration,

- un caillebotis permet à l'utilisateur de ne pas être en contact avec l'eau récupérée par le bac,

- un moyen de manutention ou un support, facilite le douchage du dessous du conditionnement,

- à titre indicatif les dimensions de cet espace sont d'environ 1 m de profondeur, 2 m de largeur et d'une hauteur de 2 m.



Vue depuis le compartiment propre : dispositif d'ensachage en continu des déchets, aération dotée d'un dispositif anti-retour (ventelles), fenêtre de visualisation, passage pour tuyau d'un aspirateur THE

Cloisonnement, aménagement de transferts

- Une cloison est spécialement aménagée ; elle sépare la zone « sale » de la zone « propre ». C'est la bonne réalisation de cette séparation qui facilite la sortie des déchets en évitant les transferts de pollution.

- Des goulottes de différentes formes géométriques permettent le double-ensachage direct tout en évitant une dispersion des gouttelettes d'eau dans la zone « propre » :

- une légère inclinaison de ces goulottes permet à l'eau de s'écouler vers la zone « sale »,

- des sacs étanches adaptés aux dimensions de ces ouvertures sont fournis,

- lors du changement de sac, avec les portes (ou rideaux) d'accès fermées, la vitesse du flux d'air traversant ces aménagements doit être supérieure à 0,5 m/s, si la dépression du confinement est de 10 Pa (barrière dynamique),

- un système d'ensachage continu adapté sur chaque goulotte peut faciliter les manutentions manuelles et sécuriser les transferts de déchets.

- Pour le maintien de la ventilation, des aérations sont aménagées afin de créer les flux d'air de vitesse supérieure à 0,5 m/s si la dépression du confinement est de 10 Pa. Elles sont obturées automatiquement lorsque la dépression entre les zones « sale » et « propre » est nulle.

- Un large oculus permet la communication visuelle entre les opérateurs.

- Une partie de cette cloison peut être aménagée pour offrir la possibilité de faire passer exceptionnellement des gros volumes. L'ouverture est condamnée de façon à empêcher la sortie d'un opérateur (type plombage), à l'exception des manœuvres de secours.

Zone compartimentée « propre »

Cette zone est conçue pour récupérer les déchets emballés :

- une porte s'ouvrant vers l'extérieur (ou rideau) donne accès, depuis

l'extérieur, à l'installation de décontamination des déchets,

- quand cet accès est fermé, des aérations permettent le passage d'un flux d'air de vitesse supérieure à 0,5 m/s, si la dépression du confinement est de 10 Pa,

- une partie est translucide permettant un éclairage naturel ou artificiel depuis l'extérieur,

- le sol, les côtés et le plafond doivent être facilement nettoyables à l'aide d'un aspirateur et de lingettes humides,

- un trou aménagé et adaptable en diamètre doit permettre le passage d'un flexible d'aspirateur THE placé à l'extérieur de l'installation,

- une étagère est à disposition (ci-seaux, le ruban adhésif...),

- à titre indicatif, les dimensions de cet espace sont d'environ 1 m de profondeur, 2 m de largeur et d'une hauteur de 2 m.

Fiche technique 5

Entrées d'air de compensation maîtrisées (EACM) et entrées d'air de réglage (EAR)

Le retour d'expérience, sur l'utilisation de filtres pour boucher les ouvertures du confinement faisant office d'entrées d'air de compensation, a montré que cette solution présentait de nombreux inconvénients :

- colmatage du filtre, au fil des heures, réduisant le débit traversant et entraînant une baisse du taux de renouvellement moyen, rendant ainsi caduques les bilans aérauliques initiaux ;
- absence de critère objectif pour estimer quel niveau de colmatage nécessite le changement du filtre ;
- difficulté de remplacer les filtres colmatés pendant les travaux ;
- inexistence de système anti-retour propre au filtre. L'ajout de flaps sur chantier faisant office de système anti-retour est inefficace (plis, déformations, mauvaise étanchéité...). De plus, les flaps n'ont pas fait l'objet de tests et peuvent provoquer une augmentation de pertes de charge plus ou

moins importante. Dans tous les cas, ils sont défavorables au maintien du taux de renouvellement initial.

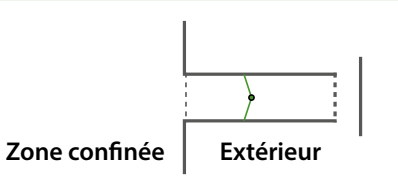
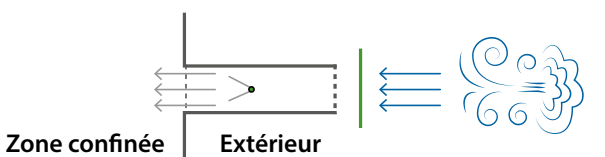
De plus, les évolutions techniques et réglementaires ont introduit des objectifs quantitatifs incontournables sur les valeurs minimales de la dépression en zone de travail et les taux de renouvellement d'air. Des pratiques plus rigoureuses doivent donc être adoptées.

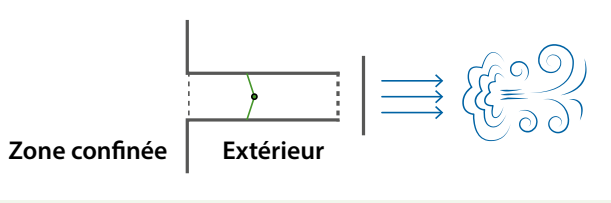
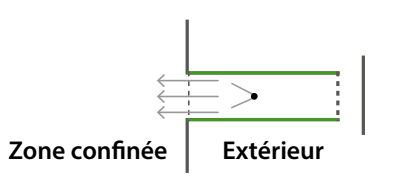
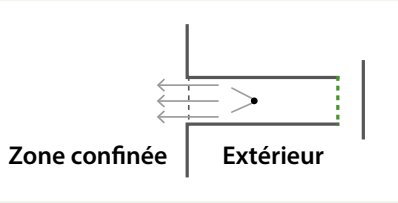
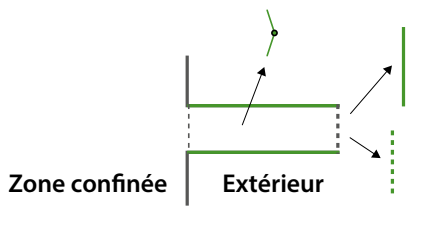
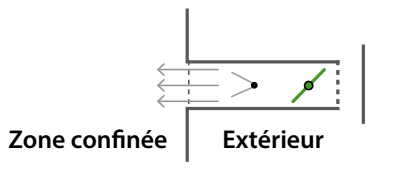
Cette fiche technique décrit les exigences élémentaires auxquelles doivent répondre les entrées d'air de compensation maîtrisées et entrées d'air de réglage, éléments clés pour atteindre les objectifs de dépression et de taux de renouvellement d'air dans la zone de travail. Les performances issues des tests décrits dans cette fiche (abaques) et les caractéristiques des équipements doivent être communiquées aux entreprises. Ces dernières doivent l'exiger, lors de l'acquisition

des EACM et des EAR, pour réaliser leur bilan aéraulique prévisionnel.

1. Principes de conception des EACM et EAR à prendre en compte pour pallier une défaillance du confinement dynamique

Sur les chantiers de désamiantage, plusieurs aléas peuvent se produire et conduire à la perturbation de l'aéraulique. Cette perturbation peut entraîner des pollutions vers l'extérieur de la zone, endommager le confinement, diminuer le taux moyen de renouvellement d'air dans la zone. Dans son analyse de risques, l'entreprise doit identifier ces aléas et proposer des mesures préventives pouvant être facilement mises en œuvre. Ainsi, le choix d'EACM et d'EAR prenant en compte ces aléas dès leur conception doit être privilégié.

