

# Surveillance des expositions aux agents chimiques des travailleurs impliqués dans la gestion des sites et sols pollués: état des lieux et préconisations\*

## AUTEURS:

A. Romero-Hariot<sup>1</sup>, K. Gérardin<sup>2</sup>, J. Devoy<sup>2</sup>, N. Nikolova-Pavageau<sup>3</sup>, G. Mater<sup>4</sup>,

1- département Expertise et conseil technique, INRS

2- département Ingénierie des procédés, INRS

3- département Études et assistance médicales, INRS

4- département Métrologie des polluants, INRS

EN  
RÉSUMÉ

Les catégories de travailleurs intervenant en sites et sols pollués (SSP) sont multiples et leur perception et connaissance du risque chimique sont inégales. Des sources d'information existent pour connaître les polluants présents dans les sols afin de caractériser les expositions potentielles de ces travailleurs. Un état des lieux de leur niveau d'exposition aux agents chimiques a été réalisé à partir de l'exploitation de la base Scola. Des préconisations de surveillance de l'exposition, basées sur des mesures atmosphériques, surfaciques et biométrologiques, avec l'appui notamment des services de prévention et de santé au travail, sont présentées.

## MOTS CLÉS

Risque chimique / Site pollué / Surveillance biologique / Biométrie / Métrologie / Contamination / Prélèvement surfacique

\* Avertissement: Il est à noter qu'un biais d'interprétation est susceptible d'être introduit lors de l'exploitation des bases de données nationales d'exposition professionnelle telles que Scola. 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.

## CONTEXTE

L'inventaire numérique «Carto-friches» (**encadré 1 page suivante**), géré par le Centre d'études et d'expertise sur les risques, la mobilité et l'aménagement (CEREMA), recense plus de 10 800 friches documentées et évalue à plus de 12 000 le nombre de friches supplémentaires. Cet inventaire est renseigné à partir notamment des informations issues des anciennes bases de données Basol (base des sols pollués) et Basias (base des anciens sites industriels et activités de services), désormais regroupées dans la carte des anciens sites industriels et activités de services «Casias» (**encadré 1**). Les friches industrielles représentent une surface estimée à 170 000 hectares (ha) [1]. Pour autant les aménageurs fonciers sont annuellement à l'origine de la mobilisation d'environ 24 000 ha d'espaces naturels, agricoles ou

forestiers (ENAF) pour les constructions. Les friches représentent donc un intérêt croissant pour le secteur de la construction, en particulier depuis que la loi «Climat et résilience» [2] vise, pour la préservation de la biodiversité, l'objectif de zéro artificialisation nette (ZAN) des sols en France en 2050. Cette loi définit les friches comme «*tout bien ou droit immobilier, bâti ou non bâti, inutilisé et dont l'état, la configuration ou l'occupation totale ou partielle ne permet pas un réemploi sans un aménagement ou des travaux préalables*»<sup>1</sup>. La réhabilitation ou la reconversion des friches industrielles peuvent donc nécessiter des travaux préalables de mise en sécurité du site et de remise en état des sols pour préserver l'environnement et la santé humaine, en tenant compte de l'usage futur du site envisagé [3].

1. Article 222 de la Loi «Climat et résilience» codifié à l'article L. 111-26 du Code de l'urbanisme.

## Surveillance des expositions aux agents chimiques des travailleurs impliqués dans la gestion des sites et sols pollués : état des lieux et préconisations

### ↓ Encadré 1

#### ➤ OUTILS, GUIDES ET BASES DE DONNÉES POUR LES PRÉVENTEURS

- Cartofriches. CEREMA, 2024 (<https://cartofriches.cerema.fr/cartofriches/>).
- Carte des anciens sites industriels et activités de service CASIAS. Site Géorisques, 2024 (<https://www.georisques.gouv.fr/articles-risques/pollutions-sols-sis-anciens-sites-industriels/basias>).
- Base de données ActiviPoll du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), 2024 (<https://ssp-infoterre.brgm.fr/fr/base-de-donnees/bd-activipoll>).
- Valeurs limites d'exposition professionnelle - Substances chimiques (outil 65). INRS, 2024 (<https://www.inrs.fr/publications/bdd/vlep.html>).
- Outil SelecDepol de l'Ademe et du BRGM (<https://selecdepol.fr/techniques-de-depollution/tri-granulometrique>).
- Ventilation et CO<sub>2</sub>: outil de calcul. Estimation de la concentration en CO<sub>2</sub> et du taux de renouvellement d'air (outil 97). INRS, 2021 (<https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=outil97>).
- Base de données MetroPol. INRS, 2024 (<https://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol.html>).
- Base de données Biotox. INRS, 2024 (<https://www.inrs.fr/publications/bdd/biotox.html>).
- MiXie France. Un outil en ligne pour évaluer les multiexpositions aux substances chimiques. INRS, 2023 (<https://www.inrs.fr/publications/outils/mixie.html>).
- Guide d'utilisation de MiXie France. Note scientifique et technique. NS358, INRS, 2023 (<https://www.inrs.fr/inrs/recherche/etudes-publications-communications/doc/publication.html?refINRS=NOETUDE%2FP2023-040%2FNS358>).
- Base de données Fiches Toxicologiques. INRS, 2024 (<https://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox.html>).
- Biotox. Guide biotoxicologique pour les médecins du travail. Inventaire des dosages biologiques disponibles pour la surveillance des sujets exposés à des produits chimiques. INRS, 2024 (<https://www.inrs.fr/publications/bdd/biotox.html>).

Ces travaux doivent être menés en suivant la « Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués » [4], qui s'appuie notamment sur l'application de la série des normes NF X 31-620 [5 à 9]. De plus, lorsque le projet d'aménagement concerne un site relevant du Secteur d'information sur les Sols (SIS) (c'est-à-dire un terrain sur lequel l'État a documenté une pollution), ou encore une ancienne Installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE) destinée à un usage différent, la loi « ALUR » [10] impose au donneur d'ordres l'intervention d'une entreprise certifiée [5 à 9] dans le domaine des sites et sols pollués (SSP) pour introduire la prise en compte de la gestion des pollutions dès la conception du projet. Cette obligation se traduit par la réalisation d'une étude de sol et la délivrance d'une attestation « ATTES-ALUR » [11] au donneur d'ordres, celle-ci devant être jointe au permis de construire ou d'aménagement du projet. Pour les terrains ne relevant pas des obligations précitées, le donneur d'ordres

peut volontairement faire appel à une entreprise disposant d'une certification.

Les SSP se caractérisent par une grande diversité d'environnements de travail, d'activités et de procédés, de catégories de travailleurs évoluant à différentes phases des projets. Les risques auxquels peuvent être exposés les travailleurs sont donc multiples et spécifiques à chaque chantier. Le risque chimique en particulier est à prendre en compte (encadré 2) puisque ces travailleurs itinérants sont susceptibles d'être exposés simultanément ou successivement à des polluants contenus dans les sols, à des concentrations diverses, et par différentes voies d'exposition (voies respiratoire, cutanée, digestive) [14].

#### TYPOLOGIE DES SITES ET SOLS POLLUÉS

La localisation des sites, leur dimension et l'origine de leur pollution sont plurielles. La contamination

peut être « concentrée », due à un déversement accidentel d'une substance ou d'un produit dont la composition est connue, circonscrit dans une zone bien délimitée (déversement suite à un accident de la route, fuite d'un réservoir industriel ou d'une cuve enterrée dans une station-service...). Elle peut aussi être « diffuse », issue d'une ou de plusieurs activités industrielles ou commerciales anciennes, dont l'origine des polluants peut être tracée à l'aide de la connaissance de l'activité et de recherches historiques sur le site (par exemple ancien site gazier, site minier, industrie pharmaceutique...). Les terrains agricoles peuvent également être impactés par des pollutions du fait de l'épandage de boues (la réglementation impose une liste limitative de polluants à contrôler avant leur épandage) et de l'utilisation répétée de produits phytopharmaceutiques variés, dont certains sont qualifiés de polluants organiques persistants (POP) du fait de leur faible dégradabilité dans l'environnement. Les

↓ Encadré 2

## ➤ RÉGLEMENTATION : PRINCIPES GÉNÉRAUX DE PRÉVENTION ET RISQUE CHIMIQUE

La prévention du risque chimique, comme les autres risques en entreprise, repose sur les principes généraux de prévention définis à l'article L. 4121-2 du Code du travail. Lors d'interventions en sites et sols pollués, l'identification des polluants présents dans les sols, leur nature (agent chimique dangereux – ACD, agent cancérigène, mutagène ou toxique pour la reproduction – CMR), leur spéciation le cas échéant, leur concentration dans les sols, leur biodisponibilité et les voies d'exposition (inhalation, contact cutané, ingestion), permettent de réaliser l'évaluation de l'exposition des salariés. Les spécificités du site (situation géographique, contexte local, dimension du projet), la saisonnalité (conditions météorologiques), la nature des sols (granulométrie, à dominante argileuse, siliceuse...), les quantités de sols à traiter, les procédés de traitement envisagés et les modalités de traitement (sous confinement, à l'air libre en extérieur) sont à prendre en compte dans l'évaluation du risque chimique.

Les procédés de traitement peuvent être envisagés :

- *in situ* : le traitement est réalisé sans déplacement des sols (par exemple, biodégradation dynamisée par ajout de nutriments dans les sols en place) ;
  - *sur site* (ou « *on site* ») : les sols sont déplacés et le traitement est réalisé sur le site (par exemple, bioterte) ;
  - *hors site* (ou « *ex situ* ») : les sols sont déplacés et le traitement est effectué en dehors du site (par exemple, excavation des terres puis évacuation pour leur incinération dans une installation d'incinération de déchets dangereux).
- Par ailleurs, les produits chimiques utilisés dans les techniques de traitement doivent être identifiés lors de l'évaluation des risques. Les techniques de traitement doivent privilégier l'emploi de substances chimiques non dangereuses. Le cas échéant, une substitution par un produit moins dangereux ou la mise en œuvre d'un autre procédé moins dangereux, doivent être recherchées. En cas d'utilisation d'un agent CMR, la recherche de la suppression de cet agent s'impose ; à défaut, la substitution par une substance chimique moins dangereuse doit être appliquée.

Les mesures de prévention à mettre en œuvre sont à graduer en fonction de la dangerosité des agents chimiques et de l'exposition estimée. Les moyens organisationnels et les moyens de protection collective (MPC) sont à mettre en œuvre en premier lieu, le port d'équipements de protection individuelle (EPI) est préconisé dans un deuxième temps pour réduire ou supprimer, le cas échéant, le risque résiduel d'exposition après la mise en place des MPC. En présence d'agents CMR, les mesures mises en œuvre doivent concourir à réduire l'exposition au niveau le plus bas possible. De surcroît, le contrôle de l'efficacité des mesures de prévention mises en œuvre doit être programmé, il doit intégrer la vérification de l'efficacité des MPC (ventilation, état des filtres des dispositifs de captage, taux de renouvellement d'air dans les zones...) [12]. Conformément à l'article R. 4412-27 du Code du travail, lorsque des valeurs limites d'exposition professionnelle sont établies pour un agent chimique dangereux en application des articles R. 4412-149 ou R. 4412-150, l'employeur fait procéder à des contrôles techniques par un organisme accrédité dans les conditions prévues aux articles R. 4724-8 à R. 4724-13 du Code du travail. Les résultats issus de ces contrôles permettent le cas échéant d'ajuster les mesures de prévention prédéterminées.

Il convient de préciser qu'en cas de dépassement d'une VLEP indicative prévue à l'article R. 4412-150, l'employeur procède à l'évaluation des risques afin de déterminer des mesures de prévention et de protection adaptées. Et en cas de dépassement d'une VLEP contraignante fixée à l'article R. 4412-149 ou de dépassement d'une concentration fixée à l'article R. 4222-10, l'employeur doit prendre immédiatement les mesures de prévention et de protection propres à assurer la protection des travailleurs. De plus, en cas de dépassement d'une VLEP contraignante prévue à l'article R. 4412-149, l'employeur doit stopper le travail aux postes concernés, jusqu'à la mise en œuvre des mesures propres à assurer la protection des travailleurs.

La traçabilité des expositions des travailleurs doit également être assurée [13] pour les agents cancérigènes de catégorie 1A et 1B

et les procédés cancérigènes en indiquant notamment, lorsqu'elles sont connues, les informations sur la nature des substances auxquelles le travailleur est susceptible d'être exposé, la durée et le degré de l'exposition.

L'information et la formation aux risques liés à la présence d'ACD et CMR dans les sols doivent être organisées pour tous les travailleurs pouvant être exposés.

Les obligations de formation relèvent des exigences générales du Code du travail en matière de formation au poste de travail (R. 4412-38). En outre, en cas de présence d'amiante, une formation spécifique répondant aux exigences de l'arrêté du 23 février 2012 modifié est requise en complément. Il est nécessaire de former les travailleurs au choix et au port des EPI, à leur retrait en sécurité, et à leur décontamination, ainsi qu'à la gestion appropriée des déchets et des EPI contaminés.

Les règles d'hygiène doivent être strictement adoptées par l'ensemble des personnels concernés.

Les travailleurs affectés à certains postes à risque, notamment à un poste exposant à des agents CMR, bénéficient d'un suivi individuel renforcé. Les femmes enceintes ou allaitantes ne doivent pas être exposées aux agents chimiques listés aux articles R. 1225-4, D. 4152-9 et D. 4152-10 du Code du travail. Les jeunes travailleurs ne doivent pas réaliser de travaux impliquant la manipulation, l'emploi ou l'exposition à des agents chimiques dangereux définis à l'article D. 4153-17 du Code du travail. Les salariés employés en contrat à durée déterminée (CDD) et les intérimaires ne doivent pas être affectés à des postes de travail les exposant à certaines substances chimiques, sauf si ces travaux sont exécutés à l'intérieur d'appareils hermétiquement clos (articles D. 4154-1 à D. 4154-6 du Code du travail). Des dérogations sont possibles sous conditions. Le suivi individuel est assuré par le service de prévention et de santé au travail (SPST). Il peut comporter notamment, à l'issue de l'évaluation des risques, la mise en place d'une surveillance biologique des expositions par le médecin du travail.

