

Base Colchic

La base de données d'exposition professionnelle aux agents chimiques et biologiques Colchic regroupe l'ensemble des mesures d'exposition effectuées sur les lieux de travail par les huit laboratoires interrégionaux de chimie (Lic) des Carsat/Cramif et les laboratoires de l'INRS. Elle est gérée par l'INRS et a été créée en 1987 à l'initiative de la Caisse nationale de l'assurance maladie (Cnam). À ce jour, Colchic compte plus d'un million de résultats pour 745 substances chimiques et agents biologiques.

PORTRAIT RÉTROSPECTIF DES EXPOSITIONS PROFESSIONNELLES DANS LES FONDERIES DE 2015 À 2024

Cet article présente un portrait rétrospectif des expositions professionnelles rencontrées dans les fonderies françaises entre 2015 et 2024, à partir des mesures enregistrées dans la base de données Colchic.

SARAH
BURZONI,
AUDREY
HUMBERT,
JEAN-
FRANÇOIS
SAUVÉ
INRS,
département
Métrologie
des polluants

Contexte

Une fonderie est une installation industrielle où sont fabriquées des pièces métalliques par coulée de métal en fusion dans des moules. Le métal (fonte, acier, aluminium, bronze, etc.) est fondu, versé, puis solidifié pour obtenir la forme souhaitée. Les procédés comprennent notamment la préparation des moules, la fusion, la coulée, le démoulage et les finitions (ébavurage, usinage, traitement thermique...). Les fonderies produisent des pièces pour de nombreux secteurs d'activité : automobile, aéronautique, énergie, mécanique, etc. Elles peuvent être spécialisées par type de métal ou par technique (moulage au sable, sous pression, en cire perdue...). Au travers des activités réalisées dans les fonderies, les travailleurs peuvent être exposés à divers contaminants tels des métaux lourds (plomb, chrome, nickel, manganèse, cadmium, arsenic...), des poussières minérales, des composés organiques volatils (isocyanates, amines, phénol, styrène, benzène, toluène, xylène...), des hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP) et des gaz de combustion (monoxyde de carbone) [1,4].

Selon l'Urssaf, en 2024, plus de 18 000 travailleurs appartenant à 288 établissements de production étaient rattachés au secteur d'activité de la fonderie (NAF 24.5) [5]. Ce secteur comprend les fonderies de fonte (NAF 24.51Z), d'acier (NAF 24.52Z), de métaux légers (NAF 24.53Z) et d'autres métaux non ferreux (NAF 24.54Z).

Entre 2019 et 2023, le nombre de maladies professionnelles (MP) dans le secteur de la fonderie est passé de 210 en 2019 à 164 en 2023, soit une diminution d'environ 22 % en cinq ans. L'ensemble montre une tendance générale à la baisse avec des disparités selon les activités de fonderie, mais le secteur 24.51Z reste le plus contributeur. Après une baisse marquée entre 2019 et 2020, le nombre de MP est resté relativement stable entre 2020 et 2022, avant de décroître en 2023 [6].

Sur les 164 MP reconnues en 2023, la proportion liée à des troubles musculosquelettiques (TMS) représente 77 %, 21 % concernent les agents chimiques et 2 % des MP hors tableaux [6]. Parmi les reconnaissances de MP portant sur les TMS,

Un biais d'interprétation est susceptible d'être introduit lors de l'exploitation des bases de données nationales d'exposition professionnelle telles que Colchic. En effet, ces bases n'ont pas été conçues dans le but d'être représentatives de l'ensemble des travailleurs ou d'un secteur professionnel donné.



