

DOSSIER

# MESURE DES EXPOSITIONS AUX AGENTS CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES

## SOMMAIRE DU DOSSIER

- ▶ Ce qu'il faut retenir
- ▶ Mesure de l'exposition atmosphérique
- ▶ Surveillance biologique des expositions aux agents chimiques
- ▶ Prélèvements de surface
- ▶ Réglementation
- ▶ Foire aux questions
- ▶ Publications, outils, liens...



## Ce qu'il faut retenir

La mesure de l'exposition professionnelle aux agents chimiques ou biologiques est destinée à :

- estimer le niveau réel des expositions des travailleurs, soit lors de la réalisation d'une tâche particulière, soit lors de la durée totale de leur poste de travail,
- objectiver des expositions suite à l'évaluation des risques,
- déterminer si le niveau des expositions respecte ou non les limites fixées par la réglementation, par comparaison à des valeurs limites d'expositions professionnelles (VLEP) ou des valeurs limites biologiques (VLB),
- mettre en place des moyens de prévention adaptés,
- mesurer l'efficacité des moyens de prévention mis en place,
- évaluer la capacité d'un procédé à émettre des polluants par des mesures d'ambiance.

Elle doit être effectuée régulièrement, et notamment à la suite de tout changement susceptible de modifier l'exposition des travailleurs : changement de produits, modification des procédés de fabrication ou des conditions opératoires...

# 6 RAISONS DE MESURER L'EXPOSITION PROFESSIONNELLE AUX AGENTS CHIMIQUES



## QUAND ?

Régulièrement et notamment suite à toute modification de l'exposition des travailleurs :

- Changement de produits
- Modification des procédés de fabrication

- Modification des conditions opératoires

**La mesure n'est pas une fin en soi. Il faut la faire à bon escient.**

© pour l'INRS

[www.inrs.fr/mesure-exposition](http://www.inrs.fr/mesure-exposition)



► Télécharger l'infographie (pdf)

## Valeurs limites d'exposition professionnelle : quelques précisions

Les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) sont établies à ce jour uniquement pour des agents chimiques. Elles sont exprimées sous forme de concentrations dans l'air d'une substance chimique, pour un temps d'exposition déterminé. En dessous de ces concentrations, le risque théorique d'altération de la santé est considéré comme négligeable (source ANSES).

Elles sont fixées par la **réglementation**<sup>1</sup> (contraignante ou indicative). Pour un produit donné, lorsqu'il n'existe pas de valeur limite française, il peut être utile de se référer aux valeurs publiées par des organismes de prévention à l'étranger, notamment en Allemagne (**base GESTIS**<sup>2</sup>) ou aux États-Unis (**guide du NIOSH**<sup>3</sup> par exemple).

<sup>1</sup> <https://www.inrs.fr/risques/mesure-expositions-agents-chimiques-biologiques/reglementation.html>

<sup>2</sup> <http://www.dguv.de/ifa/GESTIS/GESTIS-Stoffdatenbank/index-2.jsp>

<sup>3</sup> <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>

La mesure de l'exposition peut se faire par des mesures atmosphériques, qui ne prennent en compte que l'exposition par voie respiratoire, ou par des dosages biologiques (ou biométrie) qui prennent en compte toutes les voies d'exposition.

## Pour en savoir plus

ARTICLE DE REVUE 07/2021 | DO 33



### La mesure des expositions aux agents chimiques : techniques et outils

Cet article HST (dossier) explore les trois grands volets de la mesure utilisés de manière courante pour contribuer à la prévention du risque chimique : les prélèvements d'atmosphère ; la surveillance biologique des expositions professionnelles ; et l'exploration de la contamination des surfaces par des substances chimiques. De nombreux outils de mesure, développés ou rassemblés par l'INRS ou des organismes partenaires, y sont également évoqués.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> <https://www.inrs.fr/media?refINRS=DO%2033>

Mis à jour le 29/07/2021

WEBINAIRES 07/2020



### Webinaires sur la mesure de l'exposition aux substances chimiques

L'INRS proposait au printemps 2020 une série de 3 webinaires consacrés à la mesure des expositions aux substances chimiques. Les replays sont mis à disposition des entreprises.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> <https://www.inrs.fr/footer/actes-evenements/replay-webinaire-mesurer-exposition-substances-chimiques>

## Mesure de l'exposition atmosphérique

Pour évaluer l'exposition professionnelle aux agents chimiques ou biologiques, il faut répondre à ces questions : à quoi les travailleurs sont-ils exposés ? en quelle quantité ? Une stratégie de prélèvement doit tout d'abord être établie, basée sur l'observation des postes de travail. Des méthodes de prélèvement et d'analyse adaptées doivent ensuite être sélectionnées et mises en œuvre. Il faut enfin interpréter les résultats de manière à transformer l'observation en action pour la prévention.



© Serge Morillon / INRS

**Préparation du matériel de prélèvement pour une campagne de mesure des expositions en entreprise**



© Serge Morillon / INRS

**Équipement et information d'un travailleur avant prélèvement**



© Serge Morillon / INRS

**Pose d'une cassette sur un harnais de prélèvement**



© Serge Morillon / INRS

**Mise en place d'un dispositif de prélèvement à point fixe**



© Serge Morillon / INRS

**Travailleur équipé d'un dispositif de prélèvement individuel lors du nettoyage d'une cuve**



© Grégoire Maisonneuve pour l'INRS

**Travailleur équipé d'un dispositif de prélèvement lors d'une opération de soudage**



© Serge Morillon / INRS

**Travailleur équipé d'un dispositif de prélèvement lors d'une activité de recyclage**



© Serge Morillon / INRS

**Tubes de prélèvement utilisés pour la mesure des expositions**



© Serge Morillon / INRS

**Stockage d'échantillons de prélèvements avant analyse**



© Serge Morillon / INRS

**Analyse différée des prélèvements en laboratoire**

## Stratégie de prélèvement

### Objectif

Retrouvez ce dossier sur le site de l'INRS :

[www.inrs.fr/risques/mesure-expositions-agents-chimiques-biologiques](http://www.inrs.fr/risques/mesure-expositions-agents-chimiques-biologiques)

L'objectif des mesurages est décisif dans l'établissement de la stratégie de prélèvement. Par exemple, le **chargé de prévention** en entreprise pourra préférer estimer les variations d'exposition d'un ensemble de travailleurs au cours d'une journée de travail, en vue de détecter les étapes les plus polluantes d'un procédé pour suggérer des actions correctives. Le **médecin du travail**, quant à lui, pourra juger nécessaire d'avoir une estimation sur un travailleur particulier, mais sur l'ensemble de l'année. Des mesures peuvent être également envisagées suite à des effets sur la santé constatés chez les salariés à certains postes.