Aléa	Éléments de conception à privilégier (en vert)
<p>1 Arrêt partiel ou complet du système d'extraction, entraînant une perte partielle ou totale de dépression et susceptible de provoquer un transfert de pollution vers l'extérieur du confinement. L'arrêt peut par exemple provenir :</p> <ul style="list-style-type: none"> - d'un dysfonctionnement du système d'extraction, - d'une coupure d'alimentation électrique temporaire résultant du démarrage du groupe électrogène. 	<p>Système automatique d'obturation des EACM et EAR.</p>  <p>Zone confinée Extérieur</p>
<p>2 Perturbation de la dépression dans la zone liée au vent lorsqu'il s'engouffre dans une EACM ou EAR (effet de gonflement).</p>	<p>Système passif réduisant fortement la pression dynamique causée par le vent (coupe-vent).</p>  <p>Zone confinée Extérieur</p>

	Aléa	Éléments de conception à privilégier (en vert)
3	Perturbation liée au vent, qui génère à l'extérieur une dépression plus importante que celle de la zone. Cette perturbation est susceptible d'entraîner un transfert de pollution vers l'extérieur de la zone.	<p>Système anti-retour efficace des EACM et EAR (déclenchement rapide et bonne étanchéité)</p>  <p>Zone confinée Extérieur</p>
4	Perturbation en situation de travail d'un flux d'air entrant (par exemple refoulement d'un aspirateur utilisé trop près d'une EACM ou d'une EAR).	<p>Respecter une longueur minimum d'établissement de l'écoulement pour homogénéiser le flux d'air dans l'EACM (voir chapitre 2 de la fiche). Cette longueur d'établissement joue également le rôle de distance de freinage évitant la sortie des fibres du conduit. Par retour d'expérience, cette longueur minimum doit être de 1 à 2 diamètres de l'EACM.</p> <p>En règle générale, respecter une vitesse d'air moyenne sur toute la section (= vitesse d'air débitante) d'au moins 1 m/s pour une dépression dans le confinement de 10 Pa permet d'assurer une barrière dynamique efficace.</p>  <p>Zone confinée Extérieur</p>
5	Évolution inopinée des pertes de charge des entrées d'air (par exemple accumulation de feuillage devant la grille de l'EACM ou l'EAR).	<p>Orientation, amovibilité et accessibilité visuelle de la grille de l'EACM ou de l'EAR.</p>  <p>Zone confinée Extérieur</p>
6	Dégradation progressive des performances initiales de l'EACM ou de l'EAR.	<p>Matériau de conception facilement décontaminable et facilité d'entretien des éléments amovibles, possibilité de contrôle visuel des joints, volets d'obturation et systèmes de rappel.</p>  <p>Zone confinée Extérieur</p>
7	Évolution de la dépression en cours de chantier. Par exemple : <ul style="list-style-type: none"> • Diminution de la dépression : <ul style="list-style-type: none"> - au fur et à mesure de l'encrassement des filtres des extracteurs, - panne d'un extracteur. • Augmentation de la dépression : <ul style="list-style-type: none"> - remplacement des filtres des extracteurs, - obturation involontaire d'une entrée d'air. 	<p>Système d'obturation manuel ou automatique spécifique aux EAR.</p>  <p>Zone confinée Extérieur</p>

Fiche technique 5


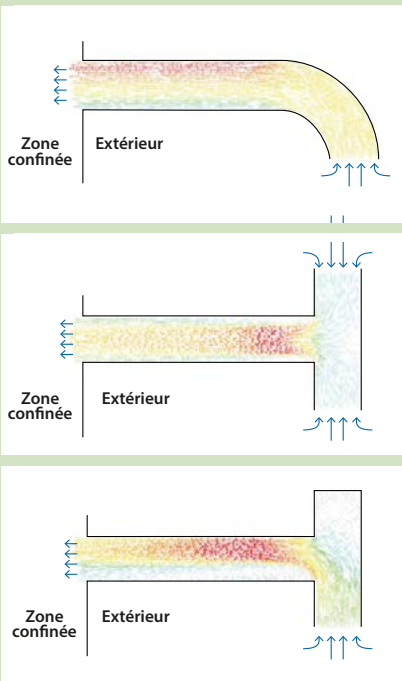

Entrées d'air de compensation maîtrisées (EACM) et entrées d'air de réglage (EAR)





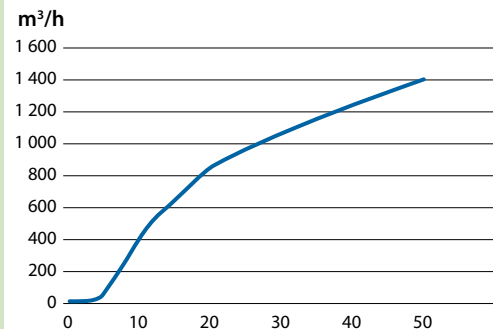
2. Dispositions pratiques permettant aux entrées d'air de compensation d'assurer les fonctionnalités requises

Dès leur conception, un certain nombre de dispositions doivent être

prises en compte permettant aux EACM et EAR d'assurer leur fonction au cours de la vie du chantier et de pallier certaines défaillances du confinement dynamique. Elles conditionnent leurs modalités de montage et d'utilisation, leurs modalités d'entretien

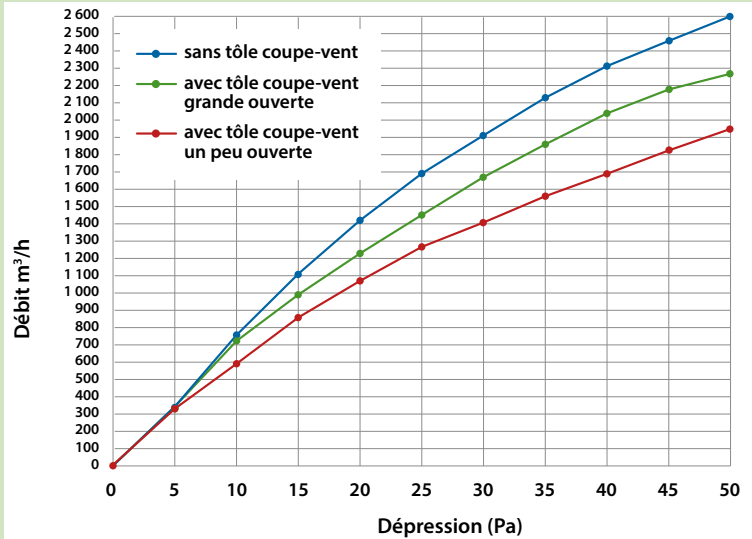
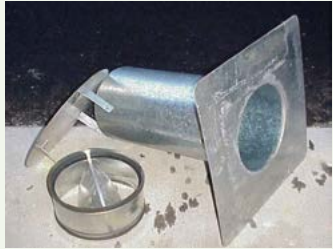
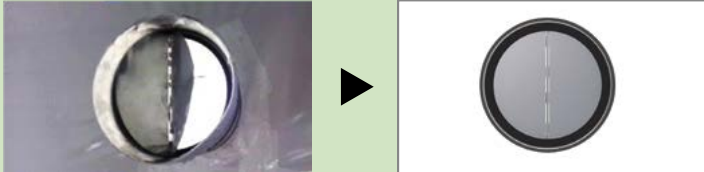

courant sur chantier (maintien en état et décontamination) et en dehors du chantier (maintenance et conditions de stockage), qui doivent être précisées dans la notice.


Fonctionnalité	Dispositions pratiques	
<p>Anti-retour par obturation (barrière statique).</p> <p>L'objectif est d'éviter un transfert de pollution vers l'extérieur de la zone (aléas 1 et 3).</p>	<p>Système à ventelle(s) ou à clapet (souple ou rigide) utilisant la gravité :</p> <p>Système à clapet avec ressort de rappel :</p> <p>Lorsque la fonctionnalité est sollicitée, l'étanchéité entre le système fixe et le système mobile doit être assurée au maximum.</p> <p>La performance de la fonction anti-retour s'exprime en m³/h pour une surpression de 100 Pa.</p>	
<p>Coupe-vent</p> <p>L'objectif est de limiter la pression dynamique causée par le vent (aléa 2).</p>	<p>Coude, Té traversant, Té en chicane, chapeau, plaque écran, plaque enveloppante :</p> <p><i>Exemples : (vues en coupe) vitesse croissante de l'air dans le sens bleu, vert, jaune et rouge.</i></p>  <p><i>Attention !</i> Ces dispositifs entraînent une augmentation significative des pertes de charge.</p> <p>Ils peuvent être amovibles de façon à réduire les pertes de charges créées si le chantier est situé dans un environnement clos où les effets du vent sont négligeables.</p>	

