

Notes techniques

ENTREPÔTS DE PNEUMATIQUES: UNE QUALITÉ D'AIR DÉGRADÉE

Cet article propose une présentation des composés chimiques que l'on peut retrouver dans l'air des entrepôts de pneumatiques, les facteurs impactant leur émission, ainsi qu'un aperçu de l'exposition des salariés en fonction de leur activité.

LAURENCE
ROBERT,
ROMAIN
GUICHARD
INRS,
département
Ingénierie
des procédés

L'exposition des salariés d'entrepôts logistiques au risque chimique provenant des produits stockés est mal connue. En 2024, près de 3,4 millions de salariés en équivalent temps plein travaillaient dans le secteur du commerce de détail et de la logistique en France [1]. Pour ces travailleurs, l'exposition aux composés chimiques peut passer inaperçue par méconnaissance du risque associé. En effet, ne manipulant pas directement des produits chimiques mais des biens de consommation courants, peu de salariés, employeurs ou préventeurs peuvent imaginer un risque chimique pour ces opérateurs. Or les composés organiques volatils (COV) émis par les produits de consommation stockés peuvent contribuer à dégrader la qualité de l'air des locaux de travail. Si des études ont été conduites spécifiquement sur la qualité de l'air intérieur (QAI) dans les commerces [2,3], très peu concernent les entrepôts

logistiques. Cependant, plusieurs spécificités de ces zones de stockage peuvent laisser présager une dégradation de la QAI : zones surchargées en produits neufs, turnover important avec l'arrivée journalière de conteneurs à dépoter, zones pas ou peu ventilées et dans lesquelles les températures ne sont pas maîtrisées et peuvent être élevées. Dans le cadre d'une étude récemment conduite à l'INRS relative à la caractérisation de la QAI dans un panel de dix entrepôts logistiques stockant des produits divers, il est apparu que la filière du stockage de pneumatiques (ci-après désignés par le terme « pneus »), présentait une dégradation de la QAI supérieure aux autres entrepôts du panel, si l'on se réfère aux concentrations de COV totaux présentées sur la *Figure 1*. Les COV totaux comprennent un ensemble de composés chimiques présentant de 6 à 16 atomes de carbone. Ils sont quantifiés à l'aide de prélèvement actif sur support Tenax et peuvent être un bon indicateur de diagnostic rapide de la QAI.

RÉSUMÉ

La caractérisation de la qualité de l'air intérieur dans le secteur de la logistique a révélé une dégradation significative de cette dernière dans les entrepôts de stockage de pneumatiques,

avec une signature chimique spécifique aux pneumatiques et la présence de composés cancérogènes, mutagènes ou reprotoxiques. Dans ce contexte, cet article propose un éclairage sur les composés

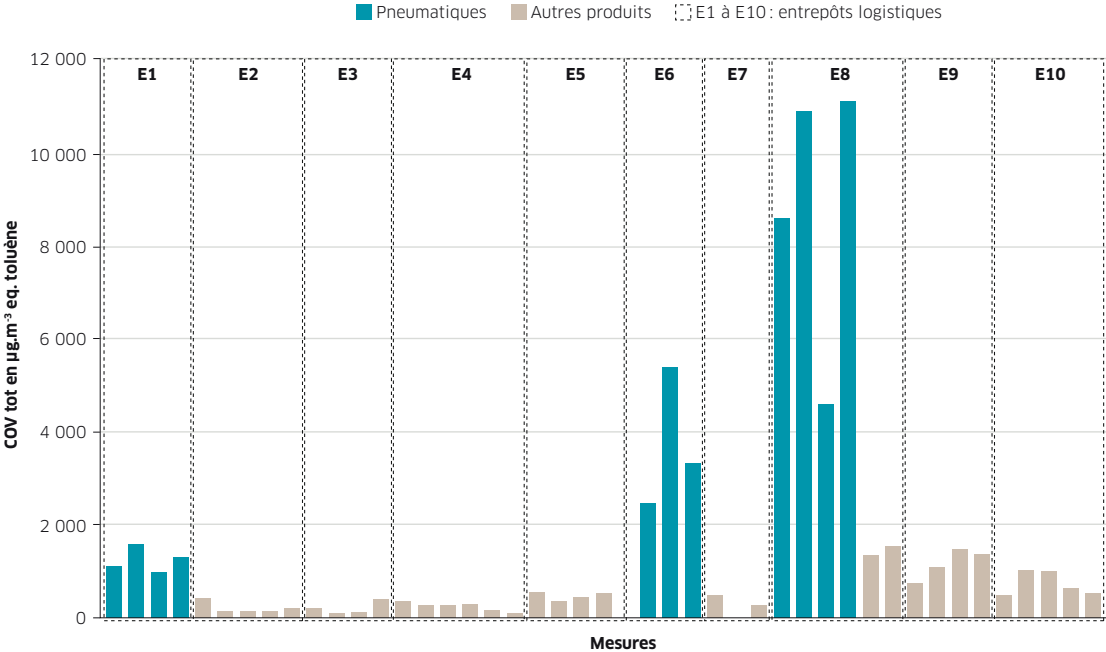
chimiques que l'on peut retrouver dans l'air de ces environnements de travail, les facteurs impactant leur émission, mais aussi un aperçu de l'exposition des salariés en fonction de leur activité.

