

Étude de cas

CHANTIERS DE DÉSAMIANTAGE SOUS CONFINEMENT: IMPACT DE LA VENTILATION SUR L'EMPOUSSIÈREMENT

ROMAIN
GUICHARD
INRS,
département
Ingénierie des
procédés

ANITA
ROMERO-
HARIOT
INRS,
département
Expertise
et conseil
technique

FRANÇOIS
DUBERNET,
contrôleur
de sécurité,
Carsat
Aquitaine

→ **LA PROBLÉMATIQUE:** Les mesures d'empoussièrément des processus sur les chantiers de désamiantage sont généralement réalisées sans relever simultanément les paramètres aérauliques au niveau de la zone concernée par le traitement. Or, la ventilation mise en œuvre sur ces chantiers joue non seulement son rôle de mise en dépression de la zone confinée par rapport à l'extérieur, pour éviter la dispersion des fibres en dehors du chantier, mais aussi celui de dilution de la concentration de fibres en suspension dans la zone de travail. Une relation entre la dépression et l'empoussièrément a déjà été identifiée par des mesures sur chantier [1], mais le taux de renouvellement d'air correspondant n'avait pas été mesuré simultanément.

L'objectif est ici d'étudier une situation précise afin de mieux comprendre et quantifier la relation entre la ventilation et l'empoussièrément sur les chantiers de désamiantage. Cela permettra d'évaluer la pertinence des mesures réalisées sur site et d'améliorer le retour d'expérience pour l'évaluation *a priori* des niveaux d'empoussièrément des « processus amiante »¹.

→ **LA RÉPONSE DE L'INRS:** La simulation numérique prévisionnelle est un outil efficace pour visualiser les flux d'air et prévoir le comportement d'un système de ventilation à différents régimes de fonctionnement. Nous proposons d'appliquer cette technique à un chantier de désamiantage réel². Le chantier de désamiantage sous confinement est situé sur un étage complet d'un immeuble de grande hauteur (IGH), représenté en rouge sur la figure 1. Une passerelle reliant ce bâtiment à un autre également visible sur la figure 1 (A) fait également partie de la zone confinée.

Le bilan aéraulique prévisionnel a été réalisé en divisant le volume de la zone à désamianter (1 700 m³) en plusieurs zones élémentaires virtuelles, comme préconisé dans la note documentaire ND 2137 [2],

pour permettre une bonne répartition des apports d'air neuf.

Pour cette étude de cas, un chantier de niveau 2 avec un taux de renouvellement d'air de 15 volumes/heure a été choisi en référence au tableau 1. Pour réaliser le bilan aéraulique prévisionnel, la dépression a été fixée à 20 Pa.

Pour atteindre ces objectifs, à partir des sept zones élémentaires prédéfinies, le système de ventilation est composé de :

- 26 entrées d'air de compensation maîtrisée, apportant chacune 850 m³/h sous 20 Pa;
- 4 entrées d'air de réglage à volet manuel;
- 1 installation de décontamination du personnel, apportant 400 m³/h sous 20 Pa;
- 1 installation de décontamination pour les déchets, apportant 2000 m³/h sous 20 Pa;
- 7 extracteurs équipés de filtres à très haute efficacité (THE), ayant chacun une capacité minimale d'extraction de 3500 m³/h (filtres usagés) et une capacité maximale de 4500 m³/h (filtres neufs).