© Gaël Kerbaol / INRS / 2024

celles au titre du tableau n° 57 « Affections périarticulaires » sont très majoritaires (90 %). Les MP au titre des tableaux n° 79 « Lésions chroniques du ménisque », n° 97 « Affections chroniques du rachis lombaire provoquées par les vibrations de basses et moyennes fréquences transmises au corps entier », n° 98 « Affections chroniques du rachis lombaire provoquées par la manutention manuelle de charges lourdes » sont moins fréquentes (10 %). Parmi les MP liées à l'exposition à des agents chimiques (21 %), les reconnaissances relevant du tableau n° 30A « Affections professionnelles consécutives à l'inhalation de poussières d'amiante » sont majoritaires, représentant 56 % des cas. Les reconnaissances au titre du tableau n° 25 « Affections dues à la silice cristalline, aux silicates cristallins, au graphite ou à la houille » constituent 24 % des cas, tandis que celles relevant du tableau n° 30B « Cancer broncho-pulmonaire provoqué par l'inhalation de poussières d'amiante » en représentent 18 %. Des atteintes auditives provoquées par les bruits lésionnels (tableau n° 42) sont moins fréquentes (1 %). Depuis 2019, trois affections relevant du tableau n° 44 « Affections consécutives à l'inhalation de

poussières minérales ou de fumées, contenant des particules de fer ou d'oxyde de fer » ont été reconnues.

Afin de caractériser les niveaux d'exposition aux substances chimiques dans le secteur de la fonderie, cet article présente une analyse descriptive des concentrations enregistrées dans la base de données Colchic entre 2015 et 2024. Ces données concernent les travailleurs employés dans des entreprises relevant du secteur de la fonderie.

Les données exploitées ont été restreintes aux mesures individuelles, prélevées dans la zone respiratoire des travailleurs pour des durées comprises entre 60 et 600 minutes, et conformes aux méthodes de prélèvement et d'analyse validées, telles que celles référencées dans la base MétroPol [7]. Pour les substances disposant d'une valeur limite d'exposition professionnelle sur huit heures (VLEP-8h), des indices d'exposition (IE) ont été calculés afin de faciliter la comparaison des niveaux d'exposition entre les différentes substances chimiques et activités.

Le calcul de l'IE correspond au rapport entre la concentration mesurée et la VLEP-8h de la substance considérée, en vigueur au 31 décembre 2025.

Fonderie de fonte : bascule du contenu de la poche vers les moules où sont formées les pièces.



TABEAU 1 →
Nombre de résultats par secteur d'activité et substances les plus fréquemment mesurées dans la base Colchic.

SECTEUR	NOMBRE DE RÉSULTATS DE PRÉLÈVEMENTS INDIVIDUELS	NOMBRE DE SUBSTANCES	SUBSTANCES LES PLUS MESURÉES
24.51Z : Fonderie de fonte	403	35	Silice cristalline, formaldéhyde, xylène, éthylbenzène
24.52Z : Fonderie d'acier	139	27	Silice cristalline, toluène, poussières totales ¹ , hydrocarbures C6-C12
24.53Z : Fonderie de métaux légers	251	28	Silice cristalline, poussières totales ¹ , manganèse ² , aérosol de fluide d'usinage ³
24.54Z : Fonderie d'autres métaux non ferreux	141	11	Poussières totales ¹ , silice cristalline, béryllium, manganèse ²

1. Poussières totales exprimées en fraction inhalable ; 2. Manganèse et ses composés exprimés en fraction inhalable ; 3. Fraction inhalable.

Fonderie de fonte : versement depuis le four dans une poche.

Un IE supérieur à 1 indique un dépassement de la VLEP-8h. Concernant les poussières de silice, un indice d'exposition spécifique a été établi à partir des concentrations en poussières alvéolaires, en quartz et en cristobalite [8]. Les valeurs inférieures à la limite de quantification (LQ) ont été remplacées par LQ/2 dans les calculs statistiques.

Les substances dont le nombre de résultats de mesures est inférieur à 10 sont regroupées dans la catégorie « Autres substances » sur la *Figure 1*. Les couples « substance-tâche » dont le nombre de résultats de mesures est inférieur à 10 sont regroupés dans la catégorie « Autres substances / tâche » sur la *Figure 2*.