TYRE WAREHOUSES: DEGRADED AIR QUALITY

The characterisation of indoor air quality in the logistics sector has revealed a significant deterioration in air quality within tyre storage warehouses, with a chemical

signature specific to tyres and the presence of carcinogenic, mutagenic or reprotoxic compounds. Against this backdrop, this article sheds light on the chemical compounds that

may be found in the air of these work environments and the factors affecting their emission, while also providing an overview of employee exposure according to their activity.



← FIGURE 1
Concentrations en COV totaux mesurées dans un panel de dix entrepôts logistiques.

Ces mesures de concentrations en COV totaux révèlent que les entrepôts de pneumatiques présentent une qualité de l'air nettement plus dégradée que les autres entrepôts stockant des produits divers (mobilier, objets de décoration, produits d'hygiène et d'entretien, produits de second œuvre...) emballés et filmés. C'est pourquoi cet article propose un focus sur les déterminants de la QAI puis sur sa caractérisation, en termes de composés majoritaires et de niveaux de concentration, dans la filière du stockage de pneus. Ces données sont également comparées à celles du panel complet des dix entrepôts logistiques évoqués

précédemment, afin de compléter l'analyse de la situation.

Comprendre les déterminants

Dans le but d'identifier les composés émis par ce type de matériau, un dégazage d'éprouvettes de pneus en cellule d'émission a été conduit selon les normes adéquates [4,5]. Des échantillons de quelques centimètres, prélevés sur un pneu neuf, ont été placés dans une cellule d'émission balayée par un gaz inerte à deux températures fixées à 30°C et 60°C. La valeur de 30°C représente une température atteignable en intérieur en période de forte

↓ TABLEAU 1
Principaux COV émis par l'échantillon en µg/g de pneu lors des essais de dégazage.

COMPOSÉS	N° CAS	DÉGAZAGE À 30 °C	DÉGAZAGE À 60 °C	RAPPORT DÙ À L'ÉLEVATION DE TEMPÉRATURE
Aniline	62-53-3	0,07	1,75	× 25
Benzothiazole	95-16-9	0,42	10,73	× 25
Méthylisobutylcétone (MIBK)	108-10-1	0,34	0,48	× 1,5
Octanoate d'éthyle	106-32-1	0,05	1,15	× 23
Cyclohexanone	108-94-1	0,33	0,53	× 1,6
4-(1,1 diméthyléthyl)cyclohexanone	98-53-3	< LQ	0,74	–
Naphtalène	91-20-3	< LQ	0,35	–
3-heptène, 2,2,4,6,6-pentamethyl	123-48-8	< LQ	0,37	–
Benzénamine, N-(2,2-diméthylpropyl)-N-méthyl	53927-61-0	< LQ	1,06	–
Quinoline, 1,2-dihydro-2,2,4-triméthyl	147-47-7	< LQ	4,42	–
Phénol, 4-(1,1,3,3-tétraméthylbutyl)	140-66-9	< LQ	6	–
Diphénylamine	122-39-4	< LQ	1,47	–
COV totaux*	–	1,51	37,58	× 25

* Les COV totaux sont exprimés en µg équivalent toluène par gramme de pneu. La limite de quantification (LQ) des COV est de 0,03 µg/g de pneu.