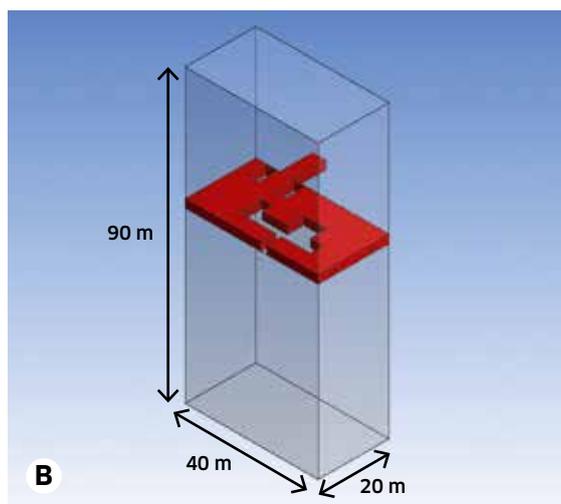
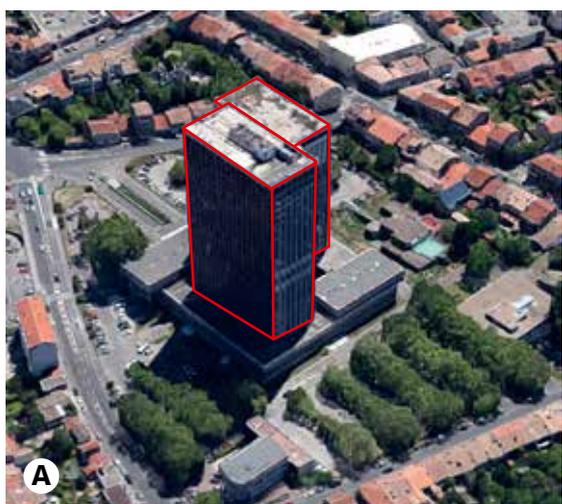
Les entrées d'air de réglage permettent notamment d'ajuster la dépression, lorsque les filtres des extracteurs s'encrassent ou sont remplacés. Il est important de signaler qu'il existe d'autres entrées d'air, non maîtrisées, qui résultent des fuites à travers

ENCADRÉ

QU'EST-CE QUE L'ÂGE DE L'AIR ?

L'âge de l'air correspond au temps moyen nécessaire pour que de l'air provenant directement de l'extérieur atteigne un endroit donné dans la zone.

Il est généralement exprimé en secondes. Ainsi, l'air est neuf (âge = 0 s) à proximité des entrées d'air et il est plus « âgé » à proximité des extracteurs ou dans des zones de stagnation, communément appelées « zones mortes ».



↑ FIGURE 1 Environnement du chantier (A) et confinement du 15^e étage de l'immeuble à traiter (B).

NIVEAU D'EMPOUSSIERÈMENT DU PROCESSUS	PREMIER NIVEAU	DEUXIÈME NIVEAU		TROISIÈME NIVEAU		NON AUTORISÉ
Concentration c de fibres d'amiante mesurée sur opérateur [f/L]	$c < 100$	$100 \leq c < 3300$	$3300 \leq c < 6000$	$6000 \leq c < 10000$	$10000 \leq c < 25000$	$c \geq 25000$
Taux moyen (Tr) de renouvellement d'air du volume de la zone [h^{-1}]	Pas de taux de renouvellement imposé, mais un apport d'air neuf de $60 \text{ m}^3/h$ par personne doit être assuré	6	15	20	20 ou plus	–
Dépression minimale [Pa]	Pas de dépression	10		10		–

↑ TABLEAU 1 Rappel des conditions aérauliques minimales fixées par la doctrine réglementaire actuelle selon les niveaux d'empoissierement des processus [3].

l'enveloppe du confinement mis en dépression par rapport à l'extérieur. L'ensemble des équipements de ventilation réellement installés, ainsi que les photographies correspondantes, sont représentés sur la figure 2.

Afin d'étudier l'influence de la dépression sur le taux de renouvellement d'air dans la zone de confinement, la carte des vitesses de l'air ainsi que la carte de l'âge de l'air (Cf. Encadré) dans un plan situé à 1,70 m du sol ont été établies. Cette valeur correspond à la hauteur des entrées d'air de compensation installées, et à la hauteur moyenne des voies respiratoires lorsqu'un opérateur est en station debout. Pour réaliser cette simulation, il est nécessaire de connaître les abaques débit/pression de chaque équipement, qui sont idéalement fournis par le fabricant du matériel ou à défaut, obtenus par retour d'expérience de l'entreprise de désamiantage. Un exemple d'abaque débit/pression pour une entrée d'air de compensation est représenté sur la figure 3. Pour une installation de ventilation correctement réalisée [2], la figure 4 illustre l'influence d'une diminution de la dépression (20 Pa, 15 Pa,