Si l'objectif est le contrôle réglementaire des expositions, la manière d'établir un diagnostic de respect ou de dépassement de la **valeur limite d'exposition professionnelle**<sup>6</sup> (VLEP) respecte des préconisations précises.

<sup>6</sup> <https://www.inrs.fr/risques/mesure-expositions-agents-chimiques-biologiques/reglementation.html>

## Éléments à prendre en compte

La mesure de l'exposition atmosphérique répond à des règles précises de durée et de méthode. Afin de comparer le résultat d'un mesurage à une **valeur limite d'exposition professionnelle** (VLEP) quand elle existe pour l'agent considéré, il convient d'ajuster le **temps de prélèvement** en fonction de l'objectif.

La détermination d'exposition « courte durée » se fait sur une période de 15 minutes et est comparée à la VLEP court terme (VLEP-CT) alors que la comparaison à la VLEP-8h se fait à partir de mesurages plus longs idéalement égaux à la durée du poste de travail.

Pour effectuer ces mesures, l'utilisation de **prélèvements individuels**, dans la **zone respiratoire** des travailleurs, est l'approche la plus représentative de l'exposition réelle. Les **mesures à point fixe** dites d'« ambiance du lieu de travail » quant à elles permettent de **cartographier** la concentration dans une zone, un atelier par exemple. Ce type de mesure ne peut pas être utilisé pour l'évaluation de l'exposition des travailleurs car il n'est pas représentatif et peut la sous-estimer.

## Difficultés rencontrées

La principale difficulté à résoudre, pour la réalisation de mesures d'exposition représentatives, est la **variabilité des concentrations** qui est généralement importante. Elle se décline de deux manières : la variabilité temporelle et la variabilité spatiale.

Pour prendre en compte cette variabilité, il est nécessaire de réaliser plusieurs mesures sur des journées différentes représentatives de l'activité et sur des travailleurs différents. Les prélèvements peuvent, par exemple, être réalisés à différentes périodes de l'année si l'activité est saisonnière ou si les conditions climatiques influent sur l'exposition.

## Principe de mise en œuvre

A partir des données issues de l'**évaluation du risque chimique**<sup>7</sup> et du risque biologique, une **stratégie de prélèvement**<sup>8</sup> est mise en place. Elle définit l'ensemble des agents chimiques ou biologiques concernés ainsi que les moyens à mettre en œuvre pour la mesure de l'exposition à ces agents. La caractérisation des agents chimiques peut être complétée par l'aide de méthode d'identification telle que le **screening**<sup>9</sup>.

En fonction des objectifs recherchés, cette stratégie peut s'appuyer sur des **prélèvements individuels** et sur des **groupes d'exposition similaire** (GES) : il s'agit de groupes de travailleurs réalisant les mêmes tâches dans les mêmes conditions et présentant, par conséquent, un même **profil d'exposition** pour les substances concernées. L'utilisation des GES permet de limiter le nombre de mesures à effectuer.

<sup>7</sup> <https://www.inrs.fr/risques/chimiques/evaluation-risques.html>

<sup>8</sup> <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-strategie-principe/metropol-strategie-principe.pdf>

<sup>9</sup> <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-intervention-screening/metropol-intervention-screening.pdf>

## Apport des modèles d'expositions

Afin de mieux anticiper les moyens à déployer, des **modèles d'exposition** permettent d'estimer à l'avance les niveaux d'exposition supposés par groupes d'exposition similaire pour certains agents chimiques. Un modèle est la plupart du temps matérialisé par un **logiciel** ou une **feuille de calcul**.

Quel que soit le modèle, le principe de fonctionnement est commun : certaines **informations pertinentes**<sup>10</sup> doivent être collectées lors de la visite préalable, comme le type de substance, ses propriétés physicochimiques, le secteur d'activité de l'entreprise ou la tâche. Ces informations demandées varient d'un modèle à l'autre mais sont toujours utilisées pour nourrir des fonctions mathématiques dont le résultat est une **estimation de l'exposition**.

<sup>10</sup> <https://www.inrs.fr/risques/chimiques/evaluation-risques.html>

## Préparation de l'intervention

La mesure des expositions se déroule généralement en deux étapes successives : le **prélèvement** qui consiste à piéger les **polluants** sur un **support de collecte** adapté puis l'**analyse** qui se fait de manière différée au **laboratoire**. Dans certains cas particuliers, des **mesurages directs**<sup>11</sup> des expositions sont possibles à l'aide de moyens de mesure en temps réel.

L'intervention ne doit pas perturber l'activité de l'entreprise. Toutefois, les mesures d'exposition peuvent occasionner des modifications des pratiques habituelles et ainsi générer des risques. Pour formaliser cette **relation avec l'entreprise pour cette intervention**<sup>12</sup>, il est donc nécessaire d'établir un **plan de prévention**. Ce plan identifie les moyens de limiter à la fois les risques spécifiques de l'entreprise auxquels les préleveurs sont exposés et ceux générés par le prélèvement pour les travailleurs.

Le **choix du matériel** dépend des polluants sélectionnés lors de l'établissement de la **stratégie de prélèvement**<sup>13</sup>. Avant l'intervention et la mise en œuvre des prélèvements, il est nécessaire de s'assurer du bon état de fonctionnement des équipements et de leur adéquation aux objectifs des mesures : pré-réglages, étalonnage, maintenance, conformité, autonomie...