ENCADRÉ LISTES DES COMPOSÉS QUANTIFIÉS DANS CETTE ÉTUDE

Composés cibles de la QAI :

- Toluène
- O-/m-/p-xylène*
- Styrène
- Alpha-pinène
- Formaldéhyde
- Acétaldéhyde

Composés spécifiques aux pneus :

- Cyclohexanone
- Benzothiazole
- MIBK
- Nitrosamines
- Aniline

* O-/m-/p-xylène : ortho-, méta- et para- xylènes.

chaleur estivale. 60°C est une température extrême mais qui peut être observée dans les conteneurs exposés au soleil en attendant leur déchargement. Pour ces essais, des prélèvements sur tubes Tenax suivis d'analyses GC-MS (chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse) ont été effectués pour connaître les composés susceptibles d'être émis. Même si cette étape a été conduite sur deux échantillons issues d'un même pneu, elle permet d'identifier des COV d'intérêt émis par les pneus pour les quantifier ensuite dans des environnements de travail. On fait l'hypothèse que les COV spécifiques et majoritaires émis par le produit « pneu » sont identiques d'un pneu à l'autre.

Ces essais de dégazage révèlent deux informations : les COV émis spécifiquement par les pneus ainsi que l'impact de la température sur leur taux d'émission. Les composés quantifiés au cours de ces essais de dégazage sont répertoriés dans le *Tableau 1*. Certains composés sont classés cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques (CMR), comme l'aniline en catégorie C2, M2 et la MIBK en catégorie C2 [6]. Lors des essais à 60°C, en comparaison de ceux réalisés à 30°C, l'émission d'aniline et de benzothiazole augmente d'un facteur 25, soit respectivement de 0,07 à 1,75 µg/g de pneu et de 0,42 à 10,73 µg/g de pneu. Dans des proportions moindres, la MIBK

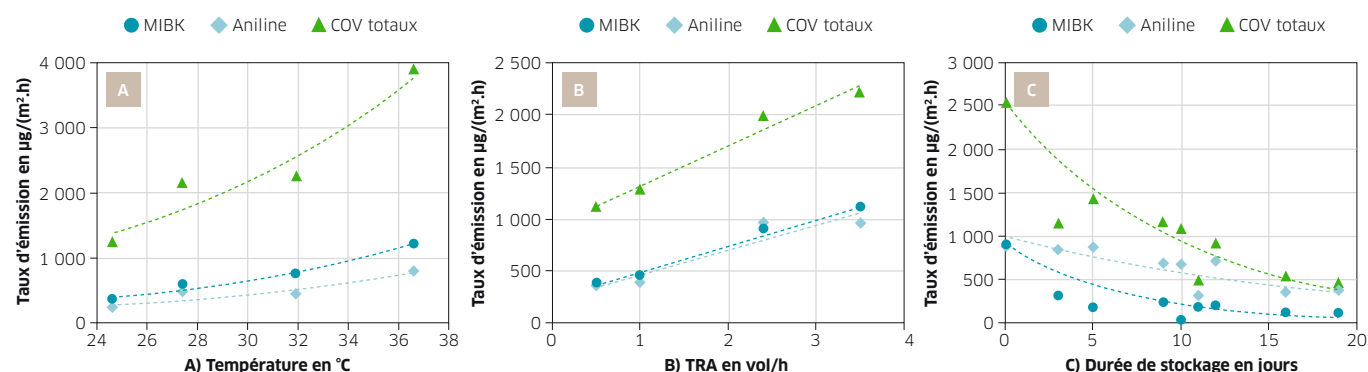
et la cyclohexanone augmentent aussi d'un rapport 1,5 entre les essais à 30°C et à 60°C. Enfin, d'autres composés ne sont émis qu'aux températures les plus élevées, comme le naphthalène par exemple.

Compte tenu de ces résultats et dans l'optique de mieux caractériser la QAI dans les entrepôts logistiques de pneumatiques, il a été choisi de quantifier des composés spécifiques aux pneumatiques en complément des composés cibles de la QAI (Cf. *Encadré 1*) : l'aniline, la MIBK, la cyclohexanone et le benzothiazole. Ces composés ont été choisis soit parce qu'ils sont CMR, soit parce qu'ils sont apparus de façon significative dès l'essai conduit à 30 °C, qui représente une température possible de travail notamment dans les entrepôts l'été. L'octanoate d'éthyle n'ayant pas d'effet connu sur la santé n'a pas été retenu.