Fonctionnalité	Dispositions pratiques																							
<p>Blocage des objets indésirables</p> <p>L'objectif est de bloquer les objets indésirables provenant de l'extérieur pour ne pas bloquer ou dégrader le système anti-retour</p>	<p>Grille de protection à l'aide de mailles plus ou moins serrées entraînant la perte de charge la plus faible possible :</p> <p>La grille est à placer en amont du système anti-retour (côté extérieur – voir schéma aléa 5). Elle peut être amovible de façon à supprimer cette perte de charges si le chantier est situé dans un environnement propre et clos ainsi que pour faciliter la maintenance du matériel.</p>																							
<p>Distance de freinage par longueur d'établissement</p> <p>L'objectif est de créer une barrière dynamique efficace (aléa 4).</p>	<p>Prévoir un minimum de longueur, devant être parcourue par le flux d'air entrant à une vitesse d'au moins 1 m/s pour une dépression dans le confinement de 10 Pa. Cette longueur, calibrée en fonction de la taille de l'ouverture, peut être constituée de parties rectilignes mais aussi de coudes et de chicanes. Une longueur d'établissement d'environ deux fois la taille de l'ouverture est acceptable.</p>																							
<p>Spécifiquement pour les EAR : réglage des débits d'air par obturation progressive, permettant d'ajuster la dépression à une valeur souhaitée.</p> <p>Cette fonctionnalité permet de réaliser une augmentation progressive de la dépression lors du démarrage du chantier pour éviter des dégradations du confinement statique.</p>	<p>Dispositif (volet) manuel à réglage blocable :</p> <ul style="list-style-type: none"> - vanne papillon, - trappe guillotine, - registre à lames orientables. <p>Dispositif motorisé actionnable à distance asservi à la dépression :</p> <ul style="list-style-type: none"> - registre à lames orientables, - vanne papillon, - iris. 	<p><i>Exemple d'un réglage par une vanne papillon manuelle :</i></p>  <p><i>Exemple de vanne papillon motorisée :</i></p> 																						
<p>Abaque débit/pression (voir chapitre 3 de la fiche).</p> <p>L'objectif est de connaître le comportement aéraulique d'une EACM dont l'exploitation sera nécessaire pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> - franchir les étapes n° 9 et 10 du bilan aéraulique prévisionnel, - maîtriser les débits mis en jeu sur le chantier. 	<p>Détermination de la courbe de fonctionnement liant le débit d'air de l'EACM avec le niveau de la dépression. La valeur du débit à 10 Pa doit être impérativement indiquée.</p> <p><i>Exemple d'abaque débit pression</i></p>  <table border="1" data-bbox="887 1697 1082 1982"> <thead> <tr> <th>ΔP en Pa</th> <th>m^3/h</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>5</td><td>60</td></tr> <tr><td>10</td><td>410</td></tr> <tr><td>15</td><td>650</td></tr> <tr><td>20</td><td>850</td></tr> <tr><td>25</td><td>960</td></tr> <tr><td>30</td><td>1 060</td></tr> <tr><td>35</td><td>1 150</td></tr> <tr><td>40</td><td>1 240</td></tr> <tr><td>45</td><td>1 320</td></tr> <tr><td>50</td><td>1 400</td></tr> </tbody> </table>	ΔP en Pa	m^3/h	5	60	10	410	15	650	20	850	25	960	30	1 060	35	1 150	40	1 240	45	1 320	50	1 400	<p>Attention !</p> <p><i>Si l'EACM et l'EAR sont équipées de dispositifs amovibles et/ou réglables : susceptibles d'entraîner des pertes de charges, alors il sera nécessaire de réaliser un abaque avec et sans ces dispositifs.</i></p>
ΔP en Pa	m^3/h																							
5	60																							
10	410																							
15	650																							
20	850																							
25	960																							
30	1 060																							
35	1 150																							
40	1 240																							
45	1 320																							
50	1 400																							

Fiche technique 5

Entrées d'air de compensation maîtrisées (EACM) et entrées d'air de réglage (EAR)

Fonctionnalité	Dispositions pratiques	
<p>Abaque débit/pression (voir chapitre 3 de la fiche) – <i>Suite</i></p>	<p>Exemple d'abaque d'une EACM avec tôle coupe-vent réglable et amovible :</p>  <p>Le graphique illustre la relation entre la dépression (Pa) sur l'axe des abscisses (de 0 à 50) et le débit (m³/h) sur l'axe des ordonnées (de 0 à 2600). Trois courbes sont tracées : une courbe bleue pour 'sans tôle coupe-vent', une courbe verte pour 'avec tôle coupe-vent grande ouverte', et une courbe rouge pour 'avec tôle coupe-vent un peu ouverte'. Toutes les courbes montrent une augmentation du débit avec la dépression, avec la configuration sans tôle coupe-vent ayant le débit le plus élevé.</p>	
<p>Décontamination</p> <p>L'objectif est de pouvoir réutiliser le matériel sur d'autres chantiers sans nécessité de le stocker dans un emballage étanche lors du transport et du stockage.</p>	<p>La nature du matériau est déterminante. Il faut qu'il puisse être douché et ne pas engendrer de phénomènes électrostatiques susceptibles de retenir des poussières.</p> <p>La manipulation ne doit pas générer de risques de coupure. Les éléments doivent également être démontables.</p>	
<p>Maintenance</p> <p>L'objectif est que les utilisateurs puissent travailler avec des EACM qui soient toujours en parfait état (aléa 6).</p>	<p>Les éléments amovibles (clapets, ventelles souples semi-rigides ou rigides, système de rappel, grilles...) doivent être disponibles en pièces détachées pour leur remplacement :</p>  <p>Les longueurs d'encastrement des éléments mobiles doivent être suffisantes pour éviter les chocs accidentels susceptibles de déformer ou d'arracher les entrées d'air. Une grille amovible à mailles larges peut améliorer la protection mécanique des éléments sensibles tout en maintenant l'accès visuel.</p>	
<p>Facilité de mise en œuvre</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Légèreté et compacité de l'ensemble. • Équilibrage des charges pour contribuer à la stabilité de l'EACM et de l'EAR tout au long de son utilisation. • Démontage aisé des écrans et des grilles. • Poignées de manutention suivant les encombrements et le poids. • Support amovible et décontaminable permettant l'intégration de l'EACM et de l'EAR dans le confinement statique. • Dispositif de fixation de l'EACM et de l'EAR permettant l'étanchéité avec le confinement statique. 	

Fonctionnalité	Dispositions pratiques
<p>Mesure de la pression différentielle entre l'amont et l'aval de l'EACM et de l'EAR</p> <p>L'objectif est de pouvoir vérifier le bilan aéraulique prévisionnel à partir d'une prise de pression et de l'utilisation des abaques débit/pression.</p>	<p>Une prise de pression depuis l'intérieur de l'EACM et de l'EAR est prévue à la conception permettant l'introduction d'un tuyau souple relié à un micro-manomètre portable.</p>  <p><i>Prise de pression obturée, et lors du mesurage</i></p> <p>Un abaque et une mesure de pression permettent d'accéder directement au débit. Lorsque l'EACM ou l'EAR est vérifiée et en état de fonctionnement selon les préconisations du constructeur, cette méthode est plus précise et plus rapide que l'estimation d'un débit avec un anémomètre à hélice qui moyenne approximativement la vitesse sur la section d'entrée (la présence d'un système anti-retour accentuant la difficulté de mesurage liée à l'irrégularité de la vitesse des flux d'air).</p>

3. Mesure des caractéristiques des EACM ou EAR

Différents tests sont à effectuer sur les EACM et les EAR :

- le test permettant la réalisation des abaques pression / débit des EACM et EAR (configuration n° 1),
- le test de performance de l'étanchéité du banc test lui-même (configuration n° 2),
- le test de la fonctionnalité "anti-retour" des EACM et EAR (configuration n° 3).

Différents moyens permettent de calibrer les EACM et EAR :

- ceux consistant à relever des vitesses d'air directement sur l'entrée d'air de compensation (en amont, en aval, ou à l'intérieur). Par exemple : les cônes de mesures ou balomètres, l'exploration du champ de vitesse dans les ouvertures, au moyen d'anémomètres à hélice... Cependant, les cônes de mesure ou les balomètres entraînent des pertes de charge supplémentaires au niveau des EACM qui peuvent fausser les résultats. L'exploration du champ de vitesse dans les ouvertures rend difficile le calcul de la vitesse

moyenne de l'air. L'anémomètre à hélice n'est pas un instrument de mesure fiable sur une entrée d'air, car l'écoulement de l'air en amont de la mesure est fortement perturbé. Dans ces cas de mesures en direct, les erreurs commises sur la mesure du débit peuvent être très importantes. Les taux moyens de renouvellement calculés à partir de ces mesures sont alors assortis de grandes incertitudes. L'utilisation de ces méthodes de mesure n'est donc pas recommandée au stade des essais fabricant ;

- ceux permettant de s'affranchir des configurations géométriques ou techniques des EACM et des EAR en reportant les mesures dans des systèmes préalablement éprouvés : **le banc test.**

Le banc test présenté dans ce document est le moyen le plus simple et le plus efficace pour la réalisation des abaques. L'objectif est d'obtenir des caractéristiques aérauliques à la fois :

- comparables entre elles par l'utilisation d'un banc test aux caractéristiques connues,
- précises par l'utilisation d'une métrologie adaptée.

Tout autre moyen que le banc test doit être éprouvé et documenté de façon à réduire les incertitudes sur les performances du matériel.

3.1. Montage et détermination des fuites du banc test

Le banc a été étudié pour être facile à mettre en œuvre et à utiliser. Il doit être installé dans un local exempt de courant d'air.