Lors de la **préparation de l'intervention**<sup>14</sup>, il est impératif que des échanges entre le **préleveur** et l'**analyste** définissent les informations pertinentes et les conditions optimales pour assurer des prélèvements représentatifs et des analyses fiables : les gammes de concentration, les spécificités des supports de collecte et des dispositifs de prélèvements par rapport aux analyses, la durée et les conditions de conservation après prélèvement, la présence potentielle d'autres polluants...

<sup>11</sup> <https://www.inrs.fr/risques/detection-temps-reel-polluants/ce-qu-il-faut-retenir.html>

<sup>12</sup> <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-intervention-relation-entreprise/metropol-intervention-relation-entreprise.pdf>

<sup>13</sup> <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-strategie-principe/metropol-strategie-principe.pdf>

<sup>14</sup> <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-intervention-preparation/metropol-intervention-preparation.pdf>

## Prélèvement

Le principe du prélèvement diffère selon la **nature des polluants** à capter. Une fiche méthodologique de la base de données MétroPol de l'INRS récapitule ce qu'il faut savoir sur le **principe général et la mise en œuvre pratique du prélèvement** <sup>15</sup>.

<sup>15</sup> <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-prelevement-principe/metropol-prelevement-principe.pdf>

### MétroPol, base de données sur la métrologie des polluants

**MétroPol** <sup>16</sup> est un recueil de méthodes pour le **prélèvement** et l'**analyse** d'agents chimiques et biologiques présents dans l'air et dans certains matériaux dans un objectif d'évaluation de l'exposition professionnelle. Les méthodes proposées sont validées et décrivent précisément les conditions de prélèvements et d'analyses sous forme de **modes opératoires**. Cette base comprend environ 300 **méthodes de mesures** spécifiques à une substance ou à une famille de substances. Elle est complétée par le **guide méthodologique** MétroPol décrivant l'ensemble des conseils et recommandations pour mener à bien une campagne d'évaluation de l'exposition professionnelle.

<sup>16</sup> <https://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol.html>

### Particules en suspension dans l'air

Lorsque les polluants sont sous forme de particules dispersées dans l'air, le prélèvement se fait de manière active. Les particules sont captées au travers d'un dispositif de prélèvement, et collectées sur un support en vue d'une **analyse gravimétrique**, chimique ou biologique au laboratoire.

Dans les atmosphères de travail, les particules se retrouvent sous forme liquide ou solide et diffèrent par leur nature : chimique ou biologique. Les particules présentent une grande diversité en taille, de quelques nanomètres à plusieurs dizaines de micromètres, en forme, en composition, en concentration... Cette grande diversité implique qu'il n'existe pas une méthode de prélèvement universelle pour caractériser l'exposition aux aérosols. Néanmoins, en santé au travail, l'exposition suppose le **prélèvement d'une fraction spécifique de l'aérosol** <sup>17</sup>.

<sup>17</sup> <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-prelevement-generalite-aerosol/metropol-prelevement-generalite-aerosol.pdf>

### Fractions d'aérosol utilisées dans le domaine de la métrologie des expositions

- **Fraction inhalable** : ensemble des particules qui peuvent être aspirées par le **nez** ou la **bouche**
- **Fraction thoracique** : particules qui peuvent pénétrer au-delà du **larynx**
- **Fraction alvéolaire** : particules qui peuvent pénétrer le plus profondément dans l'appareil respiratoire jusque dans les **alvéoles pulmonaires**.

### Dispositifs à point fixe ou individuel

Les dispositifs de prélèvement d'aérosols à point fixe ou individuel ont été développés et validés pour la mesure des concentrations massiques correspondant à l'une des trois **fractions d'aérosols utilisées** <sup>18</sup>.

<sup>18</sup> <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-prelevement-generalite-aerosol/metropol-prelevement-generalite-aerosol.pdf>

La **cassette fermée** <sup>19</sup> est utilisée pour le prélèvement de la fraction inhalable. Les **cyclones** <sup>20</sup> permettent quant à eux de réaliser des prélèvements des fractions thoracique ou alvéolaire, en fonction des modèles ou des débits utilisés. Enfin, les dispositifs de prélèvement **CIP 10** <sup>21</sup> et **CATHIA** <sup>22</sup> sont polyvalents : ils permettent de sélectionner alternativement l'une des trois fractions en adaptant leur configuration.

<sup>19</sup> <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-prelevement-cassette/metropol-prelevement-cassette.pdf>

<sup>20</sup> <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-prelevement-cyclone/metropol-prelevement-cyclone.pdf>

<sup>21</sup> <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-prelevement-cip10/metropol-prelevement-cip10.pdf>

<sup>22</sup> <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-prelevement-cathia/metropol-prelevement-cathia.pdf>

Tous ces dispositifs sont associés à des **règles de bonnes pratiques** <sup>23</sup> qui doivent être mises en œuvre afin d'obtenir une mesure représentative de l'exposition du travailleur.

<sup>23</sup> <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-prelevement-generalite-aerosol/metropol-prelevement-generalite-aerosol.pdf>

### Cas particulier des particules de taille nanométrique

L'évaluation des expositions aux aérosols composés en tout ou partie de **particules de taille nanométrique** <sup>24</sup>, produites de manière intentionnelle ou non, nécessite une approche spécifique. Dans ce contexte, le mesurage de nouveaux indicateurs d'exposition tels que le nombre et la surface, ou d'autres paramètres caractéristiques des particules telles que la forme et la densité sont actuellement explorés.

<sup>24</sup> <https://www.inrs.fr/risques/nanomateriaux.html>

Des techniques de mesure en temps réel, reposant sur des principes plus ou moins sophistiqués, peuvent être employées afin de caractériser la **distribution granulométrique des aérosols** <sup>25</sup> ou leurs profils de concentration en nombre, en surface ou en masse.

<sup>25</sup> <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=DC%209>

### Cas particulier des aérosols biologiques

Les aérosols biologiques, ou bioaérosols, sont constitués de particules d'origine biologique incluant des microorganismes tels que des **bactéries**, des **moisissures** ou leurs débris ainsi que leurs composés ou leurs toxines. L'**exposition à ces bioaérosols**<sup>26</sup> peut être associée à différents effets sur la santé des travailleurs. Le prélèvement et l'analyse de ces **entités microbiennes** nécessitent le recours à des méthodes spécifiques.