État des lieux des données Colchic

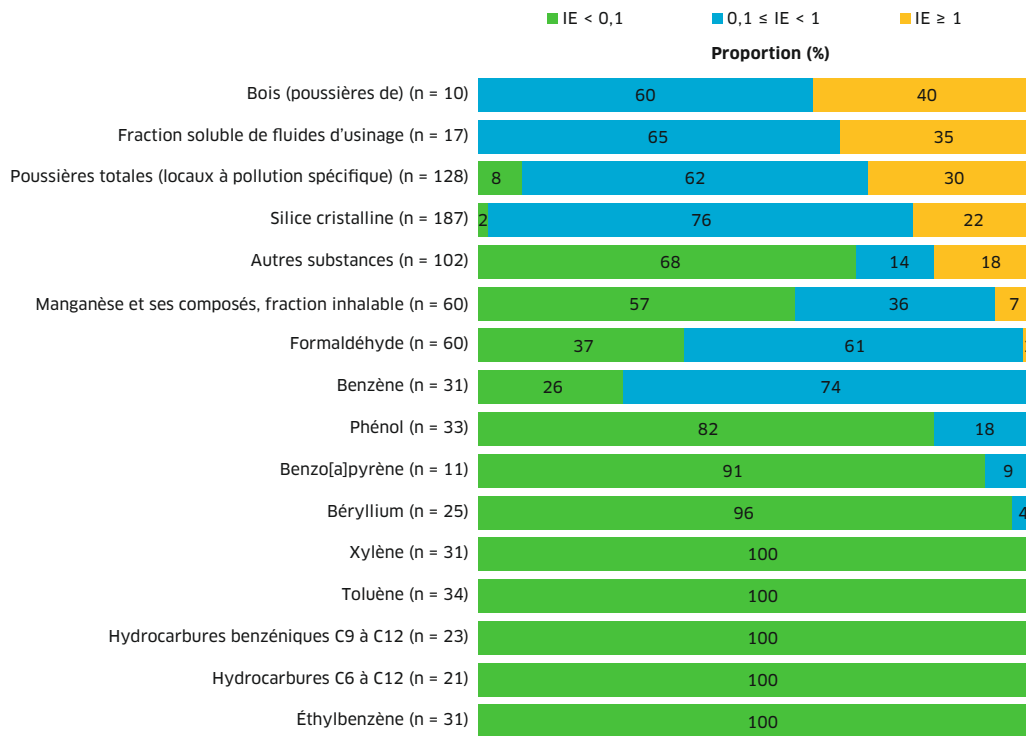
Après application des critères de sélection métrologiques définis dans la section précédente, 934 prélèvements individuels relatifs aux activités de fonderie ont été identifiés dans la base Colchic pour la période 2015-2024. Le *Tableau 1* synthétise la répartition des résultats par secteur ainsi que les substances les plus fréquemment mesurées dans chacun d'entre eux.

Au total, 57 agents chimiques ont été recensés dans les données de la base Colchic, parmi lesquels 21 substances disposaient d'au moins 10 mesures. La silice cristalline constitue la substance la plus fréquemment mesurée (187 résultats, dont plus de 90 % étaient supérieurs à la LQ). Les autres polluants les plus fréquemment mesurés incluent les poussières totales, le formaldéhyde, les composés du manganèse en fraction inhalable. La *Figure 1* présente la distribution des IE par agent chimique pour les prélèvements individuels. La *Figure 2* représente la distribution des IE par agent chimique en fonction de la tâche effectuée par l'opérateur pendant le prélèvement.