- ① – EACM ou EAR à tester.
- ② – Caisson étanche de 1,5 x 1,5 x 2 m, transparent ou avec fenêtre d'observation.
- ③ – Moto-ventilateur à débit variable :
 - en position soufflage vers le conduit lisse ⑥ en configuration n° 1.
 - en position soufflage vers le caisson ② en configuration n° 2 et n° 3.
- ④ – Manchette (souple) de raccordement en (b) entre le Caisson et le Moto-ventilateur
- ⑤ – Manchette (souple) de raccordement entre le Moto-ventilateur et le Conduit lisse
- ⑥ – Conduit lisse, cylindrique, rectiligne, rigide, de diamètre constant et connu précisément dont la longueur est supérieure à **15 fois** son diamètre. Ce conduit est percé en (c) à une dis-

Fiche technique 5

Entrées d'air de compensation maîtrisées (EACM) et entrées d'air de réglage (EAR)

tance égale à 13 fois son diamètre, depuis la manchette ⑤ reliant le conduit au moto-ventilateur.

⑦ – Excroissance en chicane pour mesure de la pression statique à l'intérieur du caisson.

⑧(a) – Mesure de la vitesse d'air pour le calcul du débit dans la configuration n° 1.

⑧(b) – Mesure de la vitesse d'air pour le calcul du débit dans les configurations n° 2 et n° 3.

⑨ – Réduction entre le diamètre du conduit ⑥ et le diamètre du petit conduit ⑩.

⑩ – Conduit d'une longueur d'environ 1 m et de petit diamètre intérieur (environ 50 mm) utilisé pour réaliser la mesure du débit dans les configurations n° 2 et n° 3. Ce conduit est percé à 10 cm du côté de la réduction ⑨.

⑪ – Écran rigide permettant de boucher l'ouverture (a). Il sera jointé au caisson ② dans les mêmes conditions que les EACM ou EAR à tester.

Lors du montage, l'entrée d'air de compensation, EACM ou EAR ① est fixée puis jointée devant une ouverture du caisson (a), prévue à cet effet.

Un côté du Moto-ventilateur ③ est raccordé par une manchette ④ à l'ouverture du caisson prévue à cet effet (b). Cette ouverture (b) est désaxée et le plus éloignée possible de l'entrée d'air de compensation ① à tester.

Une extrémité du conduit lisse ⑥ est raccordée sur l'autre côté du moto-ventilateur ③ par une manchette ⑤. L'autre extrémité du conduit lisse est libre de tout obstacle sur environ 30 fois le diamètre dans l'axe du conduit. Le conduit doit également être surélevé d'au moins un diamètre par rapport au niveau du sol.

3.2. Instrumentation

Un micro-manomètre lit la pression statique relative existante entre l'intérieur du caisson ② et l'extérieur du caisson supportant l'EACM ou EAR.

L'excroissance en chicane ⑦ permet de supprimer les effets d'une pression dynamique liée aux turbulences existantes dans le caisson.

La prise de pression est réalisée dans l'excroissance en chicane ⑦ installée sur le même côté que l'entrée d'air.

Un tube de Pitot (approprié uniquement pour des vitesses supérieures à 4 m/s) ou un anémomètre à fil chaud (fonctionnant dans une plage de vitesse plus large que le Pitot), permet de relever en ⑧(a) et ⑧(b) la vitesse

d'air au centre des conduits lisses ⑥ et ⑩. L'instrument de mesure le mieux adapté sera choisi en fonction de sa plage de mesure des vitesses d'air.

3.3. Réalisation des essais

Vérification visuelle de l'étanchéité du caisson

- Démarrer le moto-ventilateur de façon à créer une dépression de 50 Pa dans le caisson, puis parcourir avec un fumigène toutes les jointures.

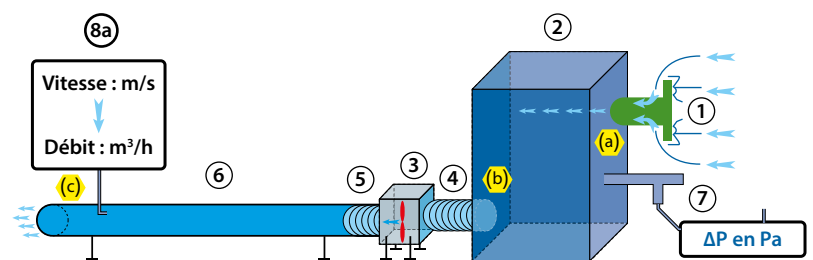


Figure 1. Configuration n° 1 du banc lorsqu'il teste le débit entrant d'une EACM ou EAR.

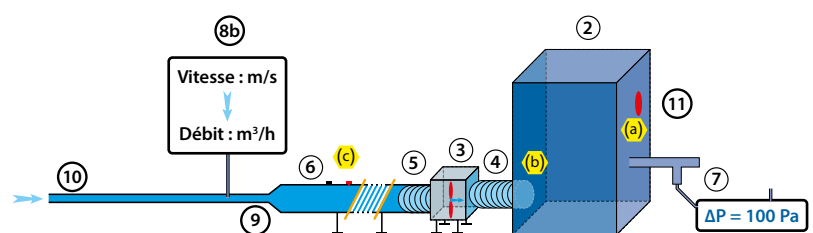


Figure 2. Configuration n° 2 du banc lorsqu'il teste ses propres fuites.

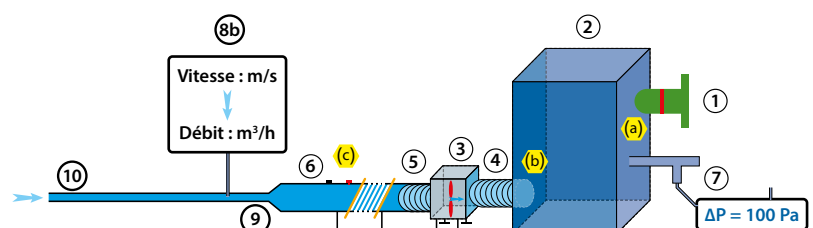


Figure 3. Configuration n° 3 du banc pour tester la fonctionnalité anti-retour de l'EACM ou EAR.

- La fumée ne doit pas rentrer à l'intérieur du caisson par les jointures :
①⇌②, ②⇌④, ④⇌③ et ②⇌⑦
- La fumée ne doit pas être soufflée par les jointures :
③⇌⑤ et ⑤⇌⑥

Réalisation de l'abaque débit/pression (performances aérauliques)

- Régler à l'aide du variateur de vitesse du moto-ventilateur la dépression dans le caisson de 50 Pa à 5 Pa par pas de 5 Pa, en relevant la vitesse d'air « V_{Perf} » en m/s au point ⑧(a) au centre du conduit pour chaque dépression.

- Calculer le débit d'air extrait « Q_{Perf} » en m³/h correspondant à chaque dépression en appliquant un **coefficient de 0,89** sur la vitesse de l'air « V_{Perf} ».

$$Q_{Perf} = 0,89 \times V_{Perf} \times S_{\textcircled{6}} \times 3\,600$$

où « $S_{\textcircled{6}}$ » est la section intérieure du conduit ⑥ en m².

Nota

Le coefficient de 0,89 est issu de deux études INRS :

– « Mesure des débits d'air en conduit. Incertitude liée au nombre et à la position des points de mesures », *Hygiène et sécurité du travail*, PR 49-227, 2012 ;

– « Torche aspirante MIG/MAG : un nouveau référentiel pour améliorer leur efficacité. Focus sur... Protocole de mesure de la vitesse induite par les torches aspirantes », *Hygiène et sécurité du travail*, NT 34, 2015.

- Vérifier également que lorsque le moto-ventilateur est arrêté, une pression différentielle de zéro Pascal est lue sur le micro-manomètre.

Fonctionnalité « anti-retour »

Le test de fonctionnalité anti-retour d'une EACM ou EAR ① se déroule en deux étapes :

- **étape 1** : vérification préalable des fuites du banc test, suivant la **configu-**

ration n° 2. Dans ce cas, l'ouverture (a) est bouchée par un écran ⑪ et il n'y a pas d'EACM.

Cette vérification est nécessaire lors de la première mise en service du banc test. Il est recommandé de renouveler cette étape après une période longue de « non-utilisation » du banc. Le débit mesuré dans cette configuration est noté « Q_{Fuite1} ».

- **étape 2** : test de l'efficacité de « l'anti-retour » de l'EACM ou l'EAR suivant la **configuration n° 3**. Le débit mesuré dans cette configuration est noté « Q_{Fuite2} ».