Le passage des COV contenus à l'intérieur de pneus vers l'air va contribuer aux concentrations ambiantes, ce qui peut être traduit par une grandeur appelée « taux d'émission »¹. À partir d'un montage expérimental spécifique [7], les taux d'émission de plusieurs composés cibles ont été étudiés afin de compléter la connaissance des déterminants majeurs du transfert des COV des pneus vers l'air. La *Figure 2* présente les taux d'émission de MIBK, d'aniline et de COV totaux en fonction de la température de l'air, de la durée de stockage des pneus et du taux de renouvellement de l'air (TRA), grandeur représentant le ratio du débit d'air neuf par le volume du local.

On note une dépendance des taux d'émission à la température de l'air dans laquelle les pneus sont stockés, au taux de renouvellement de l'air du local et à la durée de stockage. Dans la plage de températures de ces essais de 24,5°C à 37°C, choisie car représentative de températures intérieures estivales, les taux d'émission peuvent augmenter d'un facteur de plus de 3. De la même façon, on retient une augmentation des taux d'émission avec l'augmentation du taux de renouvellement de l'air, grandeur directement liée à la ventilation du local. Au contraire, la durée de stockage des produits induit une baisse des émissions, traduisant l'épuisement des COV intrinsèques au produit.

↓ FIGURE 2
Exemples de taux
d'émission de
MIBK, d'aniline
et de COV totaux
par l'échantillon
de pneu testé
en fonction :
A) de la
température
de l'air à un TRA
de 3,5 vol/h ;
B) du TRA : taux
de renouvellement
de l'air à 24,5 °C ;
et C) de la durée
de stockage du
produit à 24,5 °C
et 3,5 vol/h.



Caractérisation de la QAI dans trois entrepôts de pneus

Trois entrepôts de stockage de pneus ont été investigués. Deux entrepôts sur les trois stockaient exclusivement des pneus pour automobiles ou remorques ; les mesures y ont été conduites en période estivale. Le troisième, investigué en hiver, réservait une grande partie de son aire de stockage aux pneumatiques de véhicules agricoles et de chantier, soit des pneus de plus grand diamètre. Dans chacun de ces entrepôts, la QAI a été évaluée en plusieurs localisations intérieures sur une journée de travail. Une mesure en extérieur dans le voisinage proche de chaque entrepôt a été réalisée par souci de comparaison. Les mesures par prélèvement actif suivi d'analyse comprennent la quantification des COV et aldéhydes d'intérêt.

En plus du fait que les entrepôts de pneus présentent une QAI nettement plus dégradée que les autres entrepôts de stockage, le *Tableau 2* montre des concentrations significatives de MIBK, entre 699 µg/m³ et 2502 µg/m³, mais aussi de cyclohexanone, d'aniline et de benzothiazole dont les concentrations moyennes sont respectivement de 454 µg/m³, 873 µg/m³ et 236 µg/m³. Ces composés spécifiques aux pneumatiques ont été retrouvés en moyenne en quantité supérieure aux COV cibles de la QAI comme le styrène, les xylènes, le toluène ou l'α-pinène. Ce constat met en évidence une signature chimique inhérente au produit

« pneumatique ». Pour l'aniline, qui est CMR, les concentrations ambiantes atteignent 1779 µg/m³. À titre indicatif, même s'il ne s'agit pas d'une mesure d'exposition individuelle, cette valeur représente 23 % de la VLEP. Les concentrations en nitrosamines, qui ont été mesurées dans deux des trois entrepôts de pneus, se sont avérées inférieures à 0,1 µg/m³.

Quelle exposition pour les salariés ?