<sup>26</sup> <https://www.inrs.fr/risques/biologiques.html>

## Gaz et vapeurs

Pour les gaz et vapeurs, le **prélèvement actif**<sup>27</sup> consiste à faire passer un volume d'air au travers d'un support à l'aide d'une pompe. Le support est sélectionné en fonction de sa capacité à piéger et à retenir les substances cibles.

<sup>27</sup> <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-prelevement-gaz-vapeur-actif/metropol-prelevement-gaz-vapeur-actif.pdf>

Pour certains composés organiques volatils (COV), il est également possible de réaliser un **prélèvement passif**<sup>28</sup> pour lequel les composés sont directement piégés sur le support sans utiliser de pompe. Il s'agit de prélèvements simples à mettre en œuvre tout aussi performants que les prélèvements actifs.

<sup>28</sup> <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-prelevement-gaz-vapeurs-passif/metropol-prelevement-gaz-vapeurs-passif.pdf>

## Fumées, brouillards et autres mélanges de particules

Enfin, certaines substances peuvent se trouver dans l'atmosphère sous forme d'un **mélange de vapeurs et de particules**<sup>29</sup>, il s'agit notamment des fumées, des brouillards et plus généralement de tous les composés semi volatils. Pour piéger ces substances, il est nécessaire d'associer en série un dispositif de prélèvement des particules et un dispositif de prélèvement des vapeurs. Cette association implique un ensemble de contraintes supplémentaires pour la validation et l'utilisation de la méthode.

<sup>29</sup> <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-analyse-validation-gaz-particules/metropol-analyse-validation-gaz-particule.pdf>

## Performance des méthodes et conservation des prélèvements

Les méthodes de prélèvement sont caractérisées par des **performances** qui sont déterminées lors de leur mise au point : capacité de collecte, volume maximal de prélèvement, performance des pompes... Les recommandations et exigences pour ces méthodes sont décrites dans un ensemble de **normes** nationales et internationales qui garantissent le niveau de performance de ces méthodes.

Ces informations sont reprises dans les **différents guides de mise au point**<sup>30</sup> utilisés pour valider les méthodes d'analyse de la **base de données MétroPol**<sup>31</sup>.

<sup>30</sup> <https://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol/guide-methodologique-metropol>

<sup>31</sup> <https://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol.html>

La conservation des substances collectées doit être assurée depuis le prélèvement jusqu'à l'analyse, les conditions qui la garantissent sont validées lors du développement des méthodes et sont explicitées dans les modes opératoires.

## Analyse

La **méthode d'analyse** diffère selon la nature physique, chimique et biologique des **polluants** prélevés. Son objectif est de déterminer la **quantité** de polluant collecté, souvent la masse ou un nombre (pour en savoir plus, voir la fiche méthodologique de la base de données MétroPol présentant le **principe général de l'analyse en laboratoire**<sup>32</sup>).

Dans le cas le plus simple, l'analyse est une mesure de la masse et dans les cas les plus complexes, le dispositif de prélèvement subit un ou plusieurs traitements avant d'être analysé par la technique la plus adaptée. Quelle que soit cette technique, le signal détecté est proportionnel à la quantité de substance analysée. Il est donc nécessaire de réaliser une **opération d'étalonnage**<sup>33</sup> qui permet de déterminer la relation mathématique entre la quantité de substance analysée et le signal mesuré.

Les méthodes d'analyse sont caractérisées par des performances qui sont déterminées lors de leur mise au point : sensibilité, spécificité, robustesse, conservation... Les recommandations et exigences pour ces méthodes sont décrites dans un ensemble de **normes** nationales et internationales qui garantissent le niveau de performance de ces méthodes. Ces informations sont reprises dans les **différents guides de mise au point**<sup>34</sup> utilisés pour valider les méthodes d'analyse de la **base de données MétroPol**<sup>35</sup>.

<sup>32</sup> <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-analyse-principe/metropol-analyse-principe.pdf>

<sup>33</sup> <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-analyse-etalonnage/metropol-analyse-etalonnage.pdf>

<sup>34</sup> <https://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol/guide-methodologique-metropol>

<sup>35</sup> <https://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol.html>

## Expression des résultats et exploitation

La concentration atmosphérique mesurée au moment du prélèvement est le plus souvent exprimée en concentration massique et est égale à la masse de substance déterminée par l'analyse rapportée au volume d'air prélevé. Pour certains agents chimiques ou biologiques, il peut s'agir d'une concentration numérique pour laquelle le nombre d'entités comptées au cours de l'analyse est alors rapporté au volume d'air prélevé.

La concentration mesurée représente donc une valeur moyennée sur la période de prélèvement. Elle ne rend pas compte de la variabilité temporelle encore appelée profil de concentration.

## Incertitude et variabilité

Le **calcul de la concentration** prend en considération deux composantes : l'incertitude et la variabilité.

L'**incertitude technique** est liée aux opérations de prélèvements et d'analyse. Celle-ci s'appuie sur les performances de la méthode et des instruments de mesure et sa valeur est comprise entre 10 % et 50 %.

La **variation spatiale et temporelle** de la concentration est prise en compte lors de l'élaboration de la **stratégie de prélèvement**<sup>36</sup>. Plus difficile à évaluer, elle repose sur la réalisation de prélèvements multiples espacés dans le temps et l'**utilisation d'outils statistiques et de modélisation**<sup>37</sup> pour l'élaboration d'un diagnostic.

<sup>36</sup> <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-strategie-principe/metropol-strategie-principe.pdf>

<sup>37</sup> <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-resultat-interpretation-statistique/metropol-resultat-interpretation-statistique.pdf>

## Interprétation des résultats

L'**interprétation des résultats**<sup>38</sup>, associés à l'incertitude et à la variabilité, permet d'établir un **diagnostic** de respect ou de dépassement de la valeur limite d'exposition professionnelle, lorsqu'elle existe, ou d'une valeur guide ou encore d'une valeur témoin. À défaut, le principe de réduction des expositions s'applique : les groupes d'exposition similaire (GES) pour lesquels les expositions sont les plus élevées sont prioritaires.