Pour obtenir le débit de fuite réel de l'EACM (ou de l'EAR) en position fermée ($Q_{FuiteEACM}$), le débit de fuite « Q_{Fuite1} » lié au banc test est soustrait



Figure 4. Vérification de l'étanchéité des jointures du caisson à l'aide de fumée.

du débit de fuite « Q_{Fuite2} » mesuré lorsque l'entrée d'air est en place sur le banc test :

$$Q_{FuiteEACM} = Q_{Fuite2} - Q_{Fuite1}$$

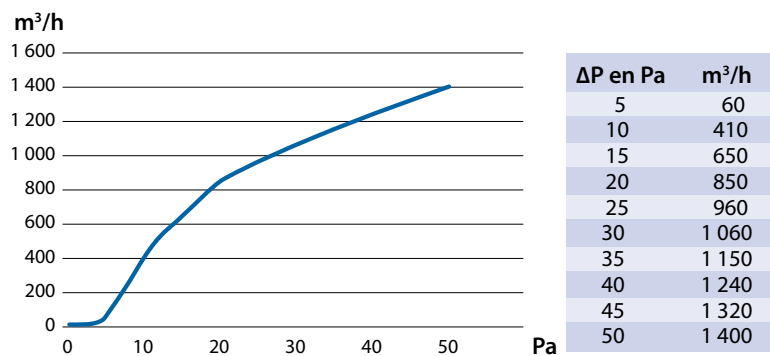


Figure 5. Exemple d'abaque débit/pression d'une EACM.

ENCADRÉ 1

Mesure du débit de fuite

À chaque étape du test de fonctionnalité anti-retour, pour mesurer le débit de fuite, il est nécessaire de :

- Inverser le sens du moto-ventilateur ③ de manière à insuffler de l'air dans le caisson.
- Obturer le trou (c).
- Régler la surpression dans le caisson à 100 Pa à l'aide du variateur de vitesse du moto-ventilateur.
- Relever la vitesse d'air « V_{Fuite} » en m/s au centre du petit conduit ⑩ au point ⑧(b).
- Calculer le débit d'air entrant « Q_{Fuite} » en m³/h, en appliquant un **coefficient de 0,89** sur la vitesse de l'air « V_{Fuite} ».

$$Q_{Fuite} = 0,89 \times V_{Fuite} \times S_{\textcircled{10}} \times 3\,600$$

où « $S_{\textcircled{10}}$ » est la section intérieure du petit conduit ⑩ en m².

Fiche technique 5

Entrées d'air de compensation maîtrisées (EACM) et entrées d'air de réglage (EAR)

3.4. Notice technique de l'EACM ou EAR

La notice du fabricant doit *a minima* comporter les éléments suivants :

- les précautions de montage, d'usage et de démontage,
- les modalités de nettoyage, décontamination, transport et stockage,
- l'abaque débit/pression caractérisant les performances aérauliques de l'EACM ou de l'EAR,
- le débit pour 100 Pa caractérisant la fonctionnalité anti-retour de l'EACM ou de l'EAR,
- la périodicité des vérifications.

4. Mise en œuvre et vérification sur chantier

4.1. Précautions pour le montage

Les systèmes « anti-retour » généralement installés dans les entrées d'air de compensation sont sensibles à la gravité. Pour un fonctionnement optimum, il est impératif de respecter les instructions de montage en vérifiant l'horizontalité, la verticalité et la stabilité de l'EACM ou de l'EAR. Un

défaut de montage ou une dérive dans le temps de l'inclinaison de l'EACM ou l'EAR peut entraîner une perte d'étanchéité.

Les EACM ne sont pas toujours accessibles par l'extérieur. Il faut néanmoins pouvoir faire une inspection visuelle quotidienne de cette partie, afin de vérifier l'absence de tout objet indésirable prisonnier dans la grille de protection.

4.2. Repli, décontamination

Du fait de la circulation permanente d'un flux d'air neuf, la partie visible intérieure de l'EACM ou EAR n'est pas contaminée, sauf en cas d'incident. Il est toutefois recommandé de passer une lingette humide sur ces surfaces avant la dépose de l'enveloppe du confinement. Par précaution, la lingette est gérée avec les déchets d'amiante.

L'EACM ou EAR doit être déposée avec soin pour éviter des déformations susceptibles d'altérer le fonctionnement du système anti-retour.

Un nettoyage complet par douchage puis séchage de l'EACM ou EAR doit être réalisé avant son stockage.

Fiche technique 6

Extracteurs

Les extracteurs remplissent deux fonctions :

- extraction d'un débit d'air de la zone de confinement pour maintenir la dépression et le taux de renouvellement en air neuf souhaités,
- filtration à très haute efficacité de l'air avant son rejet à l'extérieur.

1. Caractéristiques des extracteurs

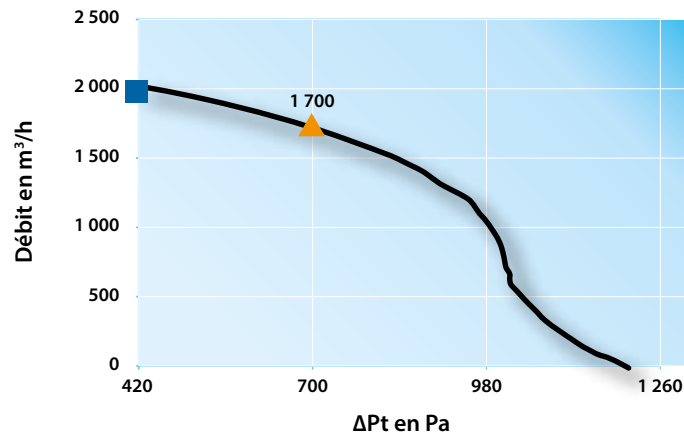
Le débit d'air est généré par un ventilateur, l'épuration de l'air est réalisée par une succession de trois filtres :

- un préfiltre ou filtre éphémère,
- un filtre secondaire,
- un filtre à très haute efficacité (THE) de classe H13 *a minima* selon la norme NF EN 1822. Certains matériels possèdent un deuxième filtre THE de sécurité.

D'un point de vue aéraulique, les caractéristiques principales des extracteurs se traduisent par une courbe de performance qui représente le débit d'air (exprimé en m³/h) en fonction de la différence de pression totale entre le refoulement et l'aspiration (exprimée en Pa).



Cadran-manomètre indiquant la perte de charge liée à l'encrassement du filtre de l'extracteur pour une vitesse de rotation donnée du moto-ventilateur.



Ici, la capacité maximum de cet extracteur est de 2 000 m³/h (filtres neufs), pour une différence de pression de 420 Pa. Cette capacité d'extraction chute jusqu'à 1 700 m³/h lorsque la différence de pression atteint 700 Pa. C'est le seuil de changement de l'ensemble des filtres, recommandé par le constructeur.

Exemple de courbe de performance d'un extracteur

Le colmatage des filtres fait chuter le débit nominal de l'ensemble. Ce colmatage crée une perte de charge supplémentaire (exprimée en Pa). Elle est mesurée à l'aide d'un manomètre de pression différentielle.

Les limites de fonctionnement d'un extracteur se caractérisent donc par :

- une capacité maximale d'extraction, débit initial, lorsque les filtres sont neufs et lorsque l'appareil n'est pas raccordé à des conduites d'aspiration et de refoulement ;
- une capacité minimale d'extraction, débit de référence, lorsque les filtres sont encrassés. Cette valeur peut encore diminuer, lorsque l'appareil est utilisé avec la, ou les gaines nécessaires à l'exécution d'un chantier donné.

2. Nombres d'extracteurs nécessaires au chantier

C'est le débit de référence qui constitue la capacité à prendre en compte pour caractériser le modèle retenu.

Le nombre d'extracteurs nécessaire au chantier est calculé de la façon suivante :

- Si tous les extracteurs sont de même modèle : le nombre d'extracteurs est le résultat, arrondi à l'entier supérieur, de la division du débit d'air à extraire en permanence par la capacité minimale d'extraction d'un appareil (voir l'exemple de l'étape 14).
- Si les extracteurs sont de modèles différents : le nombre d'extracteurs nécessaire est déterminé en ajoutant les capacités minimales d'extraction des appareils sélectionnés, jusqu'à obtenir ou dépasser le débit d'air à extraire en permanence.

3. Intégration de la « fonction secours » dans le choix des extracteurs

La réglementation fixe l'obligation d'installer « au moins un extracteur de secours ». Pour pallier la défaillance d'un élément constituant le système d'extraction, il y a donc lieu d'équiper

Fiche technique 6

Extracteurs

le confinement d'un extracteur supplémentaire de secours. On appelle « fonction secours entre extracteurs » le mode d'installation et de fonctionnement des appareils qui garantit :

- le taux de renouvellement d'air minimal autorisé,
- la dépression minimale autorisée.