Les mesures en ambiance *in situ* ont permis d'objectiver une qualité de l'air dégradée dans les locaux de stockage de pneumatiques. Les mesures sur salariés permettent de compléter cette caractérisation en estimant l'exposition en fonction des tâches exécutées dans ces environnements de travail. Parmi les différents postes de travail caractéristiques de ce secteur d'activité, trois d'entre eux ont été plus particulièrement étudiés :

- les dépoteurs, salariés qui évoluent dans les conteneurs, espaces confinés, fortement chargés en pneus et ayant pu subir des expositions au soleil lors de leur acheminement, entraînant un dégazage important de COV ;
- les agents de manutention qui disposent les pneus dans des racks de rangement au bout d'un tapis convoyeur. Ces salariés, en contact direct avec les produits, évoluent dans les halls de déchargement, zone moins dense en produits et aérées par l'ouverture régulière des portes de quais ;

↓ **TABLEAU 2**
Concentration en aldéhydes, principaux COV et COV totaux dans les trois entrepôts de pneus investigués, en µg/m³ : comparaison à la concentration moyenne d'autres entrepôts (hors pneus) et à la valeur extérieure.

COMPOSÉS	ENTREPÔTS DE PNEUS			AUTRES ENTREPÔTS DE L'ÉTUDE HORS PNEUS		CONCENTRATION EXTÉRIEURE MOYENNE
	NOMBRE DE MESURES	PLAGE DE CONCENTRATIONS	CONCENTRATION INTÉRIEURE MOYENNE	CONCENTRATION INTÉRIEURE MOYENNE	COMPARAISON PAR RAPPORT AUX AUTRES ENTREPÔTS	
Formaldéhyde 50-00-0	13	[2,1 ; 20,4]	6	34	–	2,3
Acétaldéhyde 75-07-0	13	[2,1 ; 83,8]	29	17	+	2,8
MIBK 108-10-1	8	[699 ; 2 502]	1 515	< LQ	+++	< LQ
Cyclohexanone 108-94-1	7	[195 ; 836]	454	< LQ	++	< LQ
Toluène 108-88-3	12	[16,1 ; 131]	57	17	+	0,8
Aniline 62-53-3	7	[233 ; 1 779]	873	< LQ	++	< LQ
Benzothiazole 95-16-9	7	[96 ; 345]	236	< LQ	++	< LQ
o-, m-, p- Xylènes 95-47-6 & 108-38-3 & 106-42-3	12	[14,4 ; 417]	169	28	++	2,2
Styrène 100-42-5	12	[18,4 ; 537]	194	12	++	1,8
Alpha-pinène 80-56-8	8	[1,4 ; 6,6]	4,4	59	–	0,2
COV totaux*	12	[415 ; 11 188]	4 337	541	+++	41,6

* Les COV totaux sont exprimés en µg équivalent toluène par m³ d'air. LQ : Limite de quantification.



↓ **TABLEAU 3 Concentrations**
en aldéhydes et COV mesurées sur
salariés en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à différents postes
de travail, moyenne et étendue.

COMPOSÉS	ENTREPÔTS DE PNEUS			HORS ENTREPÔTS DE PNEUS
	 DÉPOTEUR	 CONVOYEUR	 PRÉPARATEUR	TOUS POSTES CONFONDUS
	NOMBRE DE SALARIÉS			
	3	1	3	11
Formaldéhyde VLEP-8h : 370 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	11 [10 ; 11]	12	5 [4 ; 6]	31 [8 ; 79]
Acétaldéhyde	69 –	N.d.	68 [64 ; 72]	19 [6 ; 53]
Toluène VLEP-8h : 76 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	129 [74 ; 184]	76	84 [66 ; 100]	15 [1 ; 51]
Styrène VLEP-8h : 100 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	408 [275 ; 580]	302	316 [268 ; 357]	14 [6 ; 26]
o,m,p Xylènes VLEP-8h : 221 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	463 [375 ; 528]	206	274 [228 ; 297]	37 [3 ; 94]
Alpha-pinène	N.d.	N.d.	N.d.	66 [10 ; 314]
Benzène VLEP-8h : 660 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	22 [13 ; 36]	7	18 [7 ; 25]	0,6 [0,1 ; 1]
Cyclohexanone VLEP-8h : 40 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	657 [533 ; 863]	306	468 [412 ; 526]	N.d.
Aniline VLEP-8h : 7 740 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	916 [538 ; 1 659]	564	896 [441 ; 1 228]	N.d.
MIBK VLEP-8h : 83 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3 703 [2 903 ; 4 358]	1 759	2 153 [1 259 ; 3 226]	N.d.
Benzothiazole	265 [181 ; 361]	306	234 [145 ; 362]	N.d.
COV totaux*	9 394 [6 889 ; 13 106]	7 427	7 167 [5 386 ; 8 311]	511 [148 ; 1 280]

* Les COV totaux sont exprimés en μg équivalent toluène par m^3 d'air. N.d. : non détecté.