10 Pa) sur le renouvellement de l'air dans la zone confinée. L'âge de l'air maximum et la vitesse moyenne de l'air dans une entrée de compensation pour chaque configuration sont également regroupés dans le tableau 2. Les constats sont les suivants:

- l'âge de l'air est très hétérogène dans la zone confinée, celui-ci pouvant varier de 0 à 1300 s. Cette observation peut être vérifiée sur site grâce à un test de fumée. En effet, la fumée doit disparaître beaucoup plus rapidement à proximité des apports d'air neuf qu'à proximité des extracteurs ou dans les « zones mortes ». Un comportement identique concernant les concentrations en fibres est attendu;
- le taux de renouvellement d'air global dans la zone peut être insuffisant par rapport à la valeur minimale imposée par la réglementation, bien que la dépression soit supérieure à la valeur minimale réglementaire de 10 Pa. On rappelle que la dépression est suivie et enregistrée pendant la phase des travaux, contrairement au taux de renouvellement d'air qui est déterminé et calculé lors du bilan aéraulique prévisionnel. Il est donc



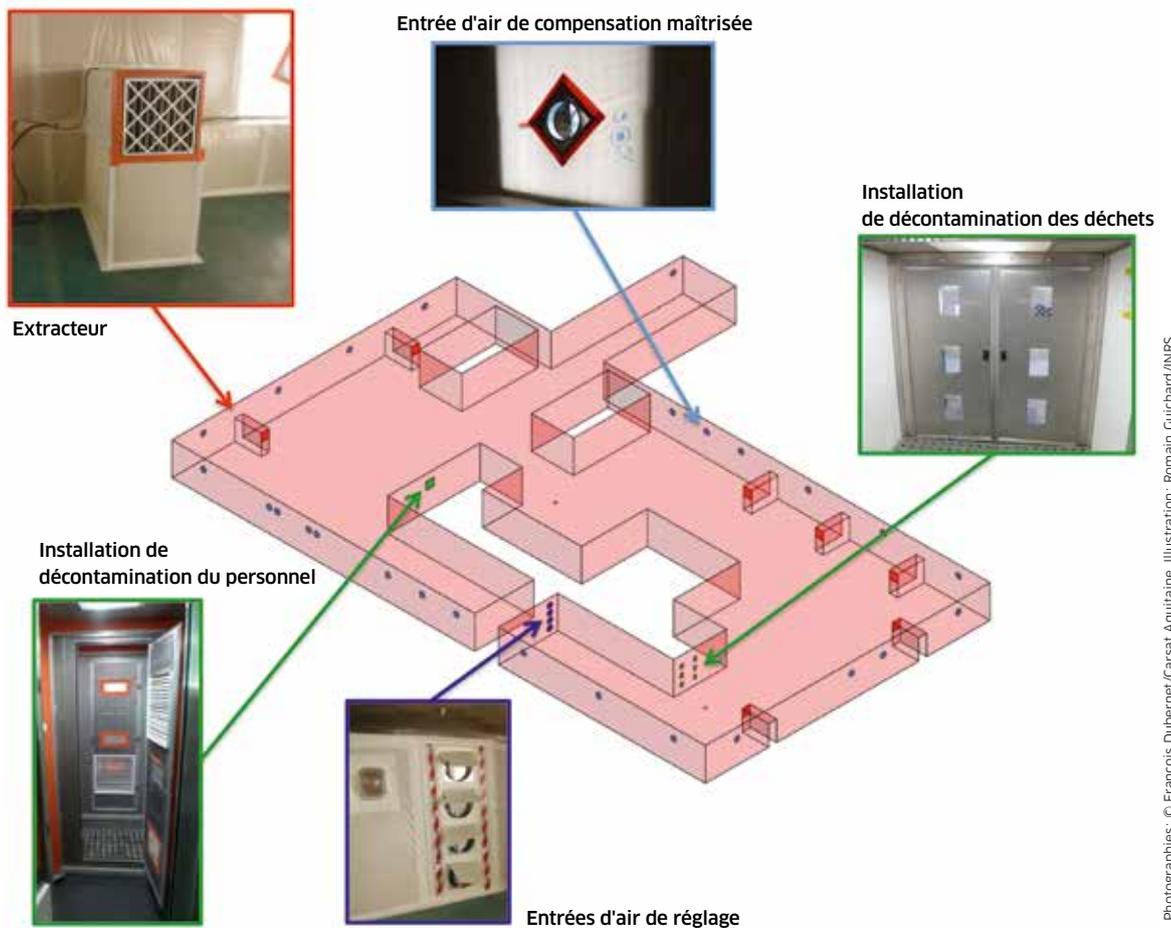


FIGURE 2 → Localisation des équipements de ventilation mis en œuvre dans la zone confinée.