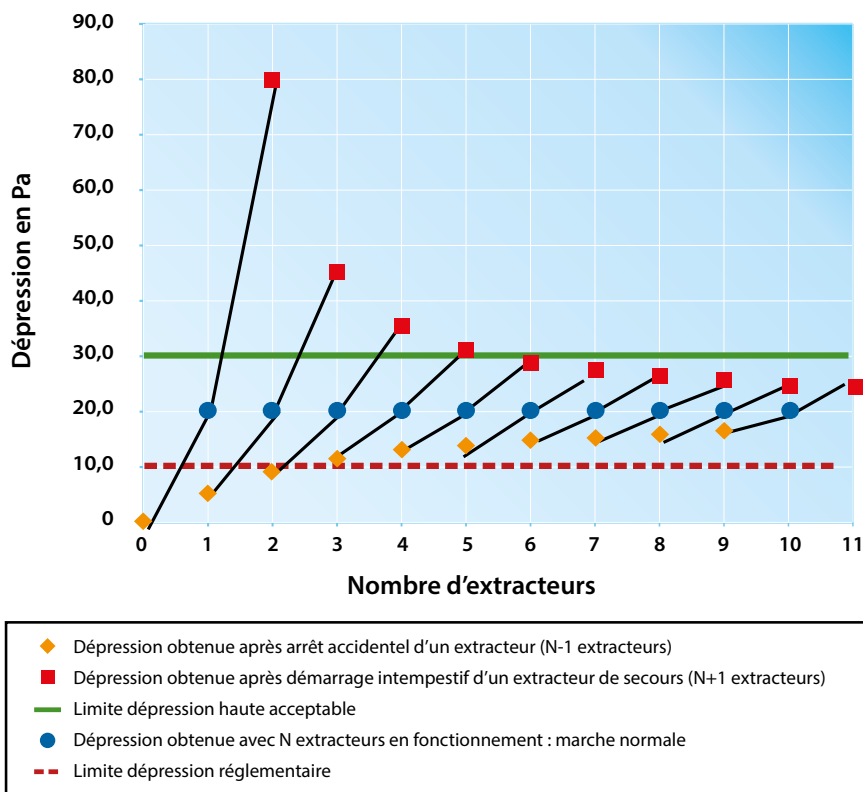
Ce fonctionnement provisoire du système aéraulique ne permet plus de travailler avec une marge de sécurité suffisante. On doit alors appliquer la procédure définissant la conduite à tenir.

Le graphique ci-contre montre l'évolution théorique de la dépression suite à la survenue de deux types d'incident :

- l'arrêt accidentel ou volontaire d'un extracteur,
- le démarrage intempestif d'un extracteur resté à l'arrêt.

Afin d'obtenir la capacité d'extraction nécessaire pour assurer le taux de renouvellement souhaité à la dépression visée, il est préférable d'installer plusieurs extracteurs identiques de capacité moindre, plutôt qu'un seul de capacité suffisante :

- Les variations de la dépression en cas d'arrêt ou marche d'un appareil seront plus faibles.
- Une dépression minimale sera garantie. Dans l'exemple ci-dessus, à partir de 4 appareils identiques installés, la dépression restera supérieure à 10 Pa.



4. Analyse des modes de fonctionnement

L'analyse du mode de fonctionnement de l'extracteur supplémentaire installé pour la fonction secours, résumée dans le tableau ci-contre, fait apparaître qu'il est préférable de faire fonctionner l'extracteur de secours **en même temps** que les extracteurs principaux (*voir tableau page suivante*).

Mode de fonctionnement de l'extracteur supplémentaire installé pour la fonction « secours »

Démarrage en cas de nécessité		Fonctionnement continu	
Le démarrage de l'extracteur est obtenu par un autocommutateur électrique, après temporisation, lorsque le seuil bas de dépression fixé est atteint		L'extracteur installé en secours fonctionne en permanence (recommandé). Il contribue comme les autres au maintien de la dépression et du renouvellement d'air	
Avantages	Inconvénients	Avantages	Inconvénients
Pas d'encrassement des filtres si la fonction n'est pas sollicitée.	<p>Aléas de fonctionnement liés aux fluctuations de mesure du contrôleur de la dépression.</p> <p>Augmentation brutale de dépression en cas de démarrage intempestif, pouvant rompre le confinement.</p> <p>Possibilité de panne de l'appareil de mesure, qui donnera ou ne donnera pas un ordre de démarrage.</p> <p>Dépression insuffisante si seulement deux extracteurs sont installés.</p> <p>Dépression insuffisante pendant la temporisation.</p> <p>Entrée d'air possible par l'extracteur à l'arrêt.</p> <p>Relargage des fibres arrêtées par le filtre THE dans la zone. Cet inconvénient est particulièrement à considérer lors du contrôle aéraulique de l'installation avant le démarrage du chantier (voir photo).</p> <p>Non démarrage possible de l'extracteur.</p> <p>Temporisation inexistante sur certains appareils de mesure de dépression.</p>	<p>Fonctionnement certain de l'extracteur installé pour assurer la fonction secours.</p> <p>La dépression n'est jamais nulle lors du dysfonctionnement d'un extracteur.</p> <p>Lors de l'arrêt d'un extracteur, baisse provisoire de la dépression mais restant dans les limites de la valeur réglementaire.</p>	<p>Adjonction de matériel pour l'entrée d'air de compensation supplémentaire.</p> <p>Encrassement des filtres de l'extracteur installé.</p>



Visualisation de l'effet de gonflement (polyane gonflé) lié au maintien à l'arrêt de l'extracteur de secours, générant un risque grave de décolmatage des filtres dans la zone lors des vérifications avant le démarrage du chantier.

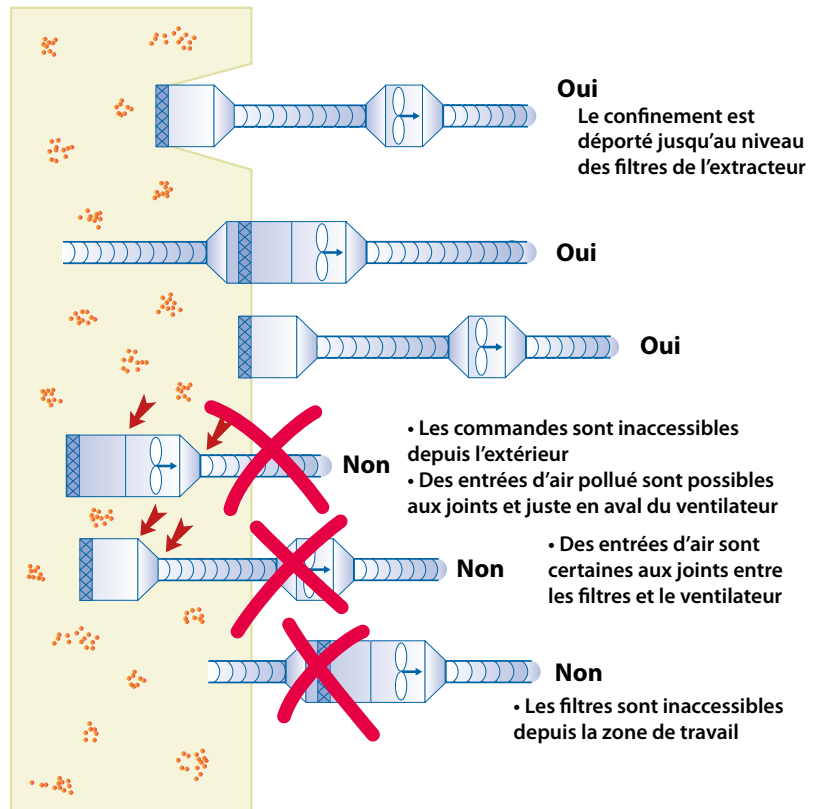
Fiche technique 6

Extracteurs

5. Installation des extracteurs

Il est possible de fixer des conseils généraux pour l'implantation des extracteurs :

- situer les extracteurs à l'opposé des entrées d'air,
- placer les extracteurs de façon à créer des flux d'air convergents,
- les commandes électriques de l'extracteur doivent être accessibles depuis l'extérieur de la zone,
- les filtres des extracteurs doivent être accessibles depuis l'intérieur de la zone,
- le rejet de l'air se fait à l'extérieur du bâtiment, à défaut dans une zone inoccupée à condition d'utiliser des extracteurs équipés de deux filtres THE. Dans ce cas, cette zone doit disposer d'ouvertures vers l'extérieur et fait l'objet de mesures environnementales en sortie des extracteurs pour vérifier qu'ils ne refoulent pas des fibres,
- le caisson filtrant est installé en limite de confinement, pour garantir un rejet d'air épuré suivant les caractéristiques des filtres installés.



Fiche technique 7

Mesures et instrumentation

Le bilan aéraulique sur chantier ne nécessite que des mesures de pression différentielle, qui sont réalisées à l'aide d'un manomètre. Cela est justifié par la présence d'abaques débit/pression pour l'ensemble des éléments composant le système de ventilation et par la vérification de l'état de chaque élément. La création de ces abaques s'effectue généralement par le fabricant à l'aide d'un banc test comme celui décrit dans la fiche technique n° 5 pour les EACM.