<sup>38</sup> <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-resultat-interpretation-statistique/metropol-resultat-interpretation-statistique.pdf>

Mis à jour le 19/11/2015

# Surveillance biologique des expositions aux agents chimiques

La surveillance biologique des expositions consiste à mesurer dans le sang, l'urine, les cheveux ou l'air expiré des travailleurs exposés le niveau d'un indicateur biologique d'exposition à une substance chimique. Pour évaluer l'exposition réelle et au mieux les risques pour la santé, les résultats devront être comparés à des références appropriées. Cette surveillance relève d'une prescription médicale par le médecin du travail.

La surveillance biologique des expositions est complémentaire de la surveillance des atmosphères. Elle permet d'affiner l'évaluation de l'exposition au poste de travail, en donnant un reflet de la quantité de produit ayant pénétré dans l'organisme.



© Serge Morillon / INRS

Enregistrement de prélèvements urinaires pour la surveillance biologique des expositions de travailleurs



© Serge Morillon / INRS

Analyse de prélèvements urinaires pour la surveillance biologique d'expositions



© Patrick Delapierre pour l'INRS

Prélèvement sanguin pour la surveillance biologique d'une exposition

Elle a pour objectif d'identifier et mesurer les agents chimiques (ou leurs métabolites) présents en situation professionnelle dans les liquides biologiques (sang, urine), les cheveux ou l'air expiré des travailleurs exposés. L'objectif est d'évaluer la quantité de substance ayant réellement pénétré l'organisme et donc le risque pour la santé. Les résultats sont comparés à des références appropriées. Les paramètres de la surveillance biologique sont appelés **indicateurs biologiques d'exposition** (IBE), **biomarqueurs d'exposition**, ou **bioindicateurs d'exposition**.

## BIOTOX, base de données sur la biométrie des expositions

Régulièrement mise à jour, la **base de données BIOTOX**<sup>39</sup> répond aux principales questions liées à la mise en place d'une surveillance biologique des expositions aux agents chimiques. Elle propose un inventaire des **dosages biologiques** disponibles en **routine**. Elle recense une cinquantaine de laboratoires susceptibles de les réaliser. Enfin, elle donne des informations concernant les **valeurs biologiques d'interprétation** pour la population professionnellement exposée et la population générale.

<sup>39</sup> <https://www.inrs.fr/publications/bdd/biotox.html>

Utilisée dans le cadre du **suivi médical** de salariés exposés aux risques chimiques, la surveillance biologique relève d'une prescription médicale émanant le plus souvent du **médecin du travail**. Elle assure la **traçabilité des expositions**.

## Intérêt de la surveillance biologique d'exposition

La surveillance biologique présente un intérêt particulier pour évaluer des expositions :

- à des substances faiblement volatiles (comme les amines aromatiques) ou à bonne pénétration cutanée,
- à des substances ayant des effets toxiques cumulatifs comme les métaux lourds,
- dans des situations où la mesure des concentrations atmosphériques n'est pas adaptée (du fait du port de protections individuelles, par exemple) ou difficilement réalisable (travail en espaces confinés, déplacements fréquents...).

Comparée à la métrologie des atmosphères, la biométrie présente surtout l'avantage d'apprécier l'absorption d'une substance par toutes les voies d'exposition : inhalation, contact cutané, ingestion. Elle n'est toutefois pas disponible en routine pour tous les agents chimiques.

## Paramètres mesurés

Les mesures se font le plus souvent dans l'**urine** ou dans le **sang** des personnes exposées. Elles portent essentiellement :

- sur l'agent chimique lui-même,
- ou sur un ou plusieurs de ses **métabolites**

## Mise en garde

La surveillance biologique des expositions exige :

- des connaissances scientifiques et la connaissance du poste de travail de la part du prescripteur pour choisir le ou les indicateurs biologiques les plus appropriés (sensibles et spécifiques, ...) ainsi que les VLB ou les valeurs biologiques d'interprétation à comparer à la valeur mesurée,
- des méthodes d'analyses validées,

- la protection des résultats individuels par le secret médical.

Les méthodes de prélèvement doivent être simples à mettre en œuvre et acceptables par le travailleur exposé. C'est le médecin du travail qui établit la stratégie de mise en œuvre de la surveillance biologique, et qui choisit le (ou les) indicateur(s) le(s) mieux adapté(s) aux objectifs de cette surveillance et à la nature de l'exposition.

Le médecin du travail informe le salarié des résultats des examens pratiqués et de leur interprétation et transmet à l'employeur une synthèse globale et anonyme des résultats dans le respect du secret médical. C'est un des outils qui permettra de guider les mesures de prévention à mettre en place.

## Déroulement du mesurage biologique

Selon l'indicateur retenu, le milieu biologique choisi ou le moment du prélèvement, les résultats des dosages fournissent une évaluation du **niveau d'imprégnation** de l'organisme et reflètent soit le niveau moyen d'exposition des heures précédentes, du jour, de la veille, de la semaine précédente, soit l'importance d'une exposition chronique cumulative.

Les résultats sont comparés à des valeurs biologiques d'interprétation et en particulier aux **valeurs limites biologiques (VLB)**. Il existe aujourd'hui en France une seule valeur limite biologique réglementaire et contraignante, le **plomb<sup>40</sup> sanguin** (ou **plombémie**).

En l'absence de valeur limite biologique réglementaire, le médecin du travail est juge des examens à effectuer pour mesurer la quantité de produit qui a pu pénétrer dans l'organisme en tenant compte des bonnes pratiques existantes. Des **recommandations de bonne pratique pour la surveillance biologique<sup>41</sup>** des expositions professionnelles aux agents chimiques ont été élaborées en 2016 par la société française de médecine du travail. En fonction entre autres de l'étude du poste de travail, il choisit les indicateurs biologiques les mieux adaptés aux objectifs de cette surveillance biologique (notamment en consultant la **base de données BIOTOX<sup>42</sup>** de l'INRS). Les résultats peuvent alors être comparés à des valeurs biologiques d'interprétation pour la population professionnellement exposée et/ou la population générale. Ces valeurs, qui sont des recommandations proposées par différents pays, sont régulièrement mises à jour (à noter que des valeurs guides françaises ont été établies en 1993 et mises à jour en 1997, mais n'ont pas été révisées depuis).