Photographies : © François Dubernet/Carsat Aquitaine; Illustration : Romain Guichard/INRS

essentiel que l'entreprise connaisse et maîtrise le bilan aéraulique du chantier à la fois à la dépression choisie (20 Pa) et à la dépression minimale réglementaire (10 Pa);

- les vitesses de l'air transitant par les entrées d'air de compensation maîtrisée (EACM) peuvent devenir trop faibles pour constituer une barrière dynamique efficace. Il est donc utile de vérifier, grâce aux abaques débit/pression et à la section d'ouverture des équipements utilisés, qu'une vitesse minimale (1 m/s par retour d'expérience) dans l'EACM soit effectivement assurée tout au long des travaux.

En outre, l'impact de la diminution du taux de renouvellement sur la concentration en fibres dans la zone a été analysé, en simulant une source constante de fibres, ayant un diamètre équivalent aérodynamique³ de 2 µm, à un débit de 960 fibres par seconde. La source située au plafond est un disque de 20 cm de diamètre et les fibres sont mises en suspension à une vitesse moyenne de 0,5 m/s. Ces valeurs sont arbitraires, mais peuvent représenter une émission de fibres caractéristique d'un processus de retrait de matériaux contenant de l'amiante.

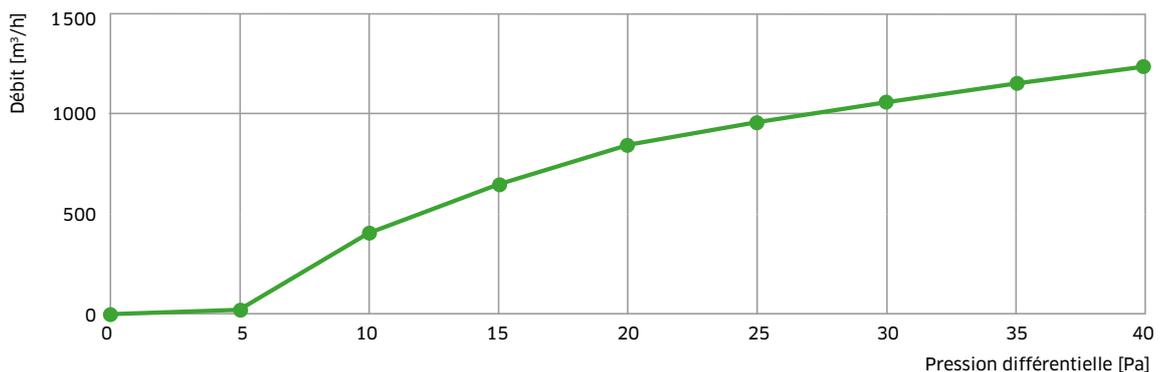
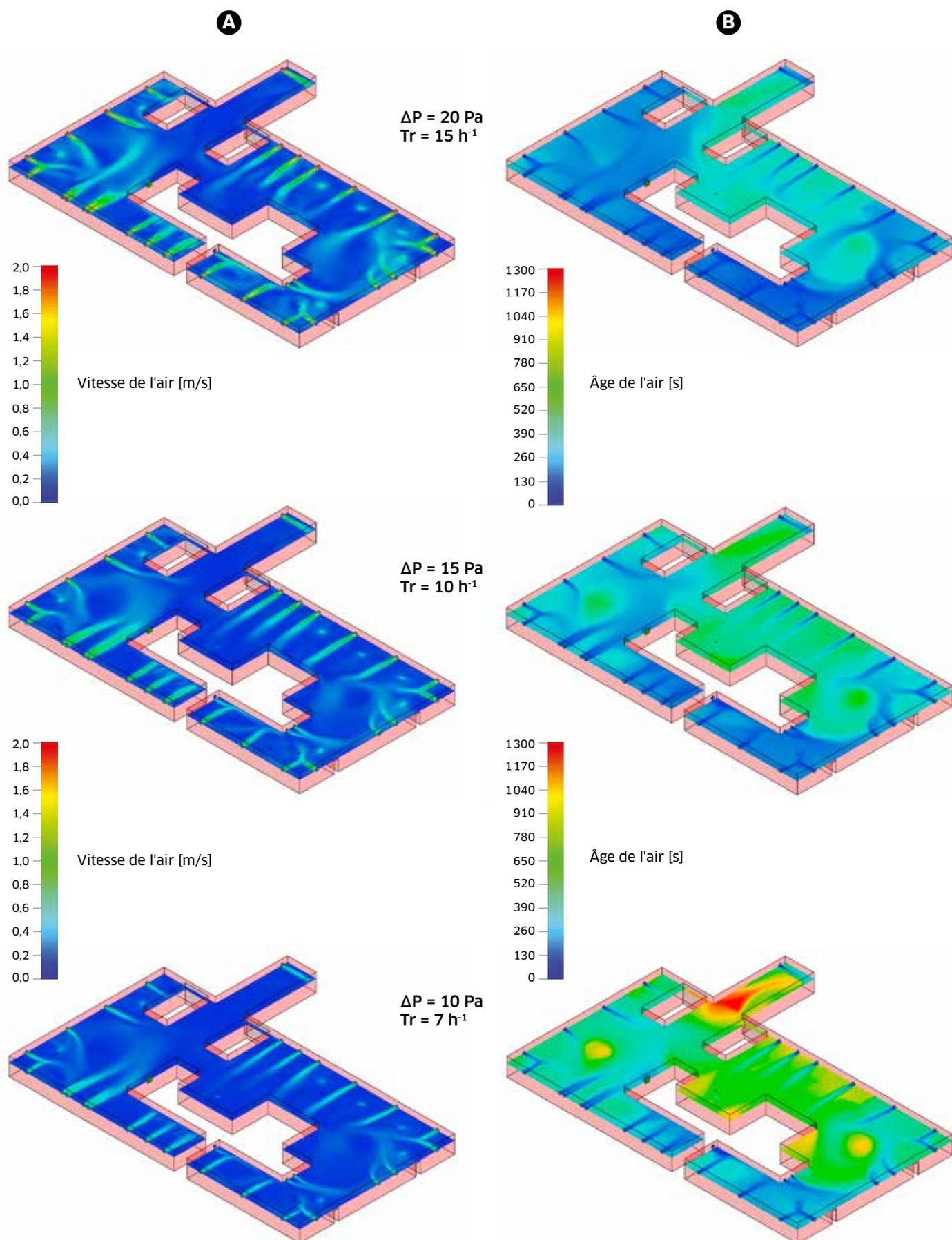