L'appareil le mieux adapté est un micro-manomètre offrant une précision de l'ordre de 1 Pa sur la gamme +/- 50 Pa.

De plus, il est nécessaire de vérifier la qualité de la barrière dynamique des installations de décontamination des déchets, et de contrôler que les vitesses d'air au niveau des grilles d'aération des installations de décontamination (personnel et déchets) sont supérieures à 0,5 m/s. Dans ce cas, les mesures de vitesse d'air s'effectuent à l'aide d'un anémomètre à hélice ou à fil chaud.

Cependant, une entreprise peut vouloir réaliser des mesures complémentaires sur chantier, afin d'obtenir un retour d'expérience sur son matériel ou d'estimer le taux de fuite d'un confinement.

Ces mesures peuvent se faire dans les conduits ou les ouvertures. Les méthodes proposées donnent un ordre de grandeur des vitesses d'air qui permettent d'en déduire les débits.

Une vitesse moyenne est calculée à partir des vitesses locales mesurées en plusieurs points définis.

1. Mesures en sortie de conduit

Dans un conduit où s'écoule de l'air, le débit est déterminé par la relation :

$$Q = S \cdot V \cdot 3600$$

Q : débit d'air [m³/h],

S : section où s'effectuent les mesures [m²],

V : vitesse moyenne de l'air dans cette section [m/s].

Vitesses locales mesurées : 4,2 m/s ;

3,7 m/s ; 4,1 m/s ; 4,6 m/s ; 3,4 m/s.

Vitesse moyenne calculée : 4 m/s.

Diamètre du conduit souple : 400 mm, soit S = 0,125 m².

$$\begin{aligned} Q &= S \cdot V \cdot 3600 \\ &= 0,125 \times 4 \times 3600 \\ &= 1800 \text{ m}^3/\text{h}. \end{aligned}$$



Exemple : mesure en sortie de conduit souple au refoulement d'un extracteur

2. Mesures dans les ouvertures

La méthode de mesure recommandée pour mesurer un débit dans une ouverture consiste à utiliser un balomètre, en particulier au niveau d'une extraction. Les dimensions du balomètre doivent être adaptées à la dimension de l'ouverture considérée.

À défaut, le débit peut être estimé à partir d'une exploration du champ de vitesse dans l'ouverture à l'aide d'un anémomètre. Il est important de souligner que cette méthode peut conduire à des incertitudes élevées, de l'ordre de 30 %.



Exemple : estimation en amont du préfiltre d'un extracteur

Fiche technique 7

Mesures et instrumentation

Le débit est calculé par la relation suivante :

$$Q = S_p \cdot V \cdot 3600$$

Q : débit d'air [m^3/h],

S_p : section de passage de l'air où s'effectuent les mesures [m^2],

V : vitesse moyenne de l'air dans cette section [m/s],

Vitesses locales mesurées en m/s :

7 ; 6,9 ; 6,3 ; 6,4 ; 6,8 ; 7,7 ; 6,9 ; 7,1.

Vitesse moyenne calculée : $V = 7 \text{ m/s}$.

Surface réelle de passage de l'air :

$$S_p = (0,1 \times 0,1) \times 18 = 0,180 \text{ m}^2.$$

$$Q = S_p \cdot V \cdot 3600$$

$$= 0,180 \times 7 \times 3600$$

$$= 4536 \text{ m}^3/h.$$

Lorsque la surface de passage de l'air au niveau du filtre est connue de manière approximative (notamment à cause de la présence de la grille car-

tonnée qui occulte une partie de la surface de passage de l'air), il convient dans ce cas de considérer la surface totale du filtre et d'appliquer un coefficient de correction K d'une valeur maximale de 0,6 dans la formule, tel que prévu dans la réglementation (voir arrêté du 9 octobre 1987).

Vitesses locales mesurées en m/s :

7 ; 6,9 ; 6,3 ; 6,4 ; 6,8 ; 7,7 ; 6,9 ; 7,1.

Vitesse moyenne calculée : $V = 7 \text{ m/s}$.

Surface totale du filtre :

$$S_f = 0,47 \times 0,47 = 0,221 \text{ m}^2.$$

$$Q = K \cdot S_f \cdot V \cdot 3600$$

$$= 0,6 \times 0,221 \times 7 \times 3600$$

$$= 3342 \text{ m}^3/h.$$

Cet exemple utilisant un coefficient correctif montre que l'incertitude de la méthode d'exploration du champ de vitesse est élevée et qu'elle tend à sous-estimer le débit d'extraction.

Abréviations, symboles

EACM	Entrée d'air de compensation maîtrisée
EAR	Entrée d'air de réglage
MCA	Matériau contenant de l'amiante
h⁻¹	Par heure
m³/h	Mètre cube par heure
m/s	Mètre par seconde
ND	Note documentaire
≤	Inférieur ou égal
Δ P	Différence de pression en Pa
≥	Supérieur ou égal
Pa	Pascal (unité de pression)

Références

TEXTES RÉGLEMENTAIRES

Code du travail – Articles R. 4412-94 à R. 4412-148.

Décret n° 2012-639 du 4 mai 2012 modifié relatif aux risques d'exposition à l'amiante.

Arrêté du 8 avril 2013 modifié relatif aux règles techniques, aux mesures de prévention et aux moyens de protection collective à mettre en œuvre par les entreprises lors d'opérations comportant un risque d'exposition à l'amiante.

Arrêté du 9 octobre 1987 relatif au contrôle de l'aération et de l'assainissement des locaux de travail pouvant être prescrits par l'inspecteur du travail (annexe I-B).

Instruction n° DGT/CT2/2015/238 du 16 octobre 2015 concernant l'application du décret du 29 juin 2015 relatif aux risques d'exposition à l'amiante.

BIBLIOGRAPHIE

NF EN 1822-1 – Filtres à air à haute efficacité, (EPA, HEPA et ULPA). Partie 1 : Classification, essais de performance et marquage, AFNOR, 2010, 22 p.

Principes généraux de ventilation, Guide pratique de ventilation n° 0 – INRS, ED 695, 4^e éd., 2015, 40 p.

RAPP R., DANET J.P., DUBERNET F., MAGNIEZ G., AUSSEL H., ROLIN A. – Étude et analyse des écoulements de ventilation, par simulation numérique avec EOL3D, du sas d'accès du personnel. *Hygiène et sécurité du travail*, ND 2185, INRS, janvier 2003, 11 p.

Travaux de retrait ou d'encapsulage de matériaux contenant de l'amiante. Guide de prévention. INRS, ED 6091, 2^e éd., déc. 2012, 225 p.

DANET J.P., DUBERNET F., MAGNIEZ G., AUSSEL H., ROLIN A. – Le bilan aéraulique des chantiers d'amiante. *Hygiène et sécurité du travail*, ND 2137, 2000, 25 p.

BONTHOUX F., FONTAINE J.R. – Mesure des débits d'air en conduit. Incertitude liée au nombre et à la position des points de mesures – *Hygiène et sécurité du travail*, PR 49-227, 2012, 5 p.

BONTHOUX F., HELLA F. – Torches aspirantes MIG/MAG : un nouveau référentiel pour améliorer leur efficacité. *Hygiène et sécurité du travail*, NT 34, INRS, n° 241, déc. 2015, 6 p.

Remerciements

Les auteurs remercient les sociétés BEST, CUBAIR, DECONTA, LAPRO et SEBEMEX pour leur relecture de la fiche 5 en particulier, ainsi que Francis BONTHOUX du laboratoire Ingénierie aéronautique de l'INRS pour son expertise sur les systèmes de ventilation.

Pour obtenir en prêt les audiovisuels et multimédias et pour commander les brochures et les affiches de l'INRS, adressez-vous au service Prévention de votre Carsat, Cram ou CGSS.