- les préparateurs, qui, à l'aide de chariots électriques, vont acheminer ou récupérer les pneumatiques dans l'intégralité des cellules de l'entrepôt. Ces salariés ne sont pas en contact direct avec le produit mais peuvent être amenés à évoluer dans des cellules

à forte densité de pneus et, selon la configuration de l'entrepôt, pouvant être très peu aérées car ne disposant pas de portes de quais.

Les salariés ont été équipés de sacs à dos contenant les pompes de prélèvement et les tubes adéquats permettant de prélever, au niveau de leurs voies respiratoires, les mêmes composés gazeux que ceux recherchés dans l'air ambiant. Le benzène, en tant que composé CMR, a été ajouté lors des mesures sur salariés. Ces prélèvements ont été effectués pendant la durée de leur tâche de travail, soit d'une à deux heures pour les tâches de dépotage et convoyage et cinq à six heures pour la préparation de commande ou le rangement des pneus dans les cellules. Le *Tableau 3* regroupe les concentrations mesurées sur les opérateurs. Les résultats des mesures effectuées sur les salariés des entrepôts ne stockant pas de pneumatiques sont également proposés pour comparaison. La valeur de la VLEP-8h est indiquée comme repère lorsqu'elle existe pour le composé ciblé.

Les salariés dépotant les conteneurs sont les plus exposés. La densité de produits dans un conteneur, le faible renouvellement de l'air et le dégazage de COV provenant de la marchandise durant le transport, dégradent la qualité de l'air respiré par ces



travailleurs. Même si de nombreux travaux ont été menés par l'INRS sur le sujet, notamment relatifs à la ventilation des conteneurs en vue de diminuer l'exposition chimique des dépoteurs [8-10], il ressort qu'il reste encore un travail de sensibilisation à mener dans ce secteur. Si la tâche de travail impacte significativement l'exposition des salariés dans la filière logistique, ces travaux montrent que les salariés des trois entrepôts de stockage de pneumatiques sont plus exposés que ceux évoluant dans les sept autres environnements de l'étude où les marchandises, quelles qu'elles soient, sont stockées emballées.

Dans les entrepôts de stockage de pneus, les mesures révèlent que les salariés sont exposés à un cocktail de composés dont certains sont des CMR : formaldéhyde, aniline, MIBK, styrène et benzène. Bien que la valeur limite d'exposition professionnelle pour une exposition de huit heures de chacun de ces composés ne soit pas atteinte, l'effet de mélange des substances peut conduire à des situations risquées pour les salariés. L'outil MiXie France [11], utilisé avec les concentrations de six composés mesurés sur l'un des trois salariés dépoteurs du panel, illustre l'effet de la polyexposition chimique sur la santé dans les *Tableaux 4 et 5*. L'outil ne peut pas statuer sur le risque cancérogène car l'hypothèse d'additivité pour ce risque n'est pas autorisée dans le logiciel MiXie, mais alerte sur les effets cancérogènes de cinq composés inhalés parmi les six au cours de sa tâche de dépotage, sur les effets sensibilisants de deux d'entre eux (aniline et formaldéhyde), sur la présence d'un perturbateur endocrinien. Il pointe également de possibles effets cumulatifs significatifs pour le risque d'atteinte oculaire, le risque de perturbation du transport de

l'oxygène et le risque d'atteintes des voies respiratoires supérieures.