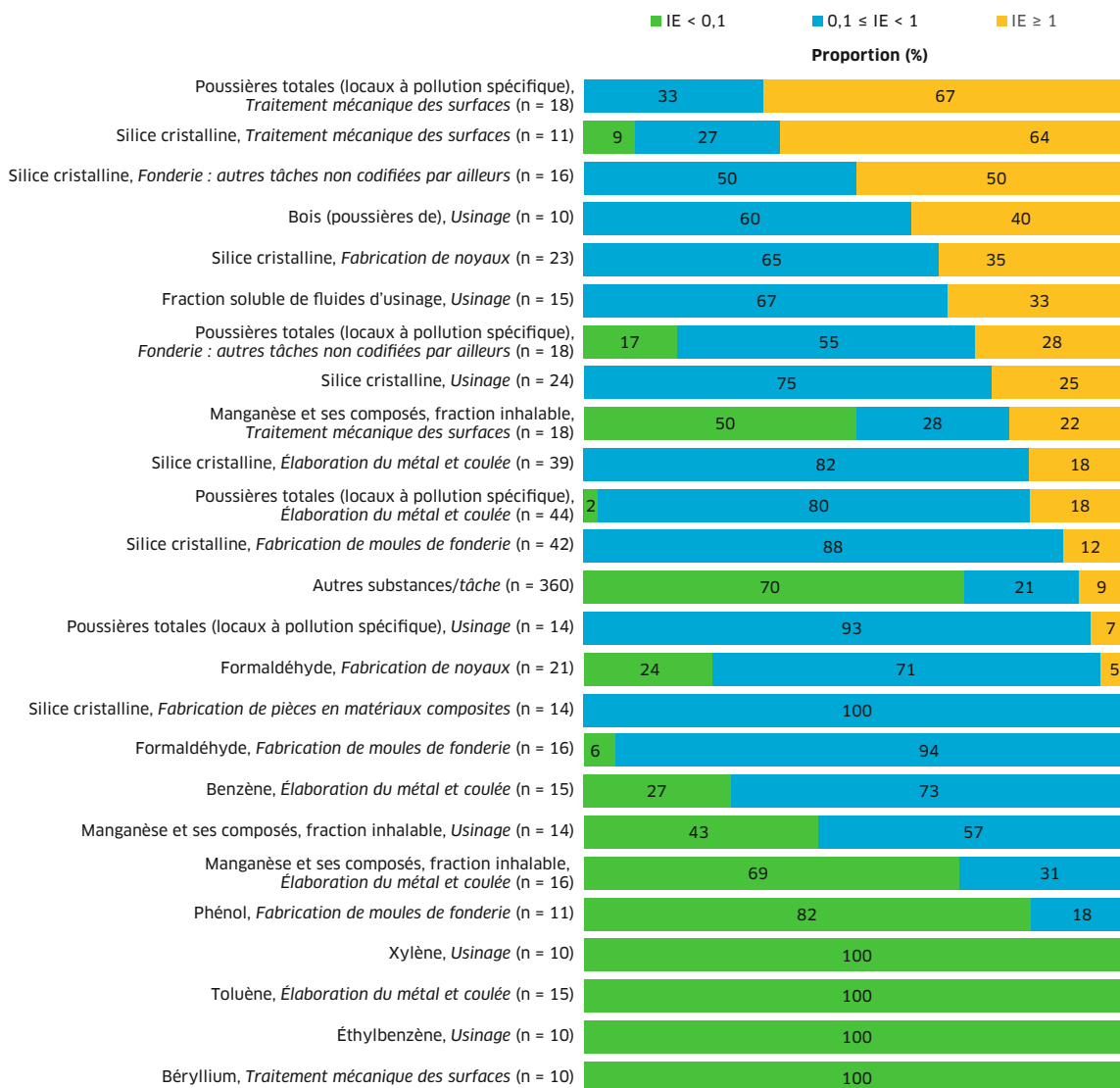
Parmi les 21 substances disposant d'au moins 10 mesures, six présentent au moins un dépassement de la VLEP-8h. Les proportions de dépassement les plus élevées sont observées pour les poussières de bois (40 %), dont l'ensemble des mesures est associé à des tâches d'usinage (cf. *Figure 2*), la fraction soluble (dans l'eau) des fluides d'usinage (35 %), les poussières totales dans les locaux à pollution spécifique (30 %) et la silice



© Gael Kerbaol / INRS / 2024



← FIGURE 1
Distribution des indices d'exposition (IE) par substance entre 2015 et 2024 (n ≥ 10).



← FIGURE 2
Distribution des indices d'exposition (IE) par couple substance-tâche entre 2015 et 2024 (n ≥ 10).