Services Prévention des Carsat et Cram

Carsat ALSACE-MOSELLE

(67 Bas-Rhin)
14 rue Adolphe-Seyboth
CS 10392
67010 Strasbourg cedex
tél. 03 88 14 33 00
fax 03 88 23 54 13
prevention.documentation@carsat-am.fr
www.carsat-alsacemoselle.fr

(57 Moselle)
3 place du Roi-George
BP 31062
57036 Metz cedex 1
tél. 03 87 66 86 22
fax 03 87 55 98 65
www.carsat-alsacemoselle.fr

(68 Haut-Rhin)
11 avenue De-Lattre-de-Tassigny
BP 70488
68018 Colmar cedex
tél. 03 69 45 10 12
www.carsat-alsacemoselle.fr

Carsat AQUITAINE

(24 Dordogne, 33 Gironde,
40 Landes, 47 Lot-et-Garonne,
64 Pyrénées-Atlantiques)
80 avenue de la Jallère
33053 Bordeaux cedex
tél. 05 56 11 64 36
fax 05 57 57 70 04
documentation.prevention@
carsat-aquitaine.fr
www.carsat.aquitaine.fr

Carsat AUVERGNE

(03 Allier, 15 Cantal,
43 Haute-Loire,
63 Puy-de-Dôme)
Espace Entreprises
Clermont République
63036 Clermont-Ferrand cedex 9
tél. 04 73 42 70 19
offredoc@carsat-auvergne.fr
www.carsat-auvergne.fr

Carsat BOURGOGNE - FRANCHE-COMTE

(21 Côte-d'Or, 25 Doubs,
39 Jura, 58 Nièvre,
70 Haute-Saône,
71 Saône-et-Loire, 89 Yonne,
90 Territoire de Belfort)
46, rue Elsa Triolet
21044 Dijon cedex
tél. 03 80 33 13 92
fax 03 80 33 19 62
documentation.prevention@carsat-bfc.fr
www.carsat-bfc.fr

Carsat BRETAGNE

(22 Côtes-d'Armor, 29 Finistère,
35 Ille-et-Vilaine, 56 Morbihan)
236 rue de Châteaugiron
35030 Rennes cedex
tél. 02 99 26 74 63
fax 02 99 26 70 48
drpcdi@carsat-bretagne.fr
www.carsat-bretagne.fr

Carsat CENTRE-VAL DE LOIRE

(18 Cher, 28 Eure-et-Loir, 36 Indre,
37 Indre-et-Loire, 41 Loir-et-Cher, 45 Loiret)
36 rue Xaintraillies
45033 Orléans cedex 1
tél. 02 38 81 50 00
fax 02 38 79 70 29
prev@carsat-centre.fr
www.carsat-centre.fr

Carsat CENTRE-OUEST

(16 Charente, 17 Charente-Maritime,
19 Corrèze, 23 Creuse, 79 Deux-Sèvres,
86 Vienne, 87 Haute-Vienne)
37 avenue du président René-Coty
87048 Limoges cedex
tél. 05 55 45 39 04
fax 05 55 45 71 45
cirp@carsat-centreouest.fr
www.carsat-centreouest.fr

Cram ÎLE-DE-FRANCE

(75 Paris, 77 Seine-et-Marne,
78 Yvelines, 91 Essonne,
92 Hauts-de-Seine, 93 Seine-Saint-Denis,
94 Val-de-Marne, 95 Val-d'Oise)
17-19 place de l'Argonne
75019 Paris
tél. 01 40 05 32 64
fax 01 40 05 38 84
demande.de.doc.inrs@cramif.cnamts.fr
www.cramif.fr

Carsat LANGUEDOC-ROUSSILLON

(11 Aude, 30 Gard, 34 Hérault,
48 Lozère, 66 Pyrénées-Orientales)
29 cours Gambetta
34068 Montpellier cedex 2
tél. 04 67 12 95 55
fax 04 67 12 95 56
prevdoc@carsat-lr.fr
www.carsat-lr.fr

Carsat MIDI-PYRÉNÉES

(09 Ariège, 12 Aveyron, 31 Haute-Garonne,
32 Gers, 46 Lot, 65 Hautes-Pyrénées,
81 Tarn, 82 Tarn-et-Garonne)
2 rue Georges-Vivent
31065 Toulouse cedex 9
fax 05 62 14 88 24
doc.prev@carsat-mp.fr
www.carsat-mp.fr

Carsat NORD-EST

(08 Ardennes, 10 Aube, 51 Marne,
52 Haute-Marne, 54 Meurthe-et-Moselle,
55 Meuse, 88 Vosges)
81 à 85 rue de Metz
54073 Nancy cedex
tél. 03 83 34 49 02
fax 03 83 34 48 70
documentation.prevention@carsat-nordest.fr
www.carsat-nordest.fr

Carsat NORD-PICARDIE

(02 Aisne, 59 Nord, 60 Oise,
62 Pas-de-Calais, 80 Somme)
11 allée Vauban
59662 Villeneuve-d'Ascq cedex
tél. 03 20 05 60 28
fax 03 20 05 79 30
bedprevention@carsat-nordpicardie.fr
www.carsat-nordpicardie.fr

Carsat NORMANDIE

(14 Calvados, 27 Eure, 50 Manche,
61 Orne, 76 Seine-Maritime)
Avenue du Grand-Cours, 2022 X
76028 Rouen cedex
tél. 02 35 03 58 22
fax 02 35 03 60 76
prevention@carsat-normandie.fr
www.carsat-normandie.fr

Carsat PAYS DE LA LOIRE

(44 Loire-Atlantique, 49 Maine-et-Loire,
53 Mayenne, 72 Sarthe, 85 Vendée)
2 place de Bretagne
44932 Nantes cedex 9
tél. 02 51 72 84 08
fax 02 51 82 31 62
documentation.rp@carsat-pl.fr
www.carsat-pl.fr

Carsat RHÔNE-ALPES

(01 Ain, 07 Ardèche, 26 Drôme, 38 Isère,
42 Loire, 69 Rhône, 73 Savoie,
74 Haute-Savoie)
26 rue d'Aubigny
69436 Lyon cedex 3
tél. 04 72 91 97 92
fax 04 72 91 98 55
preventionrp@carsat-ra.fr
www.carsat-ra.fr

Carsat SUD-EST

(04 Alpes-de-Haute-Provence,
05 Hautes-Alpes, 06 Alpes-Maritimes,
13 Bouches-du-Rhône, 2A Corse-du-Sud,
2B Haute-Corse, 83 Var, 84 Vaucluse)
35 rue George
13386 Marseille cedex 5
tél. 04 91 85 85 36
fax 04 91 85 75 66
documentation.prevention@carsat-sudest.fr
www.carsat-sudest.fr

Services Prévention des CGSS

CGSS GUADELOUPE

DRPPS Service prévention, Espace Amédée Fengarol
Parc d'activités La Providence, ZAC de Dothémare
97139 Les Abymes - BP 486, 97159 Pointe à Pitre cedex
tél. 0590 21 46 00 – fax 0590 21 46 13
risques.professionnels@cgss-guadeloupe.cnamts.fr

CGSS GUYANE

Direction des risques professionnels
CS 37015, 97307 Cayenne cedex
tél. 05 94 29 83 04 – fax 05 94 29 83 01
prevention-rp@cgss-guyane.fr

CGSS LA RÉUNION

4 boulevard Doret, CS 53001
97741 Saint-Denis cedex 9
tél. 02 62 90 47 00 – fax 02 62 90 47 01
prevention@cgss-reunion.fr

CGSS MARTINIQUE

Quartier Place-d'Armes,
97210 Le Lamentin cedex 2
tél. 05 96 66 51 31 et 05 96 66 51 32 – fax 05 96 51 81 54
prevention972@cgss-martinique.fr
www.cgss-martinique.fr

COLLECTION DES GUIDE PRATIQUE DE VENTILATION

0. Principes généraux de ventilation	ED 695
1. L'assainissement de l'air des locaux de travail	ED 657
2. Cuves et bains de traitement de surface	ED 651
3. Mise en œuvre manuelle des polyesters stratifiés	ED 665
4. Postes de décochage en fonderie	ED 662
5. Ateliers d'encollage de petits objets (chaussures)	ED 672
6. Captage et traitement des aérosols de fluides de coupe	ED 972
7. Opérations de soudage à l'arc et de coupage	ED 668
8. Espaces confinés	ED 703
9. 1. Cabines d'application par pulvérisation de produits liquides	ED 839
9. 2. Cabines d'application par projection de peintures en poudre	ED 928
9. 3. Pulvérisation de produits liquides. Objets lourds ou encombrants	ED 906
10. Le dossier d'installation de ventilation	ED 6008
11. Sérigraphie	ED 6001
12. Seconde transformation du bois	ED 750
13. Fabrication des accumulateurs au plomb	ED 746
14. Décapage, dessablage, dépolissage au jet libre en cabine	ED 768
15. Réparation des radiateurs automobiles	ED 752
16. Ateliers de fabrication de prothèses dentaires	ED 760
17. Emploi des matériaux pulvérulents	ED 767
18. Sorbonnes de laboratoire	ED 795
19. Usines de dépollution des eaux résiduaires et ouvrages d'assainissement	ED 820
20. Postes d'utilisation manuelle de solvants	ED 6049
21. Ateliers de plasturgie	ED 6146
22. Laboratoires d'anatomie et de cytologie pathologiques	ED 6185
23. Amiante. Aéraulique des chantiers sous confinement	ED 6307



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 6307

1^{re} édition • septembre 2018 • 2 000 ex. • ISBN 978-2-7389-2385-1

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

www.inrs.fr

YouTube