## Surveillance des expositions aux agents chimiques des travailleurs impliqués dans la gestion des sites et sols pollués : état des lieux et préconisations

projets d'aménagement de routes en zone rurale sont donc également potentiellement concernés par des risques liés à la présence de polluants persistants dans les sols.

La pollution peut toutefois être méconnue lorsque le site a subi :

- l'apport de déchets d'origine inconnue;
- l'épandage de boues contaminées;
- des retombées atmosphériques à plus ou moins longue distance, issues d'une zone industrielle hébergeant des activités polluantes, si les sols concernés sont situés sous les panaches (fumées ou poussières);
- le remaniement de sols *in situ* ou l'apport de sols contaminés issus d'autres sites;
- un abandon (site orphelin) par son exploitant (responsable défaillant), avec des recherches historiques infructueuses sur le site.

### TYPOLOGIE DES TRAVAILLEURS INTERVENANT SUR LES SITES ET SOLS POLLUÉS

Les travailleurs intervenant sur les SSP peuvent être classés dans quatre groupes distincts, en fonction de leur niveau de connaissance du risque chimique, ou de l'adéquation des mesures de prévention mises en œuvre, ou de leur interaction directe ou indirecte avec les sols pollués (figure 1).

Le premier groupe a conscience et a connaissance du risque chimique. Il intervient directement au contact des sols pollués et englobe les travailleurs des entreprises spécialisées dans le domaine de la dépollution et du traitement des SSP, ou les sous-traitants de ces entreprises. L'Union des professionnels de la dépollution des sites (UPDS)

[15] fédère ces entreprises : elle en regroupe 58, représentant environ 2 600 salariés impliqués dans des activités d'ingénierie et de traitement des sols. Ces derniers sont généralement bien informés des polluants présents et des risques encourus en cas d'exposition. Dans la majorité des cas, préalablement aux opérations de gestion des pollutions, des recherches historiques et des diagnostics de sols sont déjà réalisés et permettent de cartographier l'étendue des contaminations, les polluants présents et leur concentration. En outre, ces travailleurs bénéficient de formations spécifiques dédiées au risque chimique. De plus, les entreprises de dépollution disposent généralement d'un système de management intégrant la santé et la sécurité au travail et l'environnement<sup>2</sup> ainsi que d'une certification « LNE SSP<sup>3</sup> ». Les employeurs de ces entreprises ont une bonne culture de la prévention et une bonne connaissance des risques pour définir les mesures de prévention techniques et organisationnelles à mettre en œuvre pour leur personnel et leurs sous-traitants, en fonction du niveau de risque.

Le deuxième groupe de travailleurs potentiellement exposés à divers polluants regroupe d'autres acteurs impliqués en amont des projets de SSP. Ne disposant pas encore des résultats des investigations approfondies sur la nature et la concentration des contaminants présents dans les sols – puisqu'ils sont eux-mêmes chargés de mener ces études préliminaires – ces travailleurs sont néanmoins conscients des risques d'exposition et interviennent directement sur les sols pollués. Toutefois, sur la base d'informations qualitatives partielles ou sans information du tout au moment de leur intervention, les mesures de prévention mises en

place ne sont pas toujours suffisantes. Ces travailleurs sont :

- les diagnostiqueurs de sols chargés d'effectuer des sondages/forages pour cartographier l'étendue et la nature des contaminants dans les sols;
- les archéologues en archéologie préventive, chargés de la détection, de l'étude et de la préservation des vestiges découverts lors des fouilles présentant un intérêt historique;
- les techniciens des laboratoires d'analyses, chargés d'échantillonner et de préparer les sols en vue de leur analyse;
- les responsables de projets, des maîtres d'œuvre et assistants à la maîtrise d'ouvrage, chargés du dimensionnement du projet en phase préalable d'étude.

Le troisième groupe de travailleurs susceptibles d'être exposés aux polluants rassemble les acteurs intervenant ponctuellement sur les sites dans le cadre de leurs missions. Ces travailleurs peuvent néanmoins être présents en permanence s'ils sont dédiés au suivi de l'opération. Les données sur les polluants sont souvent disponibles. Ce groupe de travailleurs est généralement conscient du risque de son exposition potentielle, il n'intervient pas directement sur les sols pollués mais est présent sur les sites dans le cadre de visites de suivi de chantier. La culture « prévention » de ce groupe devrait être favorable à la mise en œuvre des mesures de prévention adaptées. Ces travailleurs sont :

- les maîtres d'œuvre et assistants à maîtrise d'ouvrage chargés du suivi des travaux sur les sites, les responsables de projet de mise en sécurité des sites orphelins<sup>4</sup>;
- les préleveurs des laboratoires de contrôle chargés des analyses de suivi de l'impact environnemental des opérations d'excavation et de traitement des sols;

2. Certification MASE : Manuel d'Amélioration Sécurité Entreprise, dédié aux entreprises prestataires intervenant sur des sites à niveau élevé de risque.

3. LNE SSP : certification LNE Sites et Sols Pollués de démarche volontaire attestant de la conformité des services proposés par l'entreprise de dépollution avec les exigences du référentiel de certification LNE SSP et des normes françaises NF X 31-620 (1 à 5) relatives aux sites et sols pollués, pour les domaines des études préalables, de l'ingénierie et de l'exécution des travaux.

4. Les sites orphelins sont les sites dont les responsables sont défaillants ou non connus, nécessitant une mise en sécurité pour maîtriser leur impact sur l'environnement et la santé humaine.

Figure 1: Représentation simplifiée des 4 groupes de travailleurs intervenant en sites et sols pollués (SSP), leur niveau d'information et leurs moyens de prévention.



- les coordonnateurs sécurité et protection de la santé (CSPS), les préventeurs en hygiène/sécurité/environnement (HSE) d'entreprise, menant des actions de prévention des risques professionnels (causeries «sécurité», vérification de l'application des mesures d'hygiène, approvisionnement des EPI...);
- les auditeurs des organismes

- de certification des entreprises de dépollution des sols certifiées;
- les ingénieurs en prévention des risques professionnels (IPRP) des services de prévention et de santé au travail (SPST), les contrôleurs de sécurité des Caisses d'assurance retraite et de santé au travail (Carsat, Cramif ou CGSS), intervenant dans le cadre de leur mission

- de conseil en prévention dans les entreprises;
  - les acteurs institutionnels chargés du contrôle du respect des réglementations (inspecteur du travail, inspecteur des installations classées, huissiers de justice...).
- Le quatrième groupe correspond aux travailleurs sans lien direct avec les activités de traitement

## Surveillance des expositions aux agents chimiques des travailleurs impliqués dans la gestion des sites et sols pollués : état des lieux et préconisations

des sols, dont le niveau de connaissance et de conscience du risque est modéré, faible ou inexistant. Les travailleurs de ce groupe ne disposent généralement pas de moyens de prévention spécifiques, ils sont présents en permanence ou ponctuellement sur le site. Ce groupe comprend :

- les gardiens des sites ;
- les personnels d'entretien des installations temporaires (ménage du cantonnement, de la base vie), opérateurs de maintenance ;
- les livreurs, locataires de matériels ou d'engins ;
- les travailleurs des entreprises extérieures chargés de la mise en sécurité des réseaux divers (électricité, fluides, gaz...);
- les travailleurs chargés du défrichage/élagage, du curage des sites ou de la démolition des bâtiments, en amont des opérations de traitement des sols ;
- les chauffeurs de camion déposant et récupérant les bennes de déchets ou de sols contaminés lorsqu'ils sont évacués et traités hors site ;
- les travailleurs en charge de la communication...

### SOURCES D'INFORMATIONS SUR LES POLLUANTS PRÉSENTS SUR LES SITES ET SOLS POLLUÉS

Si un site relève de la « Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués » [4], et lorsque les résultats des investigations approfondies des diagnostics de sols ne sont pas encore connus, le repérage des agents chimiques susceptibles d'être présents par tout autre moyen est un préalable pour estimer le risque d'exposition des travailleurs intervenant

en amont des projets (*encadré 2*). Le **tableau I** récapitule les sources d'informations pour chaque groupe de travailleurs, permettant de procéder à l'identification des polluants présents.

Selon le groupe de travailleurs et le moment de l'intervention dans le projet, l'accès aux informations sur les polluants susceptibles d'être présents est variable et de qualité fluctuante. Cette variabilité documentaire peut conduire à une évaluation qualitative des risques entachée d'incertitudes plus ou moins grandes, et conduire à la mise en œuvre de moyens de prévention inadaptés.

### DONNÉES DE RECONNAISSANCE DE MALADIES PROFESSIONNELLES

Une recherche des pathologies professionnelles reconnues par l'Assurance maladie-Risques professionnels a été effectuée sur la période 2014-2023<sup>5</sup>, pour les activités de la dépollution et autres services de gestion des déchets (correspondant au code NAF 3900Z incluant les travailleurs du traitement des SSP mais également ceux de la gestion des déchets). Le résultat de la recherche est présenté dans la **figure 2 p. 44**. Au total, 157 pathologies professionnelles ont été reconnues : 152 sont associées à 14 tableaux de maladies professionnelles et 5 sont classées « hors tableaux ». Parmi les maladies reconnues, 78 % sont des troubles musculosquelettiques (TMS), 17 % sont consécutives à des expositions à des agents chimiques (15 % agents chimiques inorganiques : amiante - plomb ; 2 % agents chimiques organiques : benzène - goudrons de houille, huiles de

houille, brais de houille, suies de combustion du charbon - méthacrylate de méthyle). L'exposition au bruit et l'exposition à des agents biologiques sont responsables chacune de 1 % des maladies professionnelles reconnues. La nature de l'exposition n'est pas précisée dans le cas des maladies « hors tableaux » (3 %), et non connue dans le cas de la reconnaissance de rhinite et asthme professionnel (1 %).

Plusieurs facteurs d'exposition sont à l'origine des maladies reconnues, y compris des cancers, au titre des tableaux de maladies professionnelles<sup>6</sup> chez les travailleurs du régime général du secteur NAF 3900Z. Il convient de préciser que ces données concernent exclusivement les travailleurs d'entreprises relevant du régime général de la Sécurité sociale et sont probablement sous-estimées car elles sont uniquement le reflet des maladies ayant fait l'objet d'une déclaration par les victimes ou leurs ayants droit.

### EXPOSITIONS INDIVIDUELLES AUX AGENTS CHIMIQUES : BASE DE DONNÉES SCOLA

#### RECHERCHE DES CODES ROME DANS LES ACTIVITÉS EN SITES ET SOLS POLLUÉS

Scola est une base de données nationale gérée et exploitée par l'INRS. Elle est renseignée par les organismes accrédités pour le contrôle des expositions des travailleurs conformément au décret n° 2009-1570 du 15 décembre 2009. Après une campagne de prélèvements visant à vérifier le respect de la valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) (*encadré 1*) des substances chimiques

5. Période de 2014 à 2023, hormis les données de l'année 2022 qui ne sont pas disponibles sur cette période.

6. Sur la période 2014-2023, les maladies ont été reconnues au titre des 14 tableaux suivants : 98A, 57A, 42A, 4A, 30A, 30B, 1A, 16B, 82A, 69A, 79A, 19A, 97A, 66A. La liste des tableaux est disponible sur le site de l'INRS <https://www.inrs.fr/publications/bdd/mp.html>.

↓ Tableau I

➤ SOURCES D'INFORMATIONS DISPONIBLES OU EXPLOITÉES SELON LE GROUPE DE TRAVAILLEURS POUR REPÉRER LES AGENTS CHIMIQUES SUSCEPTIBLES D'ÊTRE PRÉSENTS SUR LE SITE

Source d'information et type de contenu	Information disponible ou exploitée selon le groupe de travailleurs			
	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4
<b>Historique du site [16]:</b> Les recherches historiques et documentaires permettent de recenser les activités exercées par le passé, les produits utilisés et stockés, les zones de stockage, les pratiques de gestion, les accidents et incidents répertoriés, et d'identifier les zones potentiellement polluées.	parfois	parfois	parfois	non
<b>Visite préalable du site:</b> Elle permet de compléter les recherches historiques sur la base de l'observation du terrain, des « traces » laissées par les activités passées (état général du site, étiquettes sur des contenants, couleurs ou odeurs suspectes...)	oui	oui	parfois	non
<b>Enquête de proximité:</b> Elle permet de recueillir des informations auprès d'anciens travailleurs du site, voire de la population de voisinage du site.	parfois	parfois	non	non
<b>Base de données Casias (encadré 1):</b> Elle donne des informations sur la localisation des anciens sites pollués ayant fait l'objet d'une information par les autorités compétentes comme la Direction régionale de l'environnement et de l'aménagement et du logement (DREAL). Chaque site référencé est documenté sur ses activités, le cas échéant sur les pollutions identifiées par les pouvoirs publics.	oui	parfois	parfois	non
<b>Arrêté préfectoral de l'ancienne installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE):</b> Il apporte une information sur l'activité exercée par l'ICPE, son statut (autorisation, déclaration, enregistrement) qui renseigne sur les produits utilisés ou fabriqués, le code NAF de l'entreprise.	oui	parfois	parfois	non
<b>Base de données ActiPoll du Bureau de recherches géologiques et minières (encadré 1):</b> À partir du code NAF de l'ancienne activité, la base permet d'effectuer une recherche des polluants susceptibles d'être présents selon une approche probabiliste.	oui	parfois	non	non
<b>Diagnostic de sol (par exemple issu d'un projet de réhabilitation précédent abandonné):</b> Les diagnostics de type « screening » semi quantitatifs balayent les grandes familles de contaminants susceptibles d'être présents. Complétés par des diagnostics approfondis ciblés quantitatifs, ils donnent des informations sur la concentration et la répartition des polluants dans les sols.	oui	parfois	parfois	non

Oui: l'information est disponible et exploitée

Parfois: l'information n'est pas systématiquement disponible ou incomplète.

Non: l'information n'est pas disponible, ou l'information est disponible mais n'est pas exploitée.

réglementées, les organismes accrédités saisissent l'ensemble des mesures dans Scola. Une extraction des données sur la période 2009-2023 a été effectuée pour chaque métier (code Rome V 4.0) identifié susceptible d'intervenir sur des SSP.