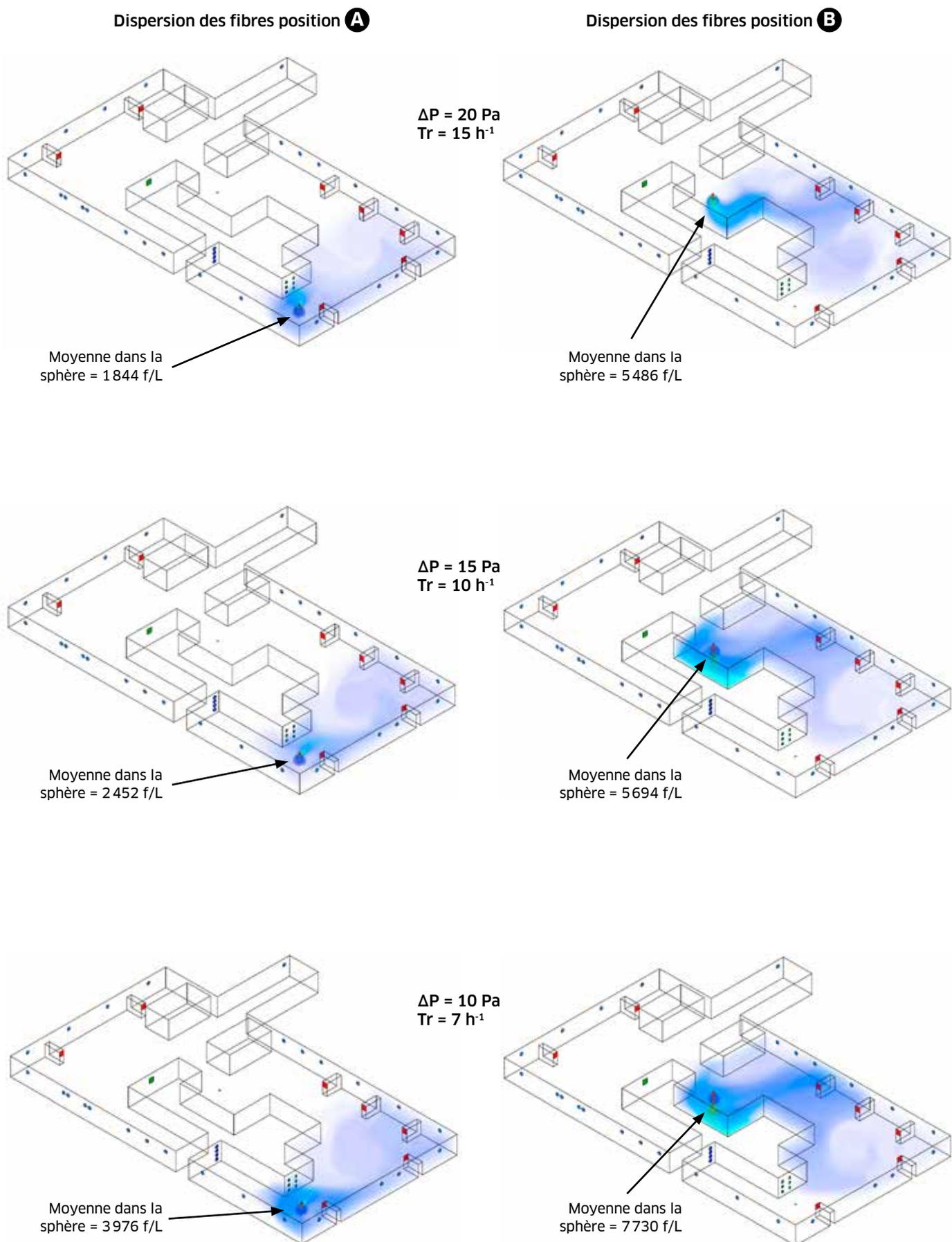
FIGURE 3 → Exemple d'abaque débit/pression pour une entrée d'air de compensation maîtrisée.



↑ FIGURE 4 Illustration de l'impact d'une diminution de la dépression dans la zone confinée sur les vitesses de l'air (A) et sur l'âge de l'air (B).

© Romain Guichard/INRS





↑ FIGURE 5 Illustration de l'impact de la ventilation sur l'empoussièrement dans la zone pour un processus identique réalisé à deux endroits différents: position (A) et position (B).

PRESSION DIFFÉRENTIELLE ΔP [Pa]	TAUX DE RENOUVELLEMENT T_r [h ⁻¹]	VITESSE MOYENNE DE L'AIR DANS UNE ENTRÉE [m/s]	ÂGE DE L'AIR MAXIMUM [s]
20	15	1.9	542
15	10	1.3	719
10	7	0.9	1 300

La figure 5 présente l'empoussièremement résultant de ce processus dans deux configurations: lorsque le processus est mis en œuvre dans une zone fortement renouvelée en air, et lorsque le processus est mis en œuvre dans une zone faiblement renouvelée. Les sphères bleues représentées sur la figure 5, associées aux concentrations moyennes dans leur volume, montrent le niveau d'empoussièremement auquel serait exposé un opérateur debout à l'aplomb de la source et mettant en œuvre le processus. Dans cet exemple, à la position (B), une baisse du taux de renouvellement simulée par une chute de dépression de 20 à 10 Pa entraîne une augmentation de concentration d'environ 2 200 f/L.