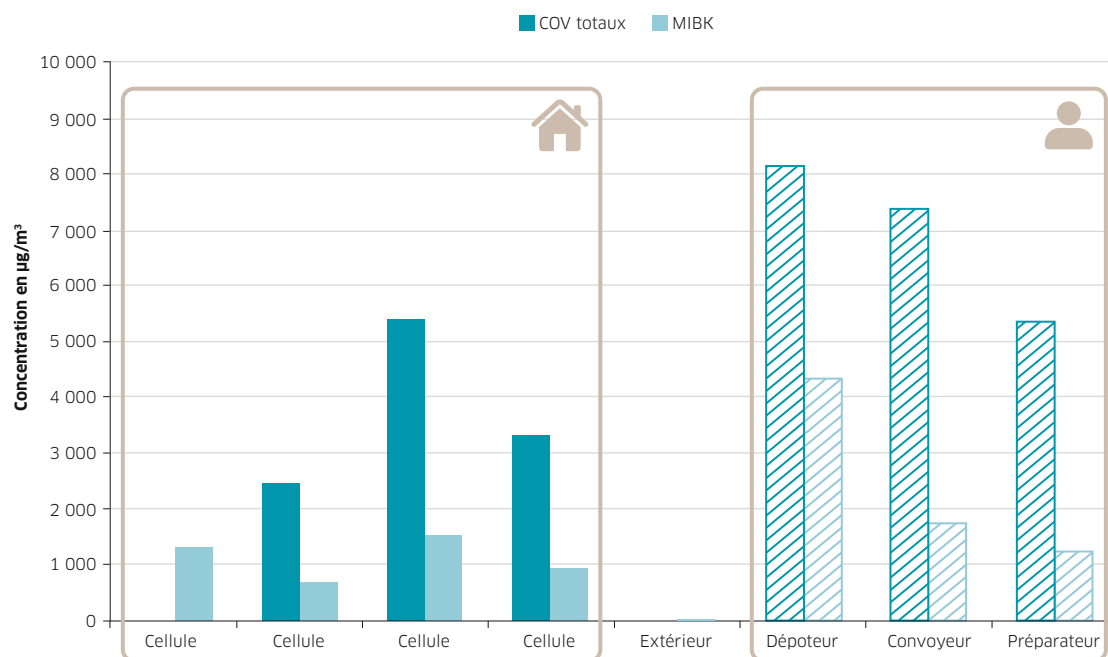
En outre, la comparaison entre les valeurs mesurées montre une exposition qui peut être, à certains postes de travail et pour certains composés, plus importante que le niveau mesuré en ambiance dans l'air intérieur des entrepôts. La *Figure 3* illustre ce constat, à travers les concentrations en COV totaux et en MIBK, dans l'un des trois entrepôts investigués.

Quels moyens de prévention préconiser ?

Dans ces entrepôts pour lesquels la QAI est dégradée, les leviers d'actions pour la réduction des sources sont limités, y compris aux postes de travail les plus exposants, puisque le produit est au cœur de l'activité et que les gestionnaires de ces plateformes ne maîtrisent pas les processus de fabrication des produits qu'ils stockent. L'élimination ou la substitution des produits émissifs est donc difficile à mettre en place. Dans ce contexte, la ventilation des locaux constitue le moyen de prévention

	COMPOSÉS	CONCENTRATION SAISIE EN MG.M ⁻³	POURCENTAGE DE LA VLEP
S1	MIBK	3,8	5
S2	Cyclohexanone	0,86	2
S3	Aniline	1,6	21
S4	Styrène	0,58	1
S5	Formaldéhyde	0,01	3
S6	Benzène	0,016	1

↑ **TABLEAU 4** Composés saisis dans l'outil MiXie suite à des mesures effectuées sur un agent dépotant un conteneur de pneus.



← **FIGURE 3** Concentrations mesurées en ambiance intérieure et sur salariés dans un même entrepôt de stockage de pneus : exemple du MIBK et des COV totaux.

TABEAU 5 →
Extrait
des résultats
de l'analyse
MiXie relative
à l'exposition
d'un agent
dépotant
un conteneur
de pneus.

	ADDITIVITÉ DES EFFETS	IMPACT DES COMPOSÉS EN %					
		S1	S2	S3	S4	S5	S6
Effets cancérigènes et/ou mutagènes	N.A	5		21	1	3	1
Sensibilisants	N.A			21		3	
Atteintes sur le développement du fœtus, de l'embryon	N.A				1		
Atteintes oculaires	32	5	2	21	1	3	1
Perturbation du transport de l'oxygène	21			21			
Atteintes des voies respiratoires supérieures	10	5	2		1	3	
Atteintes rénales et de l'appareil urinaire	7	5	2				
Atteintes hépatiques	7	5	2				
Atteintes cutanées	5				1	3	1

collective privilégié. Cependant, rares sont les plateformes logistiques qui présentent un système de ventilation mécanique. Ces entreprises sont la plupart du temps locataires des bâtiments, ce qui complique la modification des locaux quand elle est nécessaire. La taille des locaux et les volumes à traiter par ventilation mécanique rendent cette action particulièrement complexe et énergivore.