SUBSTANCES	SECTEURS				EFFETS ADDITIFS									EFFETS NON ADDITIFS			
	Acier	Autres métaux non ferreux	Fonte	Métaux légers	Atteintes cutanées	Atteintes des voies respiratoires inférieures	Atteintes des voies respiratoires supérieures	Atteintes du système auditif	Atteintes du système hématopoïétique	Atteintes du système immunitaire	Atteintes du système nerveux central	Atteintes hépatiques	Atteintes oculaires	Atteintes rénales et de l'appareil urinaire	Atteintes sur le développement du fœtus, de l'embryon et/ou de l'enfant	Cancérogènes et/ou mutagènes	Sensibilisants
Benzène	X		X		X				X	X			X			X	
Béryllium		X	X		X	X	X						X			X	X
Éthylbenzène	X		X				X	X						X		X	
Formaldéhyde	X	X	X	X	X		X						X			X	X
Manganèse et ses composés (fraction inhalable)	X	X	X	X			X										
Phénol	X	X	X		X	X	X					X	X	X		X	
Poussières totales (locaux à pollution spécifique)	X	X	X	X			X	X					X				
Silice cristalline	X	X	X	X			X									X	
Toluène	X		X		X			X							X		
Xylène	X		X		X	X	X	X					X				

↑ **TABLEAU 2**
 Liste des 10 substances présentes dans l'outil MiXie ayant le plus grand nombre de mesures dans la base de données Colchic pour le secteur de la fonderie, mesurées pour les quatre secteurs d'activité et les classes d'effets toxicologiques associées.

cristalline (22 %). Les opérations de fabrication de noyau et de moule de fonderie impliquent spécifiquement le formaldéhyde avec des expositions pouvant dépasser la VLEP-8h. Quant à l'exposition des travailleurs aux hydrocarbures, elle demeure inférieure à 10 % des VLEP-8h. Parmi les substances regroupées dans la catégorie « Autres substances » en raison d'un nombre de mesures inférieur à 10, des concentrations supérieures à la VLEP-8h sont observées pour le cadmium, le chrome hexavalent, le dioxyde de soufre et le monoxyde de carbone. Les résultats présentés dans la *Figure 2* mettent

en évidence que plusieurs tâches dans le secteur de la fonderie sont susceptibles d'exposer les travailleurs à plusieurs substances chimiques différentes. L'outil MiXie France [9] permet de faciliter l'identification des atteintes à la santé associées à des polyexpositions chimiques. Le *Tableau 2* présente les 10 substances répertoriées dans MiXie ayant le plus grand nombre de mesures dans la base Colchic pour le secteur de la fonderie, accompagnées de leurs classes d'effet. Ces effets toxicologiques peuvent être soit additifs, avec le calcul de l'indice d'exposition à des effets additionnels

par l'outil MiXie, soit non additifs, pour les effets cancérigènes, mutagènes, reprotoxiques et sensibilisant. Les effets les plus fréquemment engendrés par ces substances sont les atteintes des voies respiratoires inférieures et supérieures, des yeux et de la peau, ainsi que des effets cancérigènes et/ou mutagènes.

Une autre situation marquée de polyexposition potentielle concerne les procédés de traitement mécanique des surfaces, qui peuvent engendrer des niveaux d'exposition élevés aux poussières totales et à la silice cristalline, ainsi qu'une exposition, plus faible mais non négligeable, au béryllium. Là encore, la combinaison de ces agents peut générer des effets délétères sur la santé, notamment des atteintes respiratoires, oculaires ou cutanées.

Discussion

L'exploitation des données de la base Colchic pour la période 2015-2024 met en évidence que les travailleurs des fonderies peuvent être exposés à une grande variété de substances chimiques, dont certaines classées cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques (CMR). Par ailleurs, selon la tâche réalisée par le travailleur, des expositions à de multiples substances chimiques peuvent survenir, ce qui requiert la prise en compte de la polyexposition dans l'évaluation du risque chimique. Même lorsque les indices d'exposition sont inférieurs à 1 – indiquant que les concentrations mesurées restent en dessous des VLEP-8h –, le risque sanitaire à long terme ne peut être exclu. Cela est particulièrement vrai pour certains agents CMR, pour lesquels aucun seuil de danger ne peut être établi : même à très faible dose, un risque subsiste.