<sup>40</sup> <https://www.inrs.fr/risques/plomb.html>

<sup>41</sup> <http://www.inrs.fr/media.html?reflNRS=TM%2037>

<sup>42</sup> <https://www.inrs.fr/publications/bdd/biotox>

Mis à jour le 24/11/2015

## Prélèvements de surface

Les prélèvements surfaciques sont nettement moins utilisés que les prélèvements d'atmosphère. Ils concernent essentiellement les agents chimiques. Ils présentent un intérêt pour mettre en évidence des polluants dans des endroits où ils ne devraient pas se trouver, vérifier l'efficacité de mesures de dépollution ou pour mettre en évidence le passage de polluants à travers des gants.

### Intérêt des prélèvements de surface

En hygiène industrielle, l'évaluation de l'exposition aux composés chimiques est souvent restreinte à la seule mesure de la fraction inhalable de l'environnement de travail, sous forme de gaz ou d'aérosols.

Pourtant, l'inhalation n'est pas le seul mode de pénétration des polluants dans l'organisme. En effet, l'**exposition cutanée** représente une **voie de pénétration** non négligeable, soit de façon directe par dépôt des polluants sur la peau laissée sans protection ou insuffisamment protégée, soit de manière indirecte par contact de la peau avec des surfaces elles-mêmes contaminées par ces polluants. Cette contamination surfacique résultant de dépôt d'aérosol et de molécules peu volatiles, voire d'éclaboussure peut donc induire une contamination de l'organisme par l'épiderme et/ou par ingestion. Cette exposition peut alors entraîner des effets sur la santé propres aux polluants concernés et à ce mode d'exposition, tels que des effets cancérogènes et mutagènes, des infections mais aussi des allergies dont les dermatoses constituent une part importante des maladies liées au travail.

Dans ce cadre, les **prélèvements surfaciques et cutanés** pourraient représenter un outil préliminaire simple permettant d'évaluer l'exposition des travailleurs à certaines substances chimiques présentes sur les surfaces de leur environnement de travail direct.

### Méthodologies utilisées

D'une façon générale, deux méthodologies principales de prélèvements de surface émergent depuis quelques années :

- des prélèvements à l'aide de lingettes, parfois appelés frottis de surface ou prélèvements par essuyage,
- des prélèvements effectués sur filtres par aspiration à débit constant à l'aide de pompes ou d'autres dispositifs (canisters par exemple).



© Serge Morillon / INRS

Prélèvement cutané à l'aide d'une lingette sur le visage d'un travailleur

Le **prélèvement par aspiration** est préférentiellement utilisé pour le prélèvement sur les surfaces rugueuses ou poreuses des composés particulaires et fibreux organiques ou inorganiques, alors que le mode de **prélèvement par essuyage** présente un champ d'action plus large (dépôts organiques liquides ou solides, dépôts inorganiques particulaires ou fibreux) pour des surfaces plus lisses.

Concernant ces deux méthodologies de prélèvement, il semble se dégager un consensus sur la **surface de prélèvement** optimale, à savoir un carré de 10 x 10 cm, qui correspond à environ une à deux fois la surface d'une paume de main.

## Difficultés rencontrées

Cependant, ce domaine émergent d'évaluation des expositions humaines aux agents chimiques n'est actuellement pas suffisamment structuré et est confronté à de nombreux obstacles techniques liés à la très grande diversité des substances prélevables ainsi que des surfaces concernées. Compte tenu du peu de recul actuel dans ce domaine d'évaluation, ces difficultés entraînent un **manque d'harmonisation** et de **standardisation** des méthodologies et du matériel employés qui constitue un frein supplémentaire à l'utilisation et au développement de cette voie de caractérisation de l'exposition des travailleurs.

Une autre difficulté rencontrée réside dans l'**interprétation des résultats** et, principalement, dans la corrélation entre le résultat du prélèvement et l'absorption réelle des composés dans l'organisme.

Par ailleurs, il n'existe pas, à l'heure actuelle, de **valeurs limites de référence**, hormis pour le **plomb**, le **béryllium** et les **polychlorobiphényles** (PCB) pour lesquels l'Agence américaine de protection de l'environnement (USEPA) recommande des valeurs limites de prélèvement de surface. Cette absence de valeurs réglementaires finit également par freiner le développement et l'utilisation de ces méthodes. La notion de **valeurs limites de surface** (acceptable surface limits), équivalentes des valeurs limites atmosphériques, est aujourd'hui évoquée afin d'apporter un poids aux mesures issues de prélèvements de surface, et de pouvoir ainsi contribuer à leur développement et généralisation.

Pour l'heure, si le domaine du prélèvement de surface n'est pas assez structuré et manque d'harmonisation des pratiques, la volonté est forte d'aller vers une standardisation des méthodes de prélèvement afin, notamment, de pouvoir comparer les données à l'échelle globale.

## Travaux de l'INRS

L'INRS s'est investi depuis quelques années dans l'évaluation de la contamination des surfaces par déposition de polluants atmosphériques. Ainsi, des travaux en cours visent :

- à développer des outils métrologiques et méthodologiques permettant d'optimiser et d'harmoniser les pratiques à travers une approche méthodique et rationnelle des prélèvements,
- à évaluer les taux de transfert par contact de polluants des surfaces contaminées vers les salariés (l'objectif étant d'apporter des éléments de connaissance pour pouvoir, à terme, relier les mesures de contaminations des surfaces à une exposition réelle des organismes).

Parallèlement, une meilleure connaissance des **mécanismes de passage percutané** permettrait de pouvoir relier la mesure du prélèvement surfacique à une absorption réelle par l'organisme et de proposer des **valeurs limites de contaminations surfaciques** indicatives ou réglementaires.

*Mis à jour le 19/11/2015*

# Réglementation

La réglementation en matière de mesure des expositions aux produits chimiques sur le lieu de travail porte à la fois sur la surveillance de la pollution de l'air des locaux de travail et sur la surveillance biologique des travailleurs exposés. Il existe une obligation de contrôle et de maintien des concentrations des polluants en dessous des valeurs limites d'exposition réglementaires.