BIBLIOGRAPHIE

[1] INSEE (SOURCE ESANE) – *Élaboration des statistiques annuelles d'entreprises – secteur d'activité des commerces de détails – Chiffres de 2024*. Accessible sur : <https://www.insee.fr> (Consulté en mars 2026).

[2] INRS – Les polyexpositions chimiques : commerces et entrepôts de stockage : une pollution variable selon les produits. *Hygiène & sécurité du travail*, 2020, 261, pp 67-71. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refinrs=do%2031>

[3] ROBERT L., GUICHARD R., KLINGLER J. ET AL. – Indoor air quality in shopping and storage areas. *Indoor air*, 2020. Accessible sur : <http://dx.doi.org/10.1111/ina.12783>

[4] NORME NF EN ISO 16000-3 – Air intérieur. Partie 3 : dosage du formaldéhyde et d'autres composés carbonylés dans l'air intérieur et dans l'air des chambres d'essai – Méthode par échantillonnage actif. Afnor, 2022. Accessible sur : www.afnor.org (Site payant).

[5] NORME NF EN ISO 16017-1 – Air intérieur, air ambiant et air des lieux de travail. Échantillonnage et analyse des composés organiques volatils par tube à adsorption/désorption thermique/chromatographie en phase gazeuse sur capillaire. Partie 1 : Échantillonnage par pompage. Afnor, 2021. Accessible sur : www.afnor.org (Site payant).

[6] INRS – Base de données : substances CMR. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/publications/bdd/substancescmr/>

[7] GUICHARD R., ROBERT L., KLINGLER J. – Emission rates of stored tires: effects of the indoor environment and scale changes from a ventilated chamber to a logistics warehouse. In: *Proceedings of the RoomVent conference* (disponible en décembre 2026).

[8] INRS – Ouvrir et dépoter un conteneur en sécurité. ED 6249. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206249>

[9] INRS – Dépoter un conteneur. Comment éliminer les résidus de fumigation. ED 6421. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206421>

[10] INRS – Dépoter un conteneur. Les 4 étapes pour intervenir en sécurité. ED 6194. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206194>

[11] INRS – MiXie : un logiciel pour évaluer les multiexpositions aux substances chimiques. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=outil45>

Concernant la ventilation naturelle, des mesures dans différentes cellules d'un même entrepôt ont montré que les zones proches des quais de chargement, où les portes sont régulièrement ouvertes sur l'extérieur et où les produits sont stockés en moins grande densité, présentaient toujours des niveaux de pollution bien moindres qu'au cœur de l'entrepôt. L'aération par les portes de quais peut donc améliorer la QAI et ne doit pas être négligée. L'optimisation de la conception et de l'organisation des zones de stockage est également une piste pour réduire l'exposition des travailleurs :

- des cellules de stockage ayant des portes de quais en vis-à-vis favorisant un balayage des locaux par de l'air neuf ;
- la création d'ouvertures en toiture pour contribuer également à l'aération naturelle ;
- la réorganisation des espaces de stockages en plaçant préférentiellement les produits les plus émissifs en hauteur dans la mesure du possible, dans le but d'obtenir un gradient vertical de la concentration en polluants, réduisant ainsi les émissions à la hauteur des voies respiratoires des salariés.

Dans le cas spécifique du dépotage, considérer systématiquement les conteneurs comme des locaux à pollution spécifique permettrait que les salariés soient formés au risque chimique et bénéficient d'un suivi médical adéquat. De plus, des mesures spécifiques de prévention collectives et individuelles seraient mises en œuvre pour prévenir les risques encourus. Par exemple, l'exposition aux polluants chimiques de ces opérateurs pourrait être réduite par une ventilation systématique des conteneurs, des études et publications de l'INRS démontrant l'efficacité d'une ventilation adaptée, avant et pendant la tâche de dépotage, sur la réduction de la concentration en polluants à l'intérieur des conteneurs [8-10]. ●

1. L'émission est surfacique et non massique. La surface est estimée en prenant en compte la géométrie d'un échantillon (¼ de tore aplati creux) mais elle ne prend pas en compte le motif du pneu.