La silice cristalline, un cancérigène avéré pour l'humain, représente la substance la plus fréquemment mesurée dans le secteur de la fonderie dans les données extraites de Colchic, et près d'un résultat de mesure sur quatre dépasse la VLEP-8h réglementaire. Ces données montrent que le niveau d'exposition peut être élevé lors d'opérations telles que le dessablage, le meulage, le traitement mécanique des surfaces et l'usinage, ce qui pourrait s'expliquer par un captage insuffisant, absent ou obstrué. À noter que pour les postes de décochage par exemple, des systèmes de ventilation et de captage localisé sont préconisés par l'INRS [10]. Sur l'ensemble des 187 mesures de silice cristalline identifiées, 111 (60 %) ont été prélevées sur des postes de travail sans moyens de protection collective. Toutefois, les proportions de dépassement étaient similaires indépendamment de la présence ou non de système de captage, soit 21 % en l'absence de captage, 21 % en présence de captage localisé et 20 % en présence de captage inducteur. Ainsi, la présence de dispositifs de captage n'est pas nécessairement suffisante pour diminuer les concentrations à des

niveaux inférieurs à la VLEP, et le port de protection individuelle peut être nécessaire pour prévenir les risques d'exposition à la silice cristalline.

Des dépassements fréquents de la VLEP-8h sont aussi observés pour les poussières de bois, bien que seulement 10 mesures aient été enregistrées dans la base Colchic. Toutes ces mesures sont associées à des tâches d'usinage, plus particulièrement de sciage ou de rabotage de bois dans des ateliers de modelage. Classées cancérigènes pour l'homme (CMR catégorie 1A selon le règlement CLP¹ et groupe 1 selon le Circ²), ces poussières peuvent provoquer, en cas d'exposition répétée ou prolongée, des atteintes respiratoires chroniques, des irritations oculaires et cutanées, ainsi que des risques de cancers naso-sinusiens. Ces dépassements sont observés malgré la présence de systèmes de captage des poussières, un constat partagé par une analyse précédente de la base Colchic portant spécifiquement sur les poussières de bois [11]. Ainsi, le port d'équipement respiratoire peut être nécessaire

Fonderie d'aluminium :
poste de découpe
au plasma.



© Philippe Cestano pour l'INRS / 2023

dans ces conditions ; par ailleurs, l'ensemble des 10 mesures a été prélevé sur des travailleurs équipés de protection respiratoire appropriée.

Le formaldéhyde, utilisé comme agent de réticulation de certains liants, notamment dans le procédé furanique-phénolique pour la fabrication des noyaux et des moules, constitue également un enjeu majeur [12]. Classé selon le CLP cancérigène de catégorie 1B et mutagène de catégorie 2, le formaldéhyde est soumis à des VLEP réglementaires renforcées depuis 2021, avec une VLEP-8h de 0,37 mg/m³. Les IE observés dans Colchic montrent des dépassements potentiels lors des opérations directes de fabrication, rappelant la nécessité d'un captage performant et d'une ventilation spécifique.

Les niveaux d'exposition aux hydrocarbures aromatiques monocycliques (éthylbenzène, toluène...) étaient globalement relativement faibles par rapport aux VLEP-8h en vigueur. Parmi ces substances, les indices d'exposition les plus élevés relevés concernent le benzène (classé cancérigène de catégorie 1A et mutagène de catégorie 1B selon le CLP). Néanmoins, aucune concentration mesurée ne dépassait la VLEP-8h actuelle. Cependant, la révision réglementaire abaissant la VLEP-8h de 1,65 mg/m³ à 0,66 mg/m³ à compter du 6 avril 2026 entraînerait un taux de dépassement de 13 %.