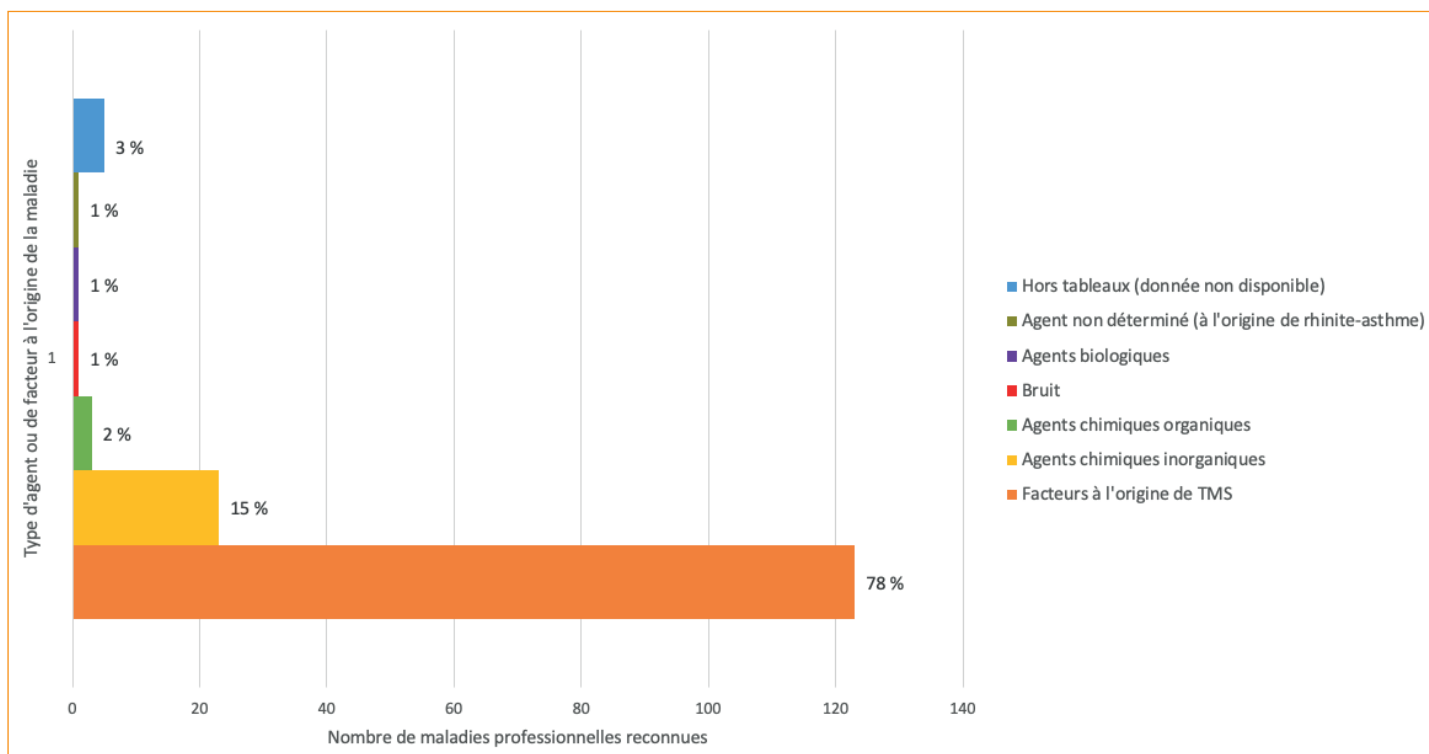
Elle permet d'effectuer une exploitation statistique détaillée des mesures individuelles d'exposition pour plusieurs agents chimiques analysés dans chaque groupe de travailleurs précédemment décrits. La recherche des codes Rome dans

chaque groupe de travailleurs impliqués dans la gestion des SSP a permis d'établir la liste présentée dans le [tableau II p. 45](#).

Certains codes Rome sont représentés dans plusieurs groupes de travailleurs, par exemple le code

## Surveillance des expositions aux agents chimiques des travailleurs impliqués dans la gestion des sites et sols pollués: état des lieux et préconisations

Figure 2: Proportion de maladies professionnelles reconnues par catégorie d'exposition à différents facteurs ou agents chimiques (activités du code NAF 3900Z) sur la période 2014-2023



I1503 «Interventions en milieux et produits nocifs» susceptible de correspondre à des activités réalisées par des professionnels dans les 4 groupes de travailleurs.

### CRITÈRES D'INTERROGATION POUR L'ANALYSE STATISTIQUE DES DONNÉES SCOLA

Les [tableaux III, IV, V et VI pp. 46 à 49](#) présentent, sur la période 2009 à 2023, les statistiques descriptives issues des données enregistrées dans Scola pour les agents chimiques comptabilisant au moins 10 résultats, pour chacun des 4 groupes de travailleurs précités. Les critères d'interrogation retenus sont :

- Secteur d'activité : E – Production et distribution d'eau : assainissement, gestion des déchets et dépollution incluant notamment le code Naf 3900Z correspondant à

la dépollution et autres services de gestion des déchets;

- Métier: F – Construction, Bâtiment et travaux publics incluant la conduite d'engins de terrassement et de carrière, et la conduite de travaux du BTP et de travaux paysagers;

- Prélèvement individuel [60-600 min] au niveau des voies respiratoires des travailleurs;

- Type de procédé: ouvert;

- Type de captage: absence de captage localisé.

L'interprétation des résultats se base sur la valeur du centile 95 (C95) de la distribution des concentrations du groupe. À défaut de retour d'expérience, la valeur du C95 issue des bases de données est généralement utilisée en première approche en hygiène de travail pour dimensionner les mesures de prévention. Celles-ci sont à ajuster et à adapter en fonction des résultats propres à

l'entreprise, issues de la réalisation de campagnes de mesurages comprenant l'examen des situations de travail et l'ensemble des données contextuelles.

### RÉSULTATS DE L'ANALYSE STATISTIQUE

#### VUE GÉNÉRALE

En 14 années de collecte, le groupe 1 de travailleurs fait l'objet du maximum d'agents chimiques mesurés et renseignés dans Scola (67) sur les quatre groupes, correspondant à 3 348 résultats au total ([figure 3 p. 50](#)).

Sur la même période, le groupe 4 présente le plus grand nombre d'agents chimiques mesurés (9) avec un pourcentage de dépassement de la VLEP-8h.

↓ Tableau II

> RÉPARTITION DES CODES ROME ET LIBELLÉS, IDENTIFIÉS PAR (X) DANS CHAQUE GROUPE DE TRAVAILLEURS TELS QUE PRÉSENTÉS DANS LA *figure 1*

Code Rome	Libellé du code Rome	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4
F1201	Conduite de travaux du BTP et de travaux paysagers	X		X	
F1202	Direction de chantier du BTP	X			
F1302	Conduite d'engins de terrassement et de carrière	X			
F1401	Extraction liquide et gazeuse	X			
I1503	Intervention en milieux et produits nocifs	X	X	X	X
I1603	Maintenance d'engins de chantier, levage, manutention et de machines agricoles	X			X
K1702	Direction de la sécurité civile et des secours	X	X	X	
K1705	Sécurité civile et secours	X	X	X	
K2306	Supervision d'exploitation éco-industrielle	X			
F1105	Études géologiques		X		
F1106	Ingénierie et études du BTP		X	X	
F1107	Mesures topographiques		X		
H1503	Intervention technique en laboratoire d'analyse industrielle		X	X	
I1502	Intervention en milieu subaquatique		X		
K2401	Recherche en sciences de l'homme et de la société		X	X	
F1103	Contrôle et diagnostic technique du bâtiment			X	
F1204	Qualité Sécurité Environnement et protection santé du BTP			X	
H1302	Management et ingénierie Hygiène Sécurité Environnement (HSE) industriels			X	
H1303	Intervention technique en Hygiène Sécurité Environnement (HSE) industriel			X	
K1901	Aide et médiation judiciaire			X	
A1201	Bûcheronnage et élagage				X
A1203	Aménagement et entretien des espaces verts				X
I1203	Maintenance des bâtiments et des locaux				X
I1304	Installation et maintenance d'équipements industriels et d'exploitation				X
K2204	Nettoyage de locaux				X
K2502	Management de sécurité privée				X
K2503	Sécurité et surveillance privées				X
N4101	Conduite de transport de marchandises sur longue distance				X

Surveillance des expositions aux agents chimiques des travailleurs impliqués dans la gestion des sites et sols pollués: état des lieux et préconisations

↓ Tableau III

➤ STATISTIQUES DESCRIPTIVES DES CONCENTRATIONS ATMOSPHÉRIQUES ENREGISTRÉES DANS LA BASE DE DONNÉES SCOLA SUR LA PÉRIODE [2009-2023] POUR DES SITUATIONS DE TRAVAIL INCLUANT LES ACTIVITÉS DE DÉPOLLUTION, POUR LE GROUPE 1 DE TRAVAILLEURS (figure 1)

Agent chimique mesuré	N° CAS	Nombre	VLEP-8h*	Unité	% < LQ	Minimum	Centile 95 (C95)	Maximum	% > VLEP-8h
Plomb	7439-92-1	378	100	µg/m <sup>3</sup>	60	< 0,0010	145	64591	5
Poussières alvéolaires (locaux à pollution spécifique)	-	205	0,9	mg/m <sup>3</sup>	30	< 0,0049	1,5	4,0	11
Chrome VI et ses composés	-	197	1	µg/m <sup>3</sup>	87	< 0,0010	0,12	0,29	0
Poussières totales (locaux à pollution spécifique)	-	192	4	mg/m <sup>3</sup>	14	< 0,0010	8,8	181	11
Benzène	71-43-2	174	1,65	mg/m <sup>3</sup>	86	< 0,0049	0,17	1,3	0
Quartz	14808-60-7	169	0,1	mg/m <sup>3</sup>	51	< 0,0010	0,046	0,24	2
Cristobalite	14464-46-1	156	0,05	mg/m <sup>3</sup>	99	< 0,0010	< 0,0032	0,046	0
Mercure et composés inorganiques bivalents du mercure, y compris l'oxyde de mercure et le chlorure mercurique	-	156	20	µg/m <sup>3</sup>	96	< 0,0010	< 0,48	0,54	0
Toluène	108-88-3	127	76,8	mg/m <sup>3</sup>	70	< 0,011	0,57	2,9	0
Ethylbenzène	100-41-4	103	88,4	mg/m <sup>3</sup>	79	< 0,017	0,55	1,5	0
Xylène	1330-20-7	100	221	mg/m <sup>3</sup>	76	< 0,019	1,0	5,4	0
Ammoniac, anhydre	7664-41-7	85	7	mg/m <sup>3</sup>	14	< 0,0095	11	30	6
Sulfure d'hydrogène	7783-06-4	78	7	mg/m <sup>3</sup>	85	< 0,0015	0,23	6,3	0
Bois (poussières de)	-	72	1	mg/m <sup>3</sup>	19	< 0,0051	2,7	9,6	11
Cyclohexane	110-82-7	70	700	mg/m <sup>3</sup>	91	< 0,011	0,12	6,2	0
n-heptane	142-82-5	59	1668	mg/m <sup>3</sup>	88	< 0,019	0,087	0,17	0
Chrome (métal, composés de chrome inorganiques (II) et composés de chrome inorganiques (insolubles) (III))	7440-47-3	58	2	mg/m <sup>3</sup>	97	< 0,0010	< 0,0035	0,012	0
Mésitylène	108-67-8	58	100	mg/m <sup>3</sup>	98	< 0,019	< 0,041	0,075	0
1,2,4-Triméthylbenzène	95-63-6	57	100	mg/m <sup>3</sup>	89	< 0,019	0,10	0,28	0
Tétrachloroéthylène	127-18-4	57	138	mg/m <sup>3</sup>	96	< 0,020	< 0,52	0,83	0
Chloroforme	67-66-3	53	10	mg/m <sup>3</sup>	98	< 0,020	< 0,98	1,1	0
Cadmium	7440-43-9	52	4	µg/m <sup>3</sup>	83	< 0,0010	0,34	0,99	0
Chlorobenzène	108-90-7	52	23	mg/m <sup>3</sup>	100	< 0,020	< 0,20	< 0,43	0
n-Hexane	110-54-3	50	72	mg/m <sup>3</sup>	86	< 0,020	0,14	189	2
1,2,3-Triméthylbenzène	526-73-8	49	100	mg/m <sup>3</sup>	98	< 0,020	< 0,041	0,051	0
Dichlorométhane	75-09-2	45	178	mg/m <sup>3</sup>	84	< 0,20	2,3	3,3	0
Pentane	109-66-0	39	3000	mg/m <sup>3</sup>	79	< 0,019	0,56	0,56	0
Tridymite	15468-32-3	38	0,05	mg/m <sup>3</sup>	55	< 0,0010	0,0021	0,0032	0
Acétone	67-64-1	37	1210	mg/m <sup>3</sup>	68	< 0,020	1,1	8,4	0
Cumène	98-82-8	27	50	mg/m <sup>3</sup>	100	< 0,020	< 0,041	< 0,041	0
Monoxyde de carbone	630-08-0	25	23	mg/m <sup>3</sup>	68	< 0,41	8,1	13	0
Méthanol	67-56-1	23	260	mg/m <sup>3</sup>	100	< 1,5	< 4,2	< 4,2	0
N,N-Diméthylformamide	68-12-2	21	15	mg/m <sup>3</sup>	95	< 0,033	0,052	0,10	0
Butanone	78-93-3	19	600	mg/m <sup>3</sup>	95	< 0,20	0,32	1,3	0
Tétrahydrofurane	109-99-9	18	150	mg/m <sup>3</sup>	100	< 0,020	< 0,050	< 0,051	0
1-Méthoxypropane-2-ol	107-98-2	15	188	mg/m <sup>3</sup>	100	< 0,20	< 0,21	< 0,21	0
2-Butoxyéthanol	111-76-2	15	49	mg/m <sup>3</sup>	100	< 0,20	< 0,21	< 0,21	0

↓ Tableau III (suite)

Agent chimique mesuré	N° CAS	Nombre	VLEP-8h *	Unité	% < LQ	Minimum	Centile 95 (C95)	Maximum	% > VLEP-8h
4-Méthylpentane-2-one	108-10-1	15	83	mg/m <sup>3</sup>	93	< 0,020	0,040	0,084	0
Manganèse et ses composés fraction inhalable exprimé en manganèse	-	15	0,2	mg/m <sup>3</sup>	27	< 0,0010	0,024	0,069	0
Méthacrylate de méthyle	80-62-6	15	205	mg/m <sup>3</sup>	93	< 0,020	0,032	0,058	0
Styrène	100-42-5	15	100	mg/m <sup>3</sup>	67	< 0,020	0,13	0,19	0
Tétrachlorométhane	56-23-5	15	6,4	mg/m <sup>3</sup>	60	< 0,025	0,65	1,0	0