## Généralités sur les contrôles atmosphériques

Les locaux de travail où sont émis des polluants (gaz, poussières, aérosols...) sont considérés par le **Code du travail** comme des **locaux à pollution spécifique** soumis à des règles spécifiques de **ventilation** (articles R. 4222-10 à R. 4222-17). Les installations de captage et de ventilation doivent permettre de réduire les concentrations de ces polluants dans l'atmosphère au niveau le plus bas possible, ces concentrations devant rester inférieures aux **valeurs limites d'exposition professionnelle** (VLEP) réglementaires, lorsqu'elles existent.

Les **contrôles atmosphériques** relèvent du Code du travail (articles R. 4412-27 à R. 4412-31 pour les **agents chimiques dangereux**, R. 4412-76 à R. 4412-80 pour les **agents chimiques classés CMR**). Ces dispositions sont complétées par l'**arrêté du 15 décembre 2009**<sup>43</sup>.

<sup>43</sup> <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000021487566>

Dans le cadre de l'évaluation du risque chimique, l'employeur doit mesurer régulièrement le niveau d'exposition à des agents chimiques.

Lorsque les agents chimiques concernés possèdent une valeur limite d'exposition réglementaire contraignante ou indicative, un **contrôle technique du respect de la VLEP** doit être effectué par un **organisme accrédité** au moins une fois par an et en cas de modification des conditions d'exposition. Ces organismes, indépendants des entreprises dans lesquelles ces contrôles techniques sont effectués, sont accrédités pour l'établissement de la **stratégie de mesurage**, des prélèvements et des analyses. Ils doivent enregistrer les résultats des contrôles atmosphériques dans une base de données nationale (**base SCOLA**) qui permettra leur exploitation statistique par les pouvoirs publics.

Les résultats des mesures et contrôles atmosphériques sont communiqués au médecin du travail et au **CHSCT**. Ils contribuent à l'évaluation des risques engendrés par une exposition à des agents chimiques et permettent de déterminer les mesures de prévention adaptées.

## Valeurs limites d'exposition professionnelle

La valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) à un produit chimique (définie à l'article R. 4412-4 du Code du travail) représente la concentration dans l'air que peut respirer une personne pendant un temps déterminé. A ce niveau, aucune atteinte organique ou fonctionnelle de caractère irréversible ou prolongée n'est raisonnablement prévisible. La valeur est exprimée en volume (ppm ou partie par million), en poids (mg/m<sup>3</sup>) ou en fibres par unité de volume (f/m<sup>3</sup>).

Elle constitue une valeur de référence pour évaluer le niveau de l'exposition dans l'air, mais le respect de cette valeur ne suffit pas. L'employeur est tenu, en application des principes généraux de prévention, de réduire l'exposition au niveau le plus bas possible.

À noter qu'il n'existe pas de VLEP pour les agents biologiques.

Un fichier des VLEP françaises peut être téléchargé ici.<sup>44</sup>

<sup>44</sup> <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=outil65>

## Valeurs limites contraignantes et indicatives

Le **Code du travail** distingue les valeurs limites d'expositions professionnelles dont le respect est obligatoire (**VLEP contraignantes**) et des valeurs qui fixent des objectifs de prévention (**VLEP indicatives**).

### Valeurs limites réglementaires : la différence entre contraignante et indicative

#### Contraignantes

Le respect de ces valeurs est une **obligation** minimale pour l'employeur. Leur non-respect expose à des **sanctions**. Elles sont fixées par décret en Conseil d'État et intégrées au Code du travail (article R. 4412-149) : poussières de bois, benzène, chlorure de vinyle, plomb, silice (sous forme de poussières alvéolaires de quartz, tridymite ou cristobalite)...

#### Indicatives

Ces valeurs réglementaires établissent un objectif minimal de prévention à atteindre. Elles sont fixées par arrêté (**arrêté du 30 juin 2004 modifié**<sup>45</sup> pris en application de l'article R. 4412-150 du Code du travail).

<sup>45</sup> <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=LEGITEXT000025881895>

Le Code du travail a également fixé une valeur limite contraignante pour les **fibres d'amiante** (article R. 4412-100), dont le contrôle relève respectivement des règles spécifiques aux **activités exposant à l'amianté**<sup>46</sup>. Pour les poussières totales et alvéolaires, le Code du travail a fixé une concentration limite (article R. 4222-10).

<sup>46</sup> <https://www.inrs.fr/risques/amiante.html>

À noter qu'il subsiste des valeurs limites admises, à caractère indicatif, non réglementaires. Ces valeurs ont été publiées entre 1982 et 1996 dans des circulaires par le ministère chargé du Travail. Elles sont progressivement remplacées par des valeurs limites réglementaires (indicatives ou contraignantes). Elles peuvent néanmoins servir de référence pour la prévention.

## Valeurs limites de court terme ou sur 8 heures

Les **valeurs limites de court terme** (VLEP CT) sont des valeurs mesurées sur une période de référence de 15 minutes. Elles sont destinées à éviter les effets toxiques dus à des **pics d'exposition** (exposition sur une courte durée). Les VLEP CT remplacent les anciennes VLE mesurées sur une durée maximale de 15 minutes.

Les **valeurs limites d'exposition sur 8 heures** (VLEP 8h) sont mesurées sur une durée de travail de 8 heures. Elles sont destinées à protéger les salariés des **effets différés** des polluants. Les VLEP 8 h remplacent les anciennes valeurs limites de moyenne d'exposition (VME).

Une VLEP 8 h peut être dépassée sur de courtes périodes, à condition de ne pas dépasser la VLEP CT correspondante si elle existe pour le produit.

## Respect des VLEP

Pour s'assurer du respect de ces valeurs limites, l'employeur doit effectuer des **mesurages réguliers** de l'exposition, et notamment après chaque **changement de procédé** de travail.

Dans le cas de valeurs réglementaires, les contrôles doivent être effectués au moins une fois par an et lors de tout changement susceptible d'avoir des conséquences néfastes sur l'exposition des travailleurs. Ils ne sont pas nécessaires pour les agents chimiques non classés CMR lorsque l'évaluation des risques a montré un risque faible. Ils doivent être confiés à un **organisme accrédité**.