POUR EN SAVOIR +

• L'amiante est un agent cancérigène, sans seuil et à effet différé de plusieurs dizaines d'années, en ce qui concerne les maladies les plus graves (cancers) qu'il peut provoquer par inhalation. La fiche Toxicologique « Amiante » (FT 145) de l'INRS a été mise à jour et tient compte des connaissances récentes sur les expositions des travailleurs à ces fibres. Elle est accessible sur le lien: www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_145

Pour une dépression de 10 Pa et pour cette source d'émission de fibres, le processus devrait donc être considéré en niveau 3.

La relation forte entre l'empoussièremement et le renouvellement de l'air est illustrée dans cette étude de cas: plus l'air est neuf, plus la concentration en fibres est faible, ce qui s'explique par le phénomène de dilution. Des différences significatives de concentrations en fibres, selon le taux de renouvellement d'air moyen dans la zone et selon la position de la source de fibres par rapport aux équipements de ventilation, sont observées.

En conclusion, ces constats doivent être pris en compte lors des chantiers tests et de validation définissant le niveau d'empoussièremement des processus, pour lesquels les concentrations mesurées peuvent être très différentes selon l'endroit où le processus est mis en œuvre par rapport aux composants du système de ventilation. Lors des évaluations des processus, il est donc préférable de se placer dans une zone où l'âge de l'air est le plus

important (identifiable par un test de fumée ou par retour d'expérience, dans tous les cas distante des apports directs d'air neuf). Réalisées dans ces conditions, les évaluations permettront d'ajuster au mieux les moyens de prévention sur les chantiers de désamiantage et de réduire ainsi les risques d'exposition des travailleurs pendant toute la durée du chantier. Les organismes accrédités en charge du mesurage de l'amiante devraient systématiquement décrire à l'aide d'un plan les conditions précises dans lesquelles les prélèvements sont effectués, notamment le positionnement de l'opérateur dans la zone et la surface de retrait de matériau amianté concernée lors du prélèvement. Par ailleurs, ces conditions devraient intégrer les données aérodynamiques du chantier, notamment l'emplacement des entrées d'air de compensation maîtrisées, des installations de décontamination et des extracteurs. Ainsi, pour établir son bilan aérodynamique prévisionnel, l'entreprise doit dimensionner son installation pour qu'à la dépression de 10 Pa, le taux de renouvellement d'air moyen réglementaire soit respecté. Il est également recommandé de n'abaisser en aucun cas le niveau des moyens de protection collective d'un chantier et les équipements de protection individuelle des opérateurs issus de l'évaluation initiale d'un processus. ●

↑ **TABLEAU 2**
Impact d'une diminution de la dépression sur l'aérodynamique dans la zone confinée.

1. Voir: www.inrs.fr/risques/amiante/prevention-risque-amiante.html

2. Dans les illustrations qui figurent dans cet article, la configuration du chantier réel a été simplifiée et les valeurs arrondies, de façon à alléger la présentation.

3. Le diamètre aérodynamique d'une fibre ou de toute autre particule non sphérique est le diamètre de la sphère de densité 1 000 kg/m³, ayant la même vitesse terminale de chute dans l'air au repos que la particule considérée.

BIBLIOGRAPHIE

[1] CHAZELET S., SILVENTE E., ROMERO-HARIOT A. – Expositions à l'amiante selon le poste occupé : zoom sur les préleveurs. *Hygiène et sécurité du travail*, 2016, 244, pp. 64-68. Accessible sur: www.hst.fr

[2] DANET J.P., DUBERNET F., MAGNIEZ G., AUSSEL H., ROLIN A. – ND 2137: Le bilan aérodynamique des chantiers d'amiante. *Hygiène et sécurité du travail*, 2000, 181, 25 p. (Nota: ce document fait actuellement l'objet d'une mise à jour et sera prochainement disponible sous la référence INRS ED 6307).

[3] 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. Accessible sur: circulaire.legifrance.gouv.fr/pdf/2015/10/cir_40162.pdf