< : correspond à une concentration inférieure à la limite de quantification analytique; LQ: limite de quantification

\* pour les poussières: concentration moyenne à ne pas dépasser VLEP: valeur limite d'exposition professionnelle

↓ Tableau IV

➤ STATISTIQUES DESCRIPTIVES DES CONCENTRATIONS ATMOSPHÉRIQUES ENREGISTRÉES DANS LA BASE DE DONNÉES SCOLA SUR LA PÉRIODE [2009-2023] POUR DES SITUATIONS DE TRAVAIL INCLUANT LES ACTIVITÉS DE DÉPOLLUTION, POUR LE GROUPE 2 DE TRAVAILLEURS (figure 1)

Agent chimique mesuré	N° CAS	Nombre	VLEP-8h *	Unité	% < LQ	Minimum	Centile 95 (C95)	Maximum	% > VLEP-8h
Plomb	7439-92-1	127	100	µg/m <sup>3</sup>	33	< 0,0010	1876	64591	16
Benzène	71-43-2	87	1,65	mg/m <sup>3</sup>	86	< 0,0061	0,26	1,2	0
Toluène	108-88-3	76	76,8	mg/m <sup>3</sup>	55	< 0,011	0,96	1,7	0
Ethylbenzène	100-41-4	72	88,4	mg/m <sup>3</sup>	71	< 0,020	0,43	0,89	0
Xylène	1330-20-7	72	221	mg/m <sup>3</sup>	62	< 0,045	1,1	4,0	0
Acide sulfurique (fraction thoracique)	7664-93-9	42	0,05	mg/m <sup>3</sup>	74	< 0,0010	0,022	0,057	2
Tétrachloroéthylène	127-18-4	40	138	mg/m <sup>3</sup>	88	< 0,020	0,41	1,0	0
Chlorobenzène	108-90-7	36	23	mg/m <sup>3</sup>	97	< 0,0100	< 0,042	0,067	0
Chloroforme	67-66-3	32	10	mg/m <sup>3</sup>	84	< 0,0015	0,39	0,52	0
Cyclohexane	110-82-7	32	700	mg/m <sup>3</sup>	91	< 0,011	2,3	6,2	0
Mésitylène	108-67-8	31	100	mg/m <sup>3</sup>	100	< 0,0072	< 0,021	< 0,042	0
n-heptane	142-82-5	29	1668	mg/m <sup>3</sup>	93	< 0,020	0,045	0,13	0
1,2,4-Triméthylbenzène	95-63-6	28	100	mg/m <sup>3</sup>	93	< 0,020	0,11	0,17	0
1,2,3-Triméthylbenzène	526-73-8	22	100	mg/m <sup>3</sup>	100	< 0,020	< 0,021	< 0,042	0
Acétone	67-64-1	21	1210	mg/m <sup>3</sup>	71	< 0,020	1,9	4,3	0
Méthanol	67-56-1	21	260	mg/m <sup>3</sup>	100	< 1,5	< 3,1	< 4,2	0
Dichlorométhane	75-09-2	20	178	mg/m <sup>3</sup>	90	< 0,20	1,6	1,6	0
Poussières totales (locaux à pollution spécifique)	-	20	4	mg/m <sup>3</sup>	40	< 0,0010	2,4	14	5
N,N-Diméthylformamide	68-12-2	19	15	mg/m <sup>3</sup>	100	< 0,032	< 0,050	< 0,052	0
Pentane	109-66-0	19	3000	mg/m <sup>3</sup>	74	< 0,020	0,58	2,2	0
Chrome VI et ses composés	-	18	1	µg/m <sup>3</sup>	94	< 0,015	0,035	0,046	0
1,1,1-Trichloroéthane	71-55-6	17	555	mg/m <sup>3</sup>	94	< 0,023	0,051	0,083	0
Butanone	78-93-3	17	600	mg/m <sup>3</sup>	100	< 0,020	< 0,20	< 0,21	0
n-Hexane	110-54-3	15	72	mg/m <sup>3</sup>	73	< 0,020	0,71	2,0	0
Poussières alvéolaires (locaux à pollution spécifique)	-	13	0,9	mg/m <sup>3</sup>	38	< 0,082	1,7	2,3	15
Tétrachlorométhane	56-23-5	13	6,4	mg/m <sup>3</sup>	85	< 0,0100	0,18	0,33	0
Sulfure d'hydrogène	7783-06-4	12	7	mg/m <sup>3</sup>	92	< 0,0015	0,015	0,015	0
1,1-Dichloroéthylène	75-35-4	11	8	mg/m <sup>3</sup>	73	< 0,025	0,31	0,41	0
Ammoniac, anhydre	7664-41-7	11	7	mg/m <sup>3</sup>	18	< 0,0093	0,072	0,088	0
Trichloroéthylène	79-01-6	11	54,7	mg/m <sup>3</sup>	91	< 0,024	0,27	0,41	0
Mercure et composés inorganiques bivalents du mercure, y compris l'oxyde de mercure et le chlorure mercurique	-	10	20	µg/m <sup>3</sup>	100	< 0,055	< 0,51	< 0,53	0

< : correspond à une concentration inférieure à la limite de quantification analytique; LQ: limite de quantification

\* pour les poussières: concentration moyenne à ne pas dépasser VLEP: valeur limite d'exposition professionnelle

Surveillance des expositions aux agents chimiques des travailleurs impliqués dans la gestion des sites et sols pollués: état des lieux et préconisations

↓ Tableau V

➤ STATISTIQUES DESCRIPTIVES DES CONCENTRATIONS ATMOSPHÉRIQUES ENREGISTRÉES DANS LA BASE DE DONNÉES SCOLA SUR LA PÉRIODE [2009-2023] POUR DES SITUATIONS DE TRAVAIL INCLUANT LES ACTIVITÉS DE DÉPOLLUTION, POUR LE GROUPE 3 DE TRAVAILLEURS (figure 1)

Agent chimique mesuré	N° CAS	Nombre	VLEP-8h *	Unité	% < LQ	Minimum	Centile 95 (C95)	Maximum	% > VLEP-8h
Plomb	7439-92-1	137	100	µg/m <sup>3</sup>	36	< 0,0010	1831	64591	15
Benzène	71-43-2	94	1,65	mg/m <sup>3</sup>	86	< 0,0061	0,30	1,3	0
Toluène	108-88-3	84	76,8	mg/m <sup>3</sup>	58	< 0,011	0,89	1,7	0
Ethylbenzène	100-41-4	79	88,4	mg/m <sup>3</sup>	73	< 0,020	0,43	0,89	0
Xylène	1330-20-7	79	221	mg/m <sup>3</sup>	65	< 0,045	1,1	4,0	0
Acide sulfurique (fraction thoracique)	7664-93-9	45	0,05	mg/m <sup>3</sup>	73	< 0,0010	0,022	0,057	2
Tétrachloroéthylène	127-18-4	41	138	mg/m <sup>3</sup>	88	< 0,020	0,41	1,0	0
Chlorobenzène	108-90-7	36	23	mg/m <sup>3</sup>	97	< 0,0100	< 0,042	0,067	0
Cyclohexane	110-82-7	36	700	mg/m <sup>3</sup>	89	< 0,011	1,4	6,2	0
Poussières totales (locaux à pollution spécifique)	-	35	4	mg/m <sup>3</sup>	37	< 0,0010	2,0	14	3
Mésitylène	108-67-8	34	100	mg/m <sup>3</sup>	100	< 0,0072	< 0,042	< 0,042	0
Chloroforme	67-66-3	33	10	mg/m <sup>3</sup>	85	< 0,0015	0,39	0,52	0
Poussières alvéolaires (locaux à pollution spécifique)	-	33	0,9	mg/m <sup>3</sup>	39	< 0,015	0,81	2,3	6
n-heptane	142-82-5	32	1668	mg/m <sup>3</sup>	91	< 0,020	0,047	0,13	0
1,2,4-Triméthylbenzène	95-63-6	31	100	mg/m <sup>3</sup>	94	< 0,020	0,10	0,17	0
Chrome VI et ses composés	-	23	1	µg/m <sup>3</sup>	87	< 0,0010	0,046	0,054	0
1,2,3-Triméthylbenzène	526-73-8	22	100	mg/m <sup>3</sup>	100	< 0,020	< 0,042	< 0,042	0
Pentane	109-66-0	22	3000	mg/m <sup>3</sup>	73	< 0,020	0,39	2,2	0
Acétone	67-64-1	21	1210	mg/m <sup>3</sup>	71	< 0,020	1,9	4,3	0
Méthanol	67-56-1	21	260	mg/m <sup>3</sup>	100	< 1,5	< 4,2	< 4,2	0
Dichlorométhane	75-09-2	20	178	mg/m <sup>3</sup>	90	< 0,20	1,6	1,6	0
N,N-Diméthylformamide	68-12-2	19	15	mg/m <sup>3</sup>	100	< 0,032	< 0,052	< 0,052	0
Sulfure d'hydrogène	7783-06-4	19	7	mg/m <sup>3</sup>	95	< 0,0015	0,13	0,13	0
Ammoniac, anhydre	7664-41-7	18	7	mg/m <sup>3</sup>	17	< 0,0093	0,085	0,088	0
1,1,1-Trichloroéthane	71-55-6	17	555	mg/m <sup>3</sup>	94	< 0,023	0,051	0,083	0
Butanone	78-93-3	17	600	mg/m <sup>3</sup>	100	< 0,020	< 0,21	< 0,21	0
n-Hexane	110-54-3	15	72	mg/m <sup>3</sup>	73	< 0,020	0,71	2,0	0
Tétrachlorométhane	56-23-5	14	6,4	mg/m <sup>3</sup>	79	< 0,0100	0,17	0,33	0
Cristobalite	14464-46-1	13	0,05	mg/m <sup>3</sup>	100	< 0,0010	< 0,0022	< 0,0022	0
Mercure et composés inorganiques bivalents du mercure, y compris l'oxyde de mercure et le chlorure mercurique	-	13	20	µg/m <sup>3</sup>	100	< 0,045	< 0,53	< 0,54	0
Quartz	14808-60-7	12	0,1	mg/m <sup>3</sup>	42	< 0,0010	0,011	0,012	0
1,1-Dichloroéthylène	75-35-4	11	8	mg/m <sup>3</sup>	73	< 0,025	0,31	0,41	0
Trichloroéthylène	79-01-6	11	54,7	mg/m <sup>3</sup>	91	< 0,024	0,27	0,41	0

< : correspond à une concentration inférieure à la limite de quantification analytique; LQ: limite de quantification

\* pour les poussières: concentration moyenne à ne pas dépasser

VLEP: valeur limite d'exposition professionnelle

➤ STATISTIQUES DESCRIPTIVES DES CONCENTRATIONS ATMOSPHÉRIQUES ENREGISTRÉES DANS LA BASE DE DONNÉES SCOLA SUR LA PÉRIODE [2009-2023] POUR DES SITUATIONS DE TRAVAIL INCLUANT LES ACTIVITÉS DE DÉPOLLUTION, POUR LE GROUPE 4 DE TRAVAILLEURS (figure 1)