En général, les indices d'exposition concernant les métaux lourds (manganèse, béryllium...) sont relativement faibles comparativement aux substances mentionnées ci-dessus. Toutefois, des niveaux d'exposition plus élevés pouvant parfois dépasser la VLEP-8h sont observés pour certaines tâches,

par exemple pour le manganèse lors d'opérations impliquant la manipulation ou la projection de poudres métalliques.

Les postes d'usinage, de traitement mécanique et de fabrication de noyaux et de moules peuvent entraîner une polyexposition aux hydrocarbures C₆-C₁₂ et benzéniques, aux poussières, à la silice et à divers métaux. Cette combinaison de substances augmente les risques de pathologies chroniques, soulignant l'importance d'une évaluation et d'une prévention spécifiques de ces situations de polyexposition.

Ces observations montrent que, même lorsque les résultats de mesures restent inférieurs aux VLEP-8h réglementaires, la présence d'agents CMR, les dépassements ponctuels et la polyexposition imposent une vigilance maximale. Elles justifient la mise en œuvre de mesures de prévention hiérarchisées : identification systématique des mélanges de substances et des tâches multi-exposantes ; substitution des substances dangereuses lorsque cela est techniquement possible ; optimisation des procédés pour réduire les émissions et privilégier des techniques moins polluantes ; captage à la source et ventilation générale adaptés ; priorité à la protection collective sur le port d'équipements de protection individuelle ; traçabilité des expositions *via* fiches et archives ; surveillance médicale spécifique incluant suivi pneumologique, dermatologique, neurologique et suivi sur le long terme pour les expositions aux substances CMR. ●

1. Règlement européen relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges.

2. Centre international de recherche sur le cancer.

BIBLIOGRAPHIE

[1] COOKE J. ET AL. – *Exposure to substances hazardous to health in foundries*. Health and Safety Executive, 2017.

[2] ZAKARIA A., EL-MAGHRABI G. – Assessment of occupational exposures in foundries. *Journal of the Egyptian public health association*, 2003, 78 (3-4), pp. 245-264.

[3] IARC WORKING GROUP ON THE EVALUATION OF CARCINOGENIC RISKS TO HUMANS – *Chemical agents and related occupations*. Circ/Iarc, coll. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, 2012, 100F.

[4] FREIRE B.M. ET AL. – Occupational exposure to potentially toxic elements in the foundry industry: an integrated environmental and biological monitoring. *Environmental science and pollution research*, 2021, 28 (26), pp. 34630-34641.

[5] UNION DE RECOUVREMENT DES COTISATIONS DE SÉCURITÉ SOCIALE ET D'ALLOCATIONS FAMILIALES (URSSAF) – *Effectifs salariés et nombre d'établissements dans le secteur privé (régime général)*. 2025. Accessible sur : <https://open.urssaf.fr/pages/dataviz-etablissements-et-effectifs-salaries/>

[6] ASSURANCE MALADIE – *Fiches de sinistralité. Naf niveau 5 : 24.51Z, 24.52Z, 24.53Z et 24.54Z*. 2024. Accessible sur : https://www.assurance-maladie.ameli.fr/sites/default/files/ape-naf/NAFAPE_2023_C_000_2451Z_SY.pdf

[7] INRS – *Base de données MétroPol*. 2025. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol.html>

[8] INRS – *Silice cristalline et santé au travail*. Dossier Web, 2022. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/risques/silice-cristalline/ce-qu-il-faut-retenir.html>

[9] INRS – *MiXie. Un logiciel pour évaluer les multiexpositions aux substances chimiques*. Outil n° 45, 2024. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=outil45>

[10] INRS – *Ventilation des postes de décochage en fonderie*. Guide pratique de ventilation n° 4, ED 662, 2003. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20662>

[11] SAUVÉ J.F., MATER G. – Portrait rétrospectif des expositions aux poussières de bois en France de 2015 à 2024. *Hygiène & sécurité du travail*, 2025, 280, pp. 84-88. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=BD%2029>

[12] INRS – *Fonderies de fonte et d'acier*. Coll. Fiches d'aide au repérage (FAR) des cancérigènes, FAR n° 20, 2015. Accessible sur : <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=FAR%2020>