Les résultats des mesurages sont communiqués par l'employeur au **médecin du travail** et au **CHSCT** ou, à défaut, aux délégués du personnel. Ils sont tenus à la disposition de l'inspecteur du travail, du médecin inspecteur du travail ainsi que des agents des services de prévention des organismes de sécurité sociale.

### En cas de dépassement d'une valeur limite d'exposition professionnelle

#### Valeur contraignante

Le dépassement d'une VLEP réglementaire contraignante doit entraîner :

- lorsqu'il s'agit d'un agent chimique, autre que CMR 1A ou 1B, ou bien de poussières totales et alvéolaires, la mise en œuvre immédiate de **mesures de protection** (articles R. 4412-28 et R. 4412-29),
- dans le cas d'un agent chimique classé CMR de catégorie 1A ou 1B, l'**arrêt du travail** aux postes de travail concernés jusqu'à la mise en œuvre des mesures propres à assurer la protection des salariés (articles R. 4412-77 et R. 4412-78).

#### Valeur indicative

Le dépassement d'une VLEP réglementaire indicative doit amener à procéder à une nouvelle **évaluation des risques**, afin de déterminer des mesures de prévention et de protection adaptées.

## Limites des VLEP

Le respect d'une VLEP permet d'empêcher l'apparition d'une atteinte à la santé de caractère irréversible liée à l'utilisation d'un ou plusieurs produits chimiques. Mais les VLEP, quand elles existent, ont des limites :

- Une VLEP spécifique n'est valable que pour une seule substance chimique.
- Certains agents CMR (cancérogènes, mutagènes ou reprotoxiques) fonctionnent sans effet de seuil, c'est-à-dire qu'ils peuvent avoir des effets même à de très faibles doses.  
Pour ces agents, les VLEP sont déterminées en tolérant une faible probabilité de survenue de la maladie. Par exemple une probabilité  $p = 10^{-6}$  qui correspond à 1 cas de survenue de la maladie sur 1 million d'individus exposés, au niveau de la VLEP, 8 heures par jour, 5 jours par semaine pendant 40 ans.
- Les VLEP n'intègrent pas la charge physique liée à certains travaux pouvant accroître la pénétration des polluants dans l'organisme.
- Les VLEP ne prennent en compte que les expositions par voie respiratoire et pas celles par voie digestive ou cutanée.
- Les VLEP ne sont pas définitives, elles évoluent en fonction des connaissances scientifiques.

C'est pourquoi il faut considérer les VLEP comme des **objectifs de prévention minimaux** et chercher à abaisser les niveaux d'exposition aux produits chimiques dangereux au niveau le plus bas possible. Il est également conseillé de se tenir informé de l'évolution des VLEP.

## Evolution des VLEP

Le **ministère chargé du Travail** a la mission de fixer les VLEP. Le processus d'établissement ou de révision des VLEP comporte 3 phases :

- une phase d'**expertise scientifique** prise en charge par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES),
- une phase d'établissement d'un **projet réglementaire** de valeur limite contraignante ou indicative par le ministère chargé du Travail,
- une phase de **consultation des partenaires sociaux**, lors de la présentation du projet réglementaire à la commission spécialisée relative à la prévention des risques pour la santé au travail du Conseil d'orientation sur les conditions de travail (COCT), permettant une discussion de l'applicabilité des VLEP en fonction des procédés de travail concernés et des délais de mise en application envisagés.

## Valeurs limites biologiques

Le Code du travail considère la surveillance biologique de l'exposition comme un des moyens de contrôler l'exposition des travailleurs au risque chimique. Elle consiste à vérifier le respect des **valeurs limites biologiques** (VLB), définies comme la limite de concentration dans le milieu biologique de l'agent chimique concerné, de ses métabolites ou d'un indicateur d'effet (article R. 4412-4).

Le **médecin du travail** prescrit les **examens médicaux** nécessaires et informe les salariés concernés des résultats des examens et de leur interprétation (article R. 4412-51).

Les analyses destinées à contrôler une VLB réglementaire sont réalisées par un **organisme accrédité**, conformément aux dispositions du Code du travail (articles R. 4724-15 à R. 4724-17) et à l'**arrêté du 15 décembre 2009** <sup>47</sup>.

<sup>47</sup> <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000021487566>

En cas de **dépassement** d'une VLB réglementaire, le médecin du travail en informe l'**employeur** sous une forme non nominative, s'il estime que ce dépassement résulte de l'exposition professionnelle. L'employeur doit alors procéder à une évaluation des risques et mettre en œuvre les mesures de prévention adaptées (article R. 4412-32). De plus, dans le cas d'une exposition à un agent chimique CMR, l'employeur doit contrôler le respect de sa valeur limite d'exposition professionnelle et arrêter le travail aux postes concernés jusqu'à la mise en œuvre des mesures de protection (article R. 4412-82).

Actuellement, il n'existe qu'une seule VLB réglementaire pour le **plomb** et ses composés. Le contrôle du respect cette VLB doit être réalisé par un laboratoire accrédité (selon les dispositions de l'arrêté du 15 décembre 2009).

## Prélèvements de surface

Il n'existe pas à ce jour de réglementation ou d'obligation de mesure pour les pollutions de surface.

*Mis à jour le 24/11/2015*

# Foire aux questions

## Questions - réponses sur la mesure des expositions aux substances chimiques

Des réponses aux questions les plus fréquemment posées sur la métrologie des expositions aux substances chimiques.

### Faut-il vraiment réaliser un contrôle réglementaire pour une substance CMR (cancérogène, mutagène ou reprotoxique) rarement utilisée (une à deux fois par an par exemple) ?

Si l'évaluation initiale des risques professionnels met en évidence un risque d'exposition à une substance CMR pour laquelle une valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) réglementaire est établie, le Code du travail impose des contrôles annuels d'exposition, réalisés par un organisme accrédité, et ce même si l'utilisation de la substance est rare.

Le contrôle ne doit pas modifier l'organisation du travail et de la production. S'il s'écoule plus d'un an entre deux utilisations de la substance, le contrôle réglementaire peut se