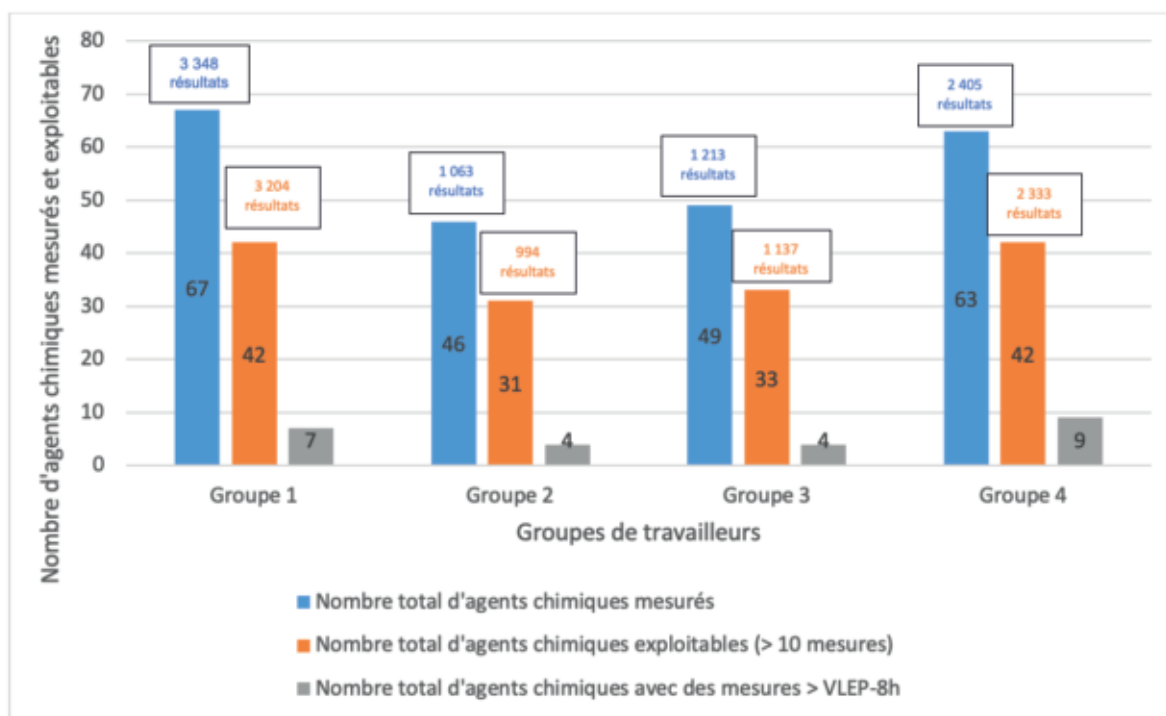
Agent chimique mesuré	N° CAS	Nombre	VLEP-8h *	Unité	% < LQ	Minimum	Centile 95 (C95)	Maximum	% > VLEP-8h
Plomb	7439-92-1	322	100	µg/m <sup>3</sup>	38	< 0,0010	1061	64591	9
Chrome VI et ses composés	-	179	1	µg/m <sup>3</sup>	72	< 0,0010	0,29	59	2
Poussières totales (locaux à pollution spécifique)	-	169	4	mg/m <sup>3</sup>	8	< 0,043	15	38	26
Poussières alvéolaires (locaux à pollution spécifique)	-	166	0,9	mg/m <sup>3</sup>	13	< 0,015	7,4	29	28
Quartz	14808-60-7	135	0,1	mg/m <sup>3</sup>	47	< 0,0010	0,17	0,66	10
Cristobalite	14464-46-1	131	0,05	mg/m <sup>3</sup>	95	< 0,0010	0,016	0,048	0
Benzène	71-43-2	97	1,65	mg/m <sup>3</sup>	90	< 0,0058	0,21	1,2	0
Ammoniac, anhydre	7664-41-7	88	7	mg/m <sup>3</sup>	18	< 0,0095	1,7	2,5	0
Mercure et composés inorganiques bivalents du mercure, y compris l'oxyde de mercure et le chlorure mercurique	-	86	20	µg/m <sup>3</sup>	92	< 0,0010	0,46	4,4	0
Ethylbenzène	100-41-4	65	88,4	mg/m <sup>3</sup>	77	< 0,020	0,71	1,9	0
Xylène	1330-20-7	65	221	mg/m <sup>3</sup>	75	< 0,020	3,2	8,3	0
Toluène	108-88-3	64	76,8	mg/m <sup>3</sup>	69	< 0,011	1,4	152	3
Acide sulfurique (fraction thoracique)	7664-93-9	58	0,05	mg/m <sup>3</sup>	55	< 0,0010	0,033	0,10	3
Cadmium	7440-43-9	48	4	µg/m <sup>3</sup>	65	< 0,0010	2,0	37	4
Cyclohexane	110-82-7	44	700	mg/m <sup>3</sup>	91	< 0,011	0,98	6,2	0
1,2,4-Triméthylbenzène	95-63-6	41	100	mg/m <sup>3</sup>	93	< 0,020	0,046	0,077	0
n-heptane	142-82-5	41	1668	mg/m <sup>3</sup>	90	< 0,020	0,057	113	0
Mésitylène	108-67-8	40	100	mg/m <sup>3</sup>	100	< 0,020	< 0,041	< 0,042	0
1,2,3-Triméthylbenzène	526-73-8	37	100	mg/m <sup>3</sup>	100	< 0,020	< 0,041	< 0,042	0
Chrome (métal, composés de chrome inorganiques (II) et composés de chrome inorganiques (insolubles) (III))	7440-47-3	32	2	mg/m <sup>3</sup>	53	< 0,0010	0,0080	0,42	0
n-Hexane	110-54-3	32	72	mg/m <sup>3</sup>	91	< 0,020	0,083	0,30	0
Cumène	98-82-8	30	50	mg/m <sup>3</sup>	100	< 0,020	< 0,042	< 0,065	0
Pentane	109-66-0	30	3000	mg/m <sup>3</sup>	87	< 0,020	0,16	0,19	0
Tridymite	15468-32-3	30	0,05	mg/m <sup>3</sup>	40	< 0,0010	0,0053	0,0058	0
Chlorobenzène	108-90-7	27	23	mg/m <sup>3</sup>	100	< 0,020	< 0,073	< 0,090	0
Sulfure d'hydrogène	7783-06-4	27	7	mg/m <sup>3</sup>	93	< 0,0016	0,15	0,30	0
Tétrachloroéthylène	127-18-4	26	138	mg/m <sup>3</sup>	96	< 0,020	< 0,33	0,41	0
Acétone	67-64-1	21	1210	mg/m <sup>3</sup>	76	< 0,021	3,1	16	0
Chloroforme	67-66-3	21	10	mg/m <sup>3</sup>	100	< 0,020	< 0,17	< 0,18	0
Dichlorométhane	75-09-2	21	178	mg/m <sup>3</sup>	81	< 0,19	68	110	0
Manganèse et ses composés fraction inhalable exprimé en manganèse	-	18	0,2	mg/m <sup>3</sup>	0	0,0010	0,057	0,17	0
Styrène	100-42-5	18	100	mg/m <sup>3</sup>	89	< 0,020	0,076	0,081	0
1-Méthoxypropane-2-ol	107-98-2	17	188	mg/m <sup>3</sup>	71	< 0,20	3,6	4,1	0
Acétate de 2-éthoxyéthyle	111-15-9	15	11	mg/m <sup>3</sup>	100	< 0,035	< 0,061	< 0,065	0
Bois (poussières de)	-	13	1	mg/m <sup>3</sup>	31	< 0,022	1,7	1,9	23
2-Butoxyéthanol	111-76-2	12	49	mg/m <sup>3</sup>	100	< 0,20	< 0,38	< 0,39	0
Méthacrylate de méthyle	80-62-6	12	205	mg/m <sup>3</sup>	92	< 0,021	0,043	0,049	0
Méthanol	67-56-1	12	260	mg/m <sup>3</sup>	100	< 1,5	< 4,4	< 4,5	0
4-Méthylpentane-2-one	108-10-1	11	83	mg/m <sup>3</sup>	91	< 0,020	0,60	1,2	0
Butanone	78-93-3	11	600	mg/m <sup>3</sup>	91	< 0,20	1,6	3,0	0
N,N-Diméthylformamide	68-12-2	11	15	mg/m <sup>3</sup>	100	< 0,033	< 0,051	< 0,052	0
Acétate d'éthyle	141-78-6	10	734	mg/m <sup>3</sup>	80	< 0,038	0,65	1,1	0

< : correspond à une concentration inférieure à la limite de quantification analytique; LQ: limite de quantification

\* pour les poussières: concentration moyenne à ne pas dépasser VLEP: valeur limite d'exposition professionnelle

## Surveillance des expositions aux agents chimiques des travailleurs impliqués dans la gestion des sites et sols pollués : état des lieux et préconisations

Figure 3 : Nombre d'agents chimiques et nombre de résultats enregistrés correspondants, distribués selon qu'ils sont mesurés, exploitables ou dépassant la VLEP-8h, stratifiés par groupe de travailleurs (tableau II p. 45)



### RÉSULTAT DE L'EXPLOITATION DU GROUPE 1

Le **tableau III pp. 46-47** présente une analyse statistique décrivant les expositions des travailleurs rattachés au groupe 1. Parmi ces expositions, 7 agents chimiques mesurés présentent des valeurs supérieures à leur VLEP-8h (ou concentration moyenne à ne pas dépasser pour les poussières) : le plomb, les poussières alvéolaires (locaux à pollution spécifique), les poussières totales (locaux à pollution spécifique), le quartz, l'ammoniac anhydre, les poussières de bois et le n-hexane.

Dans ce groupe, 6 agents chimiques analysés et exploitables ont 100 % des résultats inférieurs à leur limite de quantification : le chlorobenzène, le cumène, le méthanol, le tétrahydrofurane, le 1-méthoxypropane-2-ol et le 2-butoxyéthanol.

### RÉSULTAT DE L'EXPLOITATION DU GROUPE 2

Le **tableau IV p. 47** présente une analyse statistique décrivant les expositions des travailleurs du groupe 2. Parmi celles-ci, 4 agents chimiques mesurés présentent des concentrations supérieures à leur VLEP-8h (ou concentration moyenne à ne pas dépasser pour les poussières) : le plomb, l'acide sulfurique (fraction thoracique), les poussières alvéolaires (locaux à pollution spécifique) et les poussières totales (locaux à pollution spécifique).

Six autres agents chimiques mesurés et exploitables ont l'ensemble de leurs concentrations inférieures à leur limite de quantification analytique : le mésitylène, le 1-2-3-triméthylbenzène, le méthanol, le N,N-diméthylformamide, le butanone et le mercure et composés inorganiques bivalents du mercure.

### RÉSULTAT DE L'EXPLOITATION DU GROUPE 3

Le **tableau V p. 48** présente une analyse statistique décrivant les expositions des travailleurs rattachés au groupe 3. Parmi celles-ci, 4 agents chimiques mesurés présentent des valeurs supérieures à leur VLEP-8h (ou concentration moyenne à ne pas dépasser pour les poussières) : le plomb, l'acide sulfurique (fraction thoracique), les poussières alvéolaires (locaux à pollution spécifique) et les poussières totales (locaux à pollution spécifique).

Dans ce groupe, 7 autres agents chimiques mesurés et exploitables ont l'ensemble de leurs concentrations inférieures à leur limite de quantification analytique : le mésitylène, le 1-2-3-triméthylbenzène, le méthanol, le N,N-diméthylformamide, le butanone, la cristobalite et le mercure et

composés inorganiques bivalents du mercure.

## RÉSULTAT DE L'EXPLOITATION DU GROUPE 4

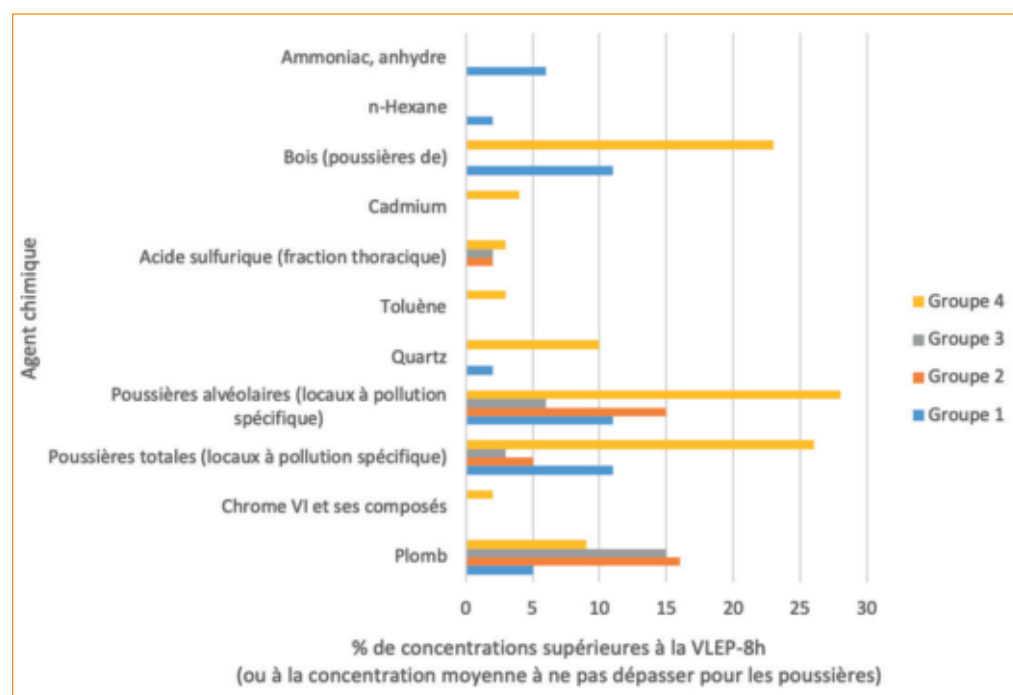
La **tableau VI p. 49** présente une analyse statistique décrivant les expositions des travailleurs rattachés au groupe 4. Parmi celles-ci, 9 agents chimiques mesurés présentent des concentrations supérieures à leur VLEP-8h (ou concentration moyenne à ne pas dépasser pour les poussières) : le plomb, le chrome VI et ses composés, les poussières alvéolaires (locaux à pollution spécifique), les poussières totales (locaux à pollution spécifique), le quartz, le toluène, l'acide sulfurique (fraction thoracique), le cadmium et les poussières de bois. Neuf autres agents chimiques mesurés et exploitables ont toutes leurs concentrations inférieures à leur limite de quantification analytique : le mésitylène, le 1-2-3-triméthylbenzène, le cumène, le chlorobenzène, le chloroforme, l'acétate de 2-éthoxyéthyle, le 2-butoxyéthanol, le méthanol et le N,N-diméthylformamide.

## ZOOM SUR LES AGENTS CHIMIQUES AVEC DÉPASSEMENT DE LA VLEP-8H

La **figure 4** liste les 11 agents chimiques sur l'ensemble des groupes qui présentent des concentrations supérieures à la VLEP-8h (pour les poussières, il ne s'agit pas de VLEP-8h mais de concentrations moyennes à ne pas dépasser). Ces dépassements sont observés pour :

- les agents chimiques inorganiques : l'ammoniac, le cadmium, l'acide sulfurique, le chrome VI et le plomb;
- les agents chimiques organiques : le n-hexane, le toluène;
- les particules : le quartz, les poussières de bois, les poussières

**Figure 4: Agents chimiques de chaque groupe de travailleurs présentant un pourcentage de concentrations supérieures à la VLEP-8h ou concentration moyenne à ne pas dépasser pour les poussières.**



alvéolaires et les poussières totales (locaux à pollution spécifique).

Le plomb, les poussières alvéolaires et les poussières totales (locaux à pollution spécifique) présentent des dépassements de la VLEP-8h (ou de la concentration moyenne à ne pas dépasser pour les poussières) dans les quatre groupes de travailleurs. Les pourcentages les plus élevés de dépassement de la VLEP-8h sont observés pour les poussières alvéolaires (locaux à pollution spécifique) (28 % dans le groupe 4), les poussières totales (locaux à pollution spécifique) (26 % dans le groupe 4), les poussières de bois (23 % dans le groupe 4) et le plomb (16 % dans le groupe 2). Le groupe 4 de travailleurs est celui qui présente le plus d'agents chimiques mesurés (9 agents chimiques) avec un dépassement de la VLEP-8h.

## DISCUSSION SUR LES DONNÉES SCOLA

Les mesures issues de la base de données Scola (**tableaux III, IV, V et VI pp. 46 à 49**) constituent un panorama des polluants ayant été identifiés lors de l'évaluation des risques des entreprises et analysés par les organismes accrédités dans les métiers de la construction et du BTP, du secteur de la production et de la distribution d'eau (Secteur E) incluant l'assainissement, la gestion des déchets et la dépollution. Parmi ces mesures, 91 % sont associées au code NAF (38) «Collecte, traitement et élimination des déchets» et 7 % sont spécifiques du code NAF (3900Z) «Dépollution et autres services de gestion des déchets». Il apparaît que les activités propres aux entreprises de dépollution sont difficiles à repérer dans la base des métiers

## Surveillance des expositions aux agents chimiques des travailleurs impliqués dans la gestion des sites et sols pollués: état des lieux et préconisations

(codes Rome), étant assimilées à des activités pratiquées dans de nombreux métiers du BTP, sans pouvoir y associer leur spécificité SSP. Les mesures de chaque groupe ne sont donc pas spécifiquement représentatives d'expositions lors d'interventions sur SSP.

Les métiers de la dépollution représentés par les travailleurs du groupe 1 bénéficient de l'analyse du plus grand nombre d'agents chimiques (*figure 3 p. 50*) mais la quantité de résultats par agent chimique reste insuffisante pour tirer des conclusions sur les expositions de ces professionnels, donc *a fortiori* pour les travailleurs des groupes 2, 3 et 4 qui mesurent moins d'agents chimiques. L'analyse statistique de ces données doit donc être interprétée avec une certaine prudence et, à ce stade, son utilisation pour estimer les expositions des travailleurs de la filière propre à la gestion de dépollution des SSP n'apparaît pas envisageable. De nombreux autres facteurs comme les caractéristiques intrinsèques de chaque friche en matière de composition du sol, de dispersion et de concentration des polluants, les méthodes d'intervention choisies et l'organisation du travail, vont influencer sur la dispersion des résultats de mesures.

L'examen des données Scola fait néanmoins apparaître que le dépassement de la VLEP-8h d'agents chimiques ou de la concentration moyenne à ne pas dépasser, est observé dans tous les groupes de travailleurs, en particulier pour les poussières totales et alvéolaires et le plomb (*figure 3 p. 50*). Les polluants sont dans la majorité des cas plus concentrés dans les fractions les plus fines du sol<sup>7</sup>, donc dans la fraction inhalable. La fraction inhalable ou la fraction alvéolaire des poussières mises en

suspension dans l'air lors des travaux devraient donc être systématiquement suivies comme traceurs d'exposition, par la mise en œuvre de mesures individuelles et de mesures d'ambiance, complétées le cas échéant de mesures en temps réel pour détecter les événements particulièrement exposants, dans le cadre des opérations de traitement des SSP.

L'analyse des mesures dans Scola a montré le plus grand nombre d'agents chimiques concernés par le dépassement des VLEP-8h dans le groupe 4 (*figure 4 p. 51*). Il se trouve que ce groupe présente également davantage de carences en matière de connaissance des sites pollués, de sensibilisation et de formation au risque chimique, de disponibilité de moyens de prévention (*tableau 1 p. 43*). Le croisement des informations sur les caractéristiques des groupes de travailleurs et sur les mesures disponibles dans Scola montre la nécessité de mettre en place systématiquement ou de renforcer l'information et la sensibilisation des professionnels de ce groupe en particulier, pour prévenir leurs expositions. Il met en exergue la nécessité d'étudier plus précisément les besoins en prévention pour l'ensemble des groupes.

Les mesures de prévention doivent être adaptées et proportionnées en fonction des connaissances sur les circonstances des expositions et leurs niveaux. Il est donc nécessaire d'améliorer le recueil des données d'exposition pour chaque profession (diagnostiqueurs, archéologues, dépollueurs...) ou groupe de travailleurs (*figure 1 p. 41*) en constituant un référentiel propre à partir de mesurages individuels. En outre, l'évaluation de l'exposition doit également tenir compte des voies d'exposition autres que respiratoire.

### PRÉCONISATIONS DE MESURES DE PRÉVENTION

Les constats précédents conduisent déjà à proposer, dans un premier temps, des mesures générales de prévention reposant sur la protection collective, l'organisation du travail, la protection individuelle et le respect des règles d'hygiène. Ce dernier point est en particulier important puisque la voie d'exposition digestive peut être prépondérante pour certains contaminants comme le plomb en cas de non-respect des règles d'hygiène. En effet, une enquête réalisée par l'Organisme professionnel de prévention du bâtiment et des travaux publics (OPPBTB) en partenariat avec la Direction générale du travail, la Caisse nationale de l'assurance maladie, les services de prévention et de santé au travail du BTP et interprofessionnels et l'ACIM-DLR/SUM [17] sur l'hygiène sur les chantiers, menée auprès de plus de 4 900 entreprises du BTP en 2023, « *a permis d'identifier de nombreux sujets d'amélioration pour faire progresser les installations sur les bases vie* » : entretien insuffisant des locaux dans 46 % des cas, 24 à 27 % recourent au « système D » pour avoir accès à l'eau (jerrican, voire pas d'eau du tout), 44 % des chantiers ne disposent pas de douche alors que l'exposition à des polluants a été identifiée (lorsqu'elles sont présentes, 33 % des douches ne sont pas entretenues ou pas utilisables). Le lavage des vêtements de travail est réalisé à domicile dans 2/3 des cas alors que 80 % des chantiers sont considérés comme « polluants », et de 15 à 29 % des repas sont pris dans les véhicules (47 % pour les chantiers courts). Des préconisations peuvent d'ores et déjà être mises en œuvre pour améliorer

7. L'outil « SelectDepol » de l'Ademe et du BRGM (*encadré 1 p. 38*) précise

« Il est important de rappeler que les fractions fines des sols (< 63 µm et principalement les particules d'argiles (< 2 µm)) représentent la plus grande proportion de la surface de contact nécessaire au mécanisme d'adsorption. Ainsi, la très grande majorité de la pollution est concentrée dans ces fractions fines ».

l'organisation des bases vie et les mesures d'hygiène (encadré 3).

## PRÉCONISATIONS SUR LES MESURAGES ET LA SURVEILLANCE DES EXPOSITIONS

Afin d'améliorer la connaissance concernant l'exposition globale de chaque population professionnelle sur l'ensemble des opérations en SSP, les entreprises doivent établir un programme de contrôles. Adapté à la nature des travaux ou des interventions, leur environnement, et à la nature des polluants (volatils, non volatils), il permettra d'estimer les niveaux d'exposition des travailleurs et de compléter l'évaluation des risques. La stratégie de prélèvement peut s'appuyer sur différents types de mesurages (atmosphérique, surfacique et biométrologique) parmi ceux décrits en exemples dans les [tableaux VII, VIII et IX pp. 54-55](#), issus de la base de données «MetroPol» ([encadré 1](#)).

Les données collectées constitueront une base pour établir un retour d'expérience propre à l'entreprise. Parmi les mesurages, certains sont obligatoires comme les mesures de contrôle du respect de la VLEP. La fréquence et la nature des vérifications tout au long de l'opération sont à établir en prenant en compte l'évaluation des risques de l'entreprise pour chaque phase de travaux. Quel que soit le type de mesurage, il doit être documenté avec les données de l'activité pour pouvoir être correctement interprété.

### ↓ Encadré 3

#### > BASE VIE ET MESURES D'HYGIÈNE

Le risque de contamination des travailleurs peut être consécutif à l'inhalation de poussières contenant des polluants mais résulte également de l'ingestion de poussières ou de gaz du fait de mesures d'hygiène insuffisantes et du contact des sols contaminés avec la peau et les muqueuses. La présence d'une base vie est nécessaire pour assurer l'hygiène des travailleurs. Son emplacement sur le chantier doit tenir compte des accès depuis l'extérieur de la zone de chantier (devant être non contaminé) et intégrer l'orientation des vents dominants pour son positionnement au regard des travaux. Le plan d'installation du chantier (PIC) doit comprendre ces éléments dès la phase du projet, et être mis à jour au fur et à mesure de l'avancée des travaux. La base vie doit être équipée de vestiaires distincts « propre » et « sale » séparés par des douches et doit être ventilée avec de l'air neuf et sain. Les vêtements de ville doivent être séparés des vêtements de travail dans des casiers spécifiques. Il est à noter que l'article R. 4412-156 du Code du travail prévoit que « *Les travailleurs exposés au plomb ou à ses composés disposent de deux locaux aménagés en vestiaires collectifs situés près de la sortie de l'établissement, le premier étant exclusivement réservé au rangement des vêtements de ville et le second au rangement des vêtements de travail. Des douches assurent la communication entre les deux vestiaires* ». Le risque d'introduction d'air contaminé lié à l'utilisation de groupes électrogènes nécessaires au fonctionnement de la base vie ou à d'autres équipements du chantier doit également être pris en compte (éloignés des entrées d'air et des ouvertures de la base vie). Si nécessaire, selon la qualité de l'air extérieur, l'air entrant sera préalablement filtré avant d'alimenter la base vie. La ventilation des espaces dédiés aux réunions/bureaux et aux pauses/prises de repas (réfectoire) doit être dimensionnée en fonction du nombre maximum de personnes présentes simultanément pour assurer un renouvellement d'air permettant le maintien à l'intérieur d'un taux de CO<sub>2</sub> préconisé inférieur à 800 ppm. Elle peut être calculée avec l'outil « Estimation de la concentration en CO<sub>2</sub> et du taux de renouvellement d'air » de l'INRS ([encadré 1](#)). En période froide, un dispositif de réchauffage de l'air entrant doit être installé en amont des gaines de distribution de l'air pour maintenir une température confortable dans ces espaces. La base vie doit être maintenue

en état de propreté, elle doit être nettoyée à l'humide quotidiennement en utilisant des produits d'entretien appropriés, y compris les surfaces des équipements en contact avec les mains comme les tables, chaises, équipements du réfectoire, bureaux, paillasse, poignées de porte. Ces équipements doivent donc être conçus en matériau facilement lavable et décontaminable. De plus, le matériel utilisé sur le chantier (outils, boîtes de prélèvements...) ne doit pas être introduit dans les parties « propres » de la base vie. Leur lavage et leur rangement/stockage doivent être réalisés dans un local dédié. Lorsque la configuration du chantier est compatible, il est recommandé de séparer les toilettes de la base vie. Ils doivent être alimentés en savon et en eau à température réglable. Le lavage des mains doit être réalisé avant chaque pause ou utilisation des toilettes. Un lave-bottes ou un pédiluve doit être installé avant l'entrée dans la base vie, côté « chantier ». Le passage par les vestiaires, voire les installations de décontamination, doit être obligatoire et être l'unique accès aux zones de repos ou de travail (bureaux) dans la base vie. Les travailleurs ne doivent en aucun cas quitter le chantier avec leurs vêtements et chaussures de travail pour ne pas contaminer l'habitacle de leur véhicule personnel ni les tiers. Des règles d'hygiène comme l'interdiction de boire, manger et fumer dans les zones de travail doivent être strictement respectées par les travailleurs. La mise à disposition de vêtements de travail en quantité suffisante et leur entretien doivent être assurés par l'employeur.

La mise en place d'une campagne de prélèvements surfaciques telle que préconisée dans le [tableau VIII page suivante](#) permet d'objectiver la présence d'une pollution ou le transfert d'une contamination issus de particules dans l'air déposées sur une surface. Elle est organisée dans les zones « hors chantier » (espace de restauration, bureau, vestiaire « propre ») et à l'intérieur des cabines d'engins et des véhicules de service. Les résultats peuvent être utiles pour sensibiliser le personnel sur l'importance du respect du nettoyage régulier et des consignes d'hygiène pour réduire leur exposition. De plus, ils permettent de définir les actions de prévention à mettre en œuvre, comme la planification de la fréquence de nettoyage des zones, l'installation de dispositifs de captage à la source et de moyens d'assainissement de l'air des locaux contaminés [18].

Surveillance des expositions aux agents chimiques des travailleurs impliqués dans la gestion des sites et sols pollués: état des lieux et préconisations

↓ Tableau VII

➤ PRÉCONISATIONS POUR LES MESURAGES ATMOSPHÉRIQUES EN VUE DE LA CARACTÉRISATION ET DE LA SURVEILLANCE DES EXPOSITIONS DES TRAVAILLEURS INTERVENANT EN SSP

Les références M-XXX renvoient aux méthodes de mesure atmosphérique utilisées en hygiène du travail, disponibles dans la base de données Métropol.

Méthodes et stratégies de mesures atmosphériques - MetroPol (encadré 1)			
Où	Mesures d'ambiance à point fixe (cartographie de l'environnement de travail) En différents points du site pouvant être impactés par l'activité pendant les phases de travaux (limites de la zone de chantier, en fonction de la présence d'autres activités ou de la coactivité) Dans la base vie (réfectoire, bureaux, vestiaires, habitacle des véhicules ou engins) Mesures individuelles (représentativité de l'exposition) Sur opérateur au plus près des voies respiratoires		
Comment	Mesures conventionnelles (Prélèvement + analyse différée, concentration moyennée sur un temps de prélèvement) Sur support de prélèvement, actif ou passif	Mesures en temps réel (Mesure instantanée, profil temporel de la concentration en fonction du temps) DéTECTEURS portables	Mesures de terrain discontinues (Prélèvement (sur support ou par échantillonnage direct) + analyse sur site) Appareils de terrain transportables autonomes
Quoi (Exemples)	Agents chimiques identifiés dans les phases de diagnostic et traceurs d'intérêt (poussières)		
	Poussières totales (Fraction inhalable M-456) et/ou poussières alvéolaires (M-278, M-277...) Métaux contenus dans les poussières (M-120, M-121 ...) ou volatils (Mercure M-114) Composés organiques volatils ou semi volatils: ex BTEX (M-338), HAP (M-332)... Gaz inorganiques: ex H <sub>2</sub> S (M-184), HCN (M-178, M-179), NH <sub>3</sub> (M-13)...	Particules avec des appareils de type compteurs de particules, photomètres Vapeurs organiques COV: DéTECTEURS à photo ionisation (PID) Vapeurs inorganiques: DéTECTEURS/balises mono ou multigaz (cellules électrochimiques, Infra-rouge, semi-conducteurs)	Chromatographe en phase gazeuse couplé à de la spectrométrie de masse Chromatographe en phase gazeuse couplé à un détecteur à photoionisation Spectromètre infra-rouge à transformée de Fourier (IRTF)
Pourquoi	Vérifier le respect de la VLEP-8h ou VLCT-15min Assurer l'enregistrement de la traçabilité individuelle des expositions Constituer un retour d'expérience sur les traceurs d'exposition (poussières par exemple)	Déterminer les pics d'exposition et corrélérer la mesure aux tâches Identifier les tâches les plus exposantes nécessitant des mesures de prévention ciblées Mettre en place une alarme pour la sécurité	Réaliser un quadrillage du site et évaluer les variabilités des expositions potentielles sur le terrain Identifier et réaliser la semi-quantification des polluants sur site Réajuster la stratégie conventionnelle
	Vérifier l'adéquation des moyens de prévention déterminés <i>a priori</i> et ajuster ces moyens le cas échéant		

↓ Tableau VIII

➤ PRÉCONISATIONS POUR LES MESURAGES SURFACIQUES EN VUE DE LA SURVEILLANCE DES EXPOSITIONS DES TRAVAILLEURS INTERVENANT EN SSP

Les références M-XXX renvoient aux méthodes de mesure atmosphérique utilisées en hygiène du travail, disponibles dans la base de données Métropol.

Mesures surfaciques - MetroPol (encadré 1)	
Où	Base vie, équipements Cabine des engins, camions, véhicules professionnels de service Objets (portable, talkie-walkie) Vêtements, mains
Comment	Aspiration ou essuyage
Quoi (Exemples)	Agents chimiques identifiés dans les phases de diagnostic pouvant se déposer sur les surfaces Poussières (M-450) HAP (M-448) Chrome VI (M-430)
Pourquoi	Mettre en évidence le niveau d'application des consignes d'hygiène, organisationnelle, et de la planification de l'entretien (des installations de ventilation avec filtration, par exemple) Réviser la fréquence ou le protocole de nettoyage des installations, des véhicules Mettre en évidence le respect des consignes de travail dans les engins, l'apport de polluants dans les cabines, la nécessité de compléter les mesures de prévention avec la décontamination des habitacles et le port d'EPI adaptés le cas échéant

↓ Tableau IX

➤ **PRÉCONISATIONS POUR LES MESURAGES BIOMÉTROLOGIQUES EN VUE DE LA SURVEILLANCE DES EXPOSITIONS DES TRAVAILLEURS INTERVENANT EN SSP**

<b>Biométrie - Biotox (encadré 1)</b>	
<b>Quand</b>	Selon la durée des travaux (expositions), la nature d'éventuelles expositions antérieures et la cinétique de l'agent chimique dans l'organisme, prévoir des prélèvements avant, pendant (en phase de travaux) ou en fin de chantier (à déterminer par le médecin du travail)
<b>Comment</b>	Prélèvement sanguin ou urinaire
<b>Quoi</b>	Sélectionner les indicateurs biologiques d'exposition en fonction de l'étude de poste et des polluants identifiés sur site
<b>Pourquoi</b>	Évaluer l'exposition globale du travailleur Vérifier l'adéquation des moyens de prévention déterminés <i>a priori</i> et ajuster ces moyens le cas échéant

**MESURES ATMOSPHÉRIQUES ET SURFACIQUES**

L'employeur doit programmer le contrôle du respect de la VLEP-8h et de la valeur limite d'exposition court terme (VLCT-15 min) des polluants émis. Ces vérifications permettent d'adapter le cas échéant les mesures de prévention mises en place.

Pour améliorer la connaissance et identifier les phases de travail les plus exposantes, des mesures complémentaires (**tableau VII**) utilisant des dispositifs de prélèvement et d'analyse en temps réel (par exemple Microdust, LightHouse 3016 IAQ, PCE-2...) sont utiles pour reconstituer les profils d'exposition. Elles permettent de mener une réflexion pour réduire les émissions à la source en modifiant les techniques de traitement, en adaptant l'organisation du travail, ou en ajustant les moyens de prévention à mettre en œuvre. En revanche, ces dispositifs peuvent être lourds et encombrants et, s'ils sont utilisés, ils ne doivent pas entraîner une gêne des travailleurs (**figure 5**). En outre, des capteurs sont particulièrement adaptés pour détecter les expositions à des polluants organiques volatils et peuvent compléter l'information sur la polyexposition chimique (**encadré 4 page suivante**). Il convient toutefois

d'avoir un regard critique sur les résultats, quelle que soit la métrologie adoptée, car de nombreux facteurs externes (milieu, durées de prélèvement, conditions météorologiques, saisonnalité, activité de l'opérateur...) ou intrinsèques aux mesurages (limites de détection des appareils de mesure, interférents, étapes de préparation des échantillons...) peuvent entraîner des marges d'incertitudes élevées sur le résultat des mesures [20]. D'autre part, les personnes chargées des mesurages doivent être spécifiquement formées pour utiliser ces appareils de mesure, en connaître les limites d'utilisation, et respecter les consignes concernant leur vérification, leur étalonnage, leur maintenance et leur condition de stockage. Les mesures en temps réel ne se substituent pas à la métrologie d'exposition individuelle conventionnelle dont les protocoles sont décrits dans le référentiel INRS « MetroPol » (**encadré 1**). Ces approches sont complémentaires. La connaissance des détecteurs pour la mesure en temps réel, leur principe de fonctionnement, leur technologie, leur maintenance et leurs protocoles de vérification sont essentiels pour leur mise en œuvre sur le terrain et la bonne exploitation des données. Les prélèvements d'air ambiant sont sensibles aux conditions

**Figure 5: Travailleur équipé de plusieurs capteurs actifs et passifs et de dispositifs de mesure en temps réel**



météorologiques (températures, vent...) ainsi qu'aux conditions d'aération et de chauffage des bâtiments pour l'air intérieur. Aussi, des relevés de conditions météorologiques sont à réaliser en parallèle des mesures atmosphériques car ils sont déterminants pour l'interprétation des résultats. En complément, la réalisation de mesures surfaciques (**tableau VIII**) donne des informations sur la sédimentation issue des poussières émises dans l'atmosphère et la contamination des surfaces qu'elle est susceptible d'entraîner, y compris en dehors des zones de travaux. La connaissance des

## Surveillance des expositions aux agents chimiques des travailleurs impliqués dans la gestion des sites et sols pollués : état des lieux et préconisations

### ↓ Encadré 4

#### > POLYEXPOSITION CHIMIQUE

La connaissance de l'exposition à des polluants multiples présents dans les sols doit interroger sur les effets cumulatifs possibles dans certains organes cibles de l'organisme, susceptibles de générer des atteintes à la santé. Cette réflexion doit également être conduite pour des travailleurs dont l'activité consiste à intervenir simultanément ou successivement sur différents sites dont la nature des pollutions est différente. L'outil « MiXie France » de l'INRS (**encadré 7**) permet de repérer certaines situations à risque en évaluant le potentiel additif ou non des agents chimiques et, à partir de données de mesures, de situer les niveaux d'exposition cumulés par rapport aux VLEP, en vue de mettre en œuvre les mesures de prévention les mieux adaptées. Dans une approche d'évaluation des risques, l'outil peut être utilisé pour obtenir :

- d'une part des informations sur les

classes d'effets communes aux agents chimiques présents dans les sols ;

- d'autre part, à partir de mesures d'exposition individuelle, l'indice d'exposition à effet additionnel (ou IAE) permettant d'alerter sur une situation potentiellement à risques sur certains organes.

Il convient cependant de préciser que la règle d'additivité, retenue par défaut pour tous les agents chimiques, ne s'applique pas pour les effets CMR et sensibilisants, ni pour les perturbateurs endocriniens, compte tenu de la nature des effets produits et des mécanismes d'action impliqués. Pour ces catégories d'agents chimiques, comme précisé dans le guide d'utilisation de MiXie France (**encadré 7**), les mesures de prévention doivent permettre de supprimer l'exposition des travailleurs, à défaut, de la réduire au niveau le plus bas possible.

À titre d'exemple, une simulation de

l'impact sur la santé par MiXie portant sur un cocktail fictif de 73 agents chimiques, parmi une liste de 209 agents chimiques jugés prioritaires dans le secteur de la gestion des sites et sols pollués [14], a montré que par des effets cumulatifs, 45 agents chimiques peuvent provoquer une atteinte des voies respiratoires ou une atteinte oculaire, 28 agents chimiques peuvent conduire à des atteintes du système nerveux central et 26 agents chimiques peuvent provoquer des atteintes cutanées ou hépatiques. De plus, 30 agents chimiques sont classés CMR. Il convient de préciser que cet outil ne prend cependant pas en compte la polyexposition à d'autres facteurs/nuisances comme le stress, le bruit, les vibrations, les manutentions, le travail de nuit ou encore le travail en conditions climatiques extrêmes, qui doivent également être évalués [19].

contaminations surfaciques doit être prise en compte dans l'évaluation des risques de manière à programmer des actions de sensibilisation du personnel au risque de contamination par voie orale par contact mains-bouche, et sur les mesures d'hygiène à mettre à place.

#### SURVEILLANCE BIOMÉTROLOGIQUE DES EXPOSITIONS

Dans le contexte de l'intervention sur SSP, une surveillance biologique (**tableau IX**) des expositions peut être proposée par le médecin du travail pour compléter l'évaluation de l'exposition, au niveau individuel mais aussi collectif. Cette approche a pour avantage de prendre en compte l'ensemble des voies d'exposition et d'estimer la dose réelle absorbée par le travailleur. Au niveau collectif, elle

permet, en comparant les résultats des différents groupes d'exposition similaire (GES), d'identifier les GES ou les tâches à risque, afin de prioriser les actions de prévention à mettre en place et d'en évaluer l'efficacité. Enfin, la surveillance biologique des expositions contribue à la traçabilité individuelle et collective des expositions professionnelles.

De multiples polluants peuvent être identifiés lors de la phase exploratoire. Il est conseillé de sélectionner un ou des agents chimiques d'intérêt dans la base de données « Fiches Toxicologiques » de l'INRS (**encadré 1**), en fonction de la toxicité intrinsèque des agents chimiques, de leur importance quantitative, de l'existence d'indicateurs biologiques d'exposition validés et de valeurs biologiques d'interprétation professionnelles mais aussi des valeurs d'imprégnation en population générale. Le

choix des indicateurs biologiques d'exposition adaptés et des valeurs biologiques d'interprétation peut se faire notamment en consultant la base de données « Biotox » de l'INRS (**encadré 1**). Ce choix ne doit pas être limité aux seuls indicateurs pour lesquels des valeurs limites biologiques réglementaires sont établies, le plomb sanguin<sup>8</sup>

8. Plomb sanguin : valeurs limites biologiques à ne pas dépasser et valeurs seuils pour le suivi individuel renforcé des travailleurs exposés au plomb (articles R. 4412-152 et R.4412-160 du Code du travail). À noter que la directive (UE) 2024/869 du 13 mars 2024 fixe une valeur limite biologique contraignante à 150 µg de plomb/L de sang (300 µg/L pendant une période transitoire allant jusqu'au 31 décembre 2028) et une valeur seuil pour la surveillance médicale à 90 µg/L (45 µg/L pour les travailleurs femmes en âge de procréer).

et le cadmium urinaire<sup>9</sup>. Pour la mise en œuvre de la surveillance biologique, le médecin du travail peut s'appuyer sur les recommandations de bonne pratique de la Société française de santé au travail [21].

Les données publiées de surveillance biologique des expositions chez des travailleurs du secteur de la gestion de SSP sont limitées. Une étude française a rapporté les résultats de l'évaluation des expositions chez 25 travailleurs impliqués dans la réhabilitation de 4 sites regroupant des pollutions variées liées à d'anciennes activités (9 chantiers au total) [22, 23]. Des concentrations de métaux lourds atteignant 1 000 mg/kg ont été mesurées dans les prélèvements de sols. Les concentrations atmosphériques étaient faibles, non corrélées aux niveaux dans les sols. Les concentrations urinaires de métaux (notamment chrome, cobalt, nickel, cadmium) étaient faibles, en majorité similaires aux valeurs observées en population générale, indiquant des mesures de protection *a priori* adaptées dans le cadre de cette étude (en particulier abattage des poussières au sol par arrosage, cabines ventilées des engins de chantier, port d'appareils de protection respiratoire).

## TRACABILITÉ DES EXPOSITIONS

L'employeur doit établir [13], en tenant compte de son évaluation des risques, une liste nominative et actualisée des travailleurs susceptibles d'être exposés à des agents chimiques CMR.

Sont concernés :

- les agents chimiques CMR de catégorie 1A ou 1B tels que définis dans le règlement (CE) n° 1272/2008

*9. Cadmium urinaire : valeur biologique maximale de 2 µg de cadmium/g de créatinine si une surveillance biologique est associée à la métrologique atmosphérique du cadmium (fraction alvéolaire) réalisée pour vérifier le respect de la VLEP-8h.*

«CLP» produits utilisés ou libérés dans le cadre de l'activité professionnelle ;

- les agents chimiques figurant dans la liste des agents chimiques, mélanges et procédés cancérigènes de l'arrêté du 26 octobre 2020 modifié [24] (exemples de travaux concernés dans le domaine de la gestion des SSP : travaux exposant aux poussières de bois inhalables, à la poussière de silice cristalline alvéolaire issue de procédés de travail, aux émissions d'échappement de moteurs diesel).

Cette liste mentionne, pour chacun des travailleurs, les agents chimiques concernés et, si elles sont connues, des données relatives à son exposition.

Les informations relatives à l'exposition du travailleur à mentionner dans la liste concernent la nature de l'exposition (description de la tâche de travail, voies d'exposition...), sa durée et son degré. La description du degré d'exposition peut s'appuyer sur des résultats d'évaluation quantitative (par exemple, mesures des expositions réalisées) ou sur une évaluation qualitative (résultats de l'évaluation des risques transcrite dans le document unique d'évaluation des risques professionnels (DUERP), bases de données, retour d'expérience de l'entreprise...).

## SUIVI INDIVIDUEL DE L'ÉTAT DE SANTÉ

Les travailleurs exposés à des agents CMR doivent bénéficier d'un suivi individuel renforcé (SIR). Des limitations ou interdictions d'emploi existent pour certains travailleurs susceptibles d'être exposés à ces agents. Cela concerne :

- les femmes enceintes ou allaitant, pour les travaux exposant à

des agents toxiques pour la reproduction de catégorie 1A et 1B (article D. 4152-10 du Code du travail) ;

- les jeunes travailleurs de moins de 18 ans, pour les travaux exposant aux agents chimiques dangereux (article D. 4153-17 du Code du travail) ;

- les salariés employés en contrat à durée déterminée (CDD) et les intérimaires, pour les travaux les exposant à certains agents chimiques, sauf si ces travaux sont exécutés à l'intérieur d'appareils hermétiquement clos (articles D. 4154-1 à D. 4154-6 du Code du travail). Des dérogations sont possibles sous conditions.

Les SPST assurant le suivi de l'état de santé des travailleurs doivent l'adapter en fonction des risques identifiés et, dans le cadre du risque chimique, selon la toxicité des agents chimiques auxquels le travailleur peut être exposé (**encadré 1**), de l'importance, de la durée et de la fréquence d'exposition (chantier unique ou chantiers itératifs). Le SPST doit donc être informé en amont de la nature du chantier et des résultats du diagnostic des sols.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La tension immobilière et les exigences environnementales de zéro artificialisation nette des sols conduisent les opérateurs fonciers à réhabiliter d'anciens sites pollués. Dans une approche préalable d'évaluation du risque chimique, les employeurs peuvent s'appuyer sur la « Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués » [4] pour obtenir des informations permettant de recenser les polluants susceptibles d'être présents dans les sols, afin d'estimer le risque chimique.

## Surveillance des expositions aux agents chimiques des travailleurs impliqués dans la gestion des sites et sols pollués: état des lieux et préconisations

De nombreux acteurs interviennent dans les projets de réhabilitation ou de reconversion de SSP. La connaissance des polluants auxquels ils peuvent être exposés est inégale selon leur rôle, leur activité et les étapes du projet. Ces travailleurs peuvent cependant être rassemblés dans 4 groupes distincts en fonction de leur activité, de leur connaissance des risques, de leur niveau d'information et de formation, et des mesures de prévention mises à leur disposition.

L'exploitation des données collectées dans Scola permet d'observer la polyexposition chimique des travailleurs du secteur NAF 3900Z et des dépassements de la VLEP pour certains agents chimiques. La codification des activités pour exploiter les données collectées dans Scola pourrait par ailleurs être améliorée/précisée afin de permettre d'extraire les mesures d'exposition des travailleurs spécifiquement associés aux métiers de la dépollution des sols.

Ces observations permettent de préconiser, dans un premier temps, des mesures générales de prévention. Parmi celles-ci, la gestion des bases vie et le respect des mesures d'hygiène notamment sont essentiels pour réduire, d'une part, l'exposition des travailleurs et, d'autre part, éviter la contamination des tiers par la diffusion de polluants. De plus, pour améliorer leur conscience et connaissance du risque d'exposition aux agents chimiques, les travailleurs du domaine des SSP doivent bénéficier de formations adaptées et spécifiques à la gestion des SSP, intégrant systématiquement la formation au risque chimique.

En approche complémentaire d'évaluation du risque chimique, les entreprises en charge de la

dépollution des sols doivent constituer leur propre retour d'expérience en systématisant la programmation de la surveillance atmosphérique des expositions des travailleurs. Les travaux en SSP étant susceptibles d'émettre des poussières contaminées en suspension dans l'air, le choix de traceurs d'exposition comme les poussières (fraction inhalable ou fraction alvéolaire), par mesurages individuel et d'ambiance, apparaît pertinent comme indicateurs de pollution pour suivre l'efficacité des mesures de prévention mises en œuvre. Des mesurages complémentaires utilisant des dispositifs de prélèvement et d'analyse en temps réel peuvent permettre d'identifier les phases de travail les plus exposantes.

En outre, les SPST et le médecin du travail devraient systématiquement être associés en amont des projets pour déterminer la nécessité, le cas échéant, de la mise en place d'un suivi biométriologique. Le renforcement de l'utilisation de la biométriologie, qui prend en compte l'ensemble des voies d'exposition, permettrait d'accroître les connaissances sur les expositions professionnelles aux polluants dans ce secteur et de contribuer à évaluer l'efficacité des mesures de prévention.

La prise en compte de cet ensemble de mesures permettrait de mieux caractériser les expositions, d'assurer la traçabilité individuelle et collective des expositions professionnelles et d'adapter les mesures de prévention.

En perspective, des études<sup>10</sup> sur la polyexposition chimique des professionnels du secteur des SPP doivent être menées pour accroître et améliorer la connaissance de leurs expositions, préciser les

préconisations sur les investigations météorologiques des situations de travail et adapter les mesures de prévention, en tenant compte notamment des spécificités des différents groupes de travailleurs identifiés.

Le donneur d'ordres (aménageur foncier) doit prendre en compte le risque chimique dans son évaluation des risques le plus en amont possible du projet, afin de dimensionner les budgets nécessaires à l'intégration des contraintes par les entreprises. Celles-ci doivent, en connaissance de cause, répondre aux appels d'offres en prévoyant les mesures techniques et organisationnelles nécessaires, ainsi que des formations spécifiques pour assurer la protection de la santé et la sécurité des travailleurs à toutes les étapes du projet. Le rôle du coordonnateur sécurité et protection de la santé et du maître d'œuvre, spécialisés en SSP, désignés par le donneur d'ordres en amont du projet, est essentiel pour élaborer les préconisations techniques et organisationnelles à toutes les étapes de la conception à la réalisation. Ces préconisations auront pour objectif de prévenir les risques, y compris le risque chimique et les risques inhérents aux interférences entre les différents intervenants sur le chantier.

10. L'INRS a engagé une étude sur l'« Objectivation de la polyexposition chimique des travailleurs itinérants en contact avec les terres polluées ». Pour en savoir plus: <https://www.inrs.fr/inrs/recherche/etudes-publications-communications/doc/etude.html?refINRS=ET2021-001>.

## POINTS À RETENIR

- Le nombre de travaux de réhabilitation de sites et sols pollués (SSP) augmente et ils présentent des risques chimiques variés.
- L'évaluation des risques par le donneur d'ordres doit prendre en compte ceux liés à la présence de polluants chimiques dans les sols dès la phase d'avant-projet.
- Les informations sur les dangers des polluants doivent être transmises à tous les travailleurs chargés d'intervenir sur le site à toutes les étapes du projet.
- La gestion des SSP fait intervenir plusieurs typologies de travailleurs dont le niveau de connaissance des polluants et de leurs dangers est inégal, nécessitant le renforcement de leur formation.
- Une stratégie de surveillance individuelle et de traçabilité des expositions atmosphériques aux agents chimiques doit être mise en œuvre.
- Les fractions inhalable et alvéolaire des poussières devraient être utilisées comme traceurs d'exposition aux polluants des sols émis dans l'air sous forme particulaire pendant les travaux.
- Des dispositifs de mesurage en temps réel apportent des informations sur les tâches les plus exposantes.
- L'organisation du chantier doit tenir compte du risque de transfert des polluants (vers la base vie, les engins...).
- Des prélèvements surfaciques permettent notamment d'adapter le nettoyage (de la base vie, des équipements...) et la maintenance préventive des dispositifs de ventilation.
- Selon la nature des polluants et l'activité des travailleurs, un suivi biométriologique peut être mis en place par le médecin du travail.

## BIBLIOGRAPHIE

- |  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <p>1   Zéro artificialisation nette (ZAN). Guide synthétique. Ministère chargé de l'Écologie, 2023 (<a href="https://artificialisation.developpement-durable.gouv.fr/bibliographie/zan-guide-synthetique">https://artificialisation.developpement-durable.gouv.fr/bibliographie/zan-guide-synthetique</a>).</p> <p>2   Loi n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets. In: Légifrance. Assemblée nationale, Sénat, Président de la République, 2021 (<a href="https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043956924">https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043956924</a>).</p> <p>3   Décret n°2022-1588 du 19</p> | <p>décembre 2022 relatif à la définition des types d'usages dans la gestion des sites et sols pollués. In: Légifrance. Première Ministre, ministère chargé de la Transition écologique, 2022 (<a href="https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000046761045">https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000046761045</a>).</p> <p>4   Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués. In: Portail InfoTerre. Ministère chargé de la Transition écologique, 2017 (<a href="https://ssp-infoterre.brgm.fr/fr/methodologie/methodologie-nationale-gestion-ssp">https://ssp-infoterre.brgm.fr/fr/methodologie/methodologie-nationale-gestion-ssp</a>).</p> <p>5   Qualité du sol. Prestations de</p> | <p>services relatives aux sites et sols pollués. Partie 1: exigences générales. Norme française homologuée NF X 31-620-1. La Plaine Saint-Denis: AFNOR; 2021: 64 p.</p> <p>6   Qualité du sol. Prestations de services relatives aux sites et sols pollués. Partie 2: exigences dans le domaine des prestations d'études, d'assistance et de contrôle. Norme française homologuée NF X 31-620-2. La Plaine Saint-Denis: AFNOR; 2021: 48 p.</p> <p>7   Qualité du sol. Prestations de services relatives aux sites et sols pollués. Partie 3: exigences</p> | <p>dans le domaine des prestations d'ingénierie des travaux de réhabilitation. Norme française homologuée NF X 31-620-3. La Plaine Saint-Denis: AFNOR; 2021: 21 p.</p> <p>8   Qualité du sol. Prestations de services relatives aux sites et sols pollués. Partie 4: exigences dans le domaine des prestations d'exécution des travaux de réhabilitation. Norme française homologuée NF X 31-620-4. La Plaine Saint-Denis: AFNOR; 2021: 48 p.</p> <p>9   Qualité du sol. Prestations de services relatives aux sites et sols pollués. Partie 5:</p> |
|--|--|--|---|

## Surveillance des expositions aux agents chimiques des travailleurs impliqués dans la gestion des sites et sols pollués : état des lieux et préconisations

### BIBLIOGRAPHIE (suite)

- exigences pour la réalisation des attestations de prise en compte des mesures de gestion de la pollution des sols et des eaux souterraines dans la conception des projets de construction ou d'aménagement. Norme française homologuée NF X 31-620-5. La Plaine Saint-Denis : AFNOR ; 2021 : 13 p.
- 10 | Loi n° 2014-366 du 24 mars 2014 pour l'accès au logement et un urbanisme rénové. In: Légifrance. Assemblée nationale, Sénat, Président de la République, 2014 (<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000028772256>).
- 11 | Arrêté du 9 février 2022 fixant les modalités de certification prévues aux articles L. 556-1 et L. 556-2 du Code de l'environnement, le référentiel, les modalités d'audit, les conditions d'accréditation des organismes certificateurs et les conditions d'équivalence prévus aux articles R. 512-39-1, R. 512-39-3, R. 512-46-25, R. 512-46-27, R. 512-66-1 et R. 515-106 du Code de l'environnement, ainsi que les modèles d'attestation prévus aux articles R. 556-3 et R. 512-75-2 du Code de l'environnement. In: Légifrance. Ministère chargé de la Transition écologique, 2022 (<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000045220761>).
- 12 | Arrêté du 8 octobre 1987 relatif au contrôle périodique des installations d'aération et d'assainissement des locaux de travail. In: Légifrance. Ministère chargé des Affaires sociales, 1987 (<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT00000863044>).
- 13 | Décret n° 2024-307 du 4 avril 2024 fixant des valeurs limites d'exposition professionnelle contraignantes pour certains agents chimiques et complétant la traçabilité de l'exposition des travailleurs aux agents chimiques cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction. In: Légifrance. Premier Ministre, Ministère chargé du Travail, 2024 (<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000049366748>).
- 14 | GÉRARDIN K, DUQUENNE P - Les sites et sols pollués : des terrains propices à la polyexposition chimique. In: CAMPO P, PATRASCU C (Eds) - Polyexpositions chimiques massives et diffuses : une réalité méconnue. Dossier DO 31. *Hyg Secur Trav*. 2020 ; 261 : 61-66, 30-82.
- 15 | Dossier Sites pollués. Chantiers sous contraintes. *Upds Mag*. 2024 ; 15 : 6-31.
- 16 | Guide. Diagnostic des sites et sols pollués. In: Portail InfoTerre. Ministère chargé de la Transition écologique, 2023 (<https://ssp-infoterre.brgm.fr/fr/methodologie/diagnostic-site>).
- 17 | LEBLANC V - Bilan de la campagne hygiène dans le BTP : des pistes d'amélioration nécessaires. In: Prévention BTP. OPPBTP, 2024 ([https://www.preventionbtp.fr/actualites/chantiers/bilan-de-la-campagne-hygiene-dans-le-btp-des-pistes-d-amelioration-necessaires\\_MqAH2aEmXftBDxFzGxvZUj](https://www.preventionbtp.fr/actualites/chantiers/bilan-de-la-campagne-hygiene-dans-le-btp-des-pistes-d-amelioration-necessaires_MqAH2aEmXftBDxFzGxvZUj)).
- 18 | Surfaces contaminées au travail. Comment mesurer pour prévenir ? Journée technique, 8 avril 2021. INRS, 2021 (<https://www.inrs.fr/footer/actes-evenements/journee-technique-surfaces-contaminees.html>).
- 19 | HÉRY M, MOUTON C, MAISON A, FALCY M - Réhabilitation de sites industriels pollués : prévention des risques professionnels. Dossier médico-technique TC 83. *Doc Méd Trav*. 2001 ; 87 : 291-320.
- 20 | Mesure des expositions aux agents chimiques et biologiques. INRS, 2021 (<https://www.inrs.fr/risques/mesure-expositions-agents-chimiques-biologiques/ce-qu-il-faut-retenir.html>).
- 21 | Surveillance biologique des expositions professionnelles aux agents chimiques. Recommandations de bonne pratique. Pratiques et métiers TM 37. *Réf Santé Trav*. 2016 ; 146 : 65-93.
- 22 | PERSOONS R, BOULANGE L, LEMONNIER E, BODSON A ET AL. - Évaluation des risques sanitaires dans le secteur de la réhabilitation des sites et sols pollués. *Arch Mal Prof Environ*. 2018 ; 79 (3) : 371-72.
- 23 | PERSOONS R, BOULANGE L, LEMONNIER E, BODSON A ET AL. - Évaluation des risques sanitaires dans le secteur de la réhabilitation des sites et sols pollués. Communication orale. In: 35<sup>e</sup> Congrès de médecine et de santé au travail, 5 au 8 juin 2018, Marseille.
- 24 | Arrêté du 26 octobre 2020 modifié, fixant la liste des substances, mélanges et procédés cancérogènes au sens du code du travail. In: Légifrance. Ministère chargé du Travail, 2021 (<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000042483502/2021-07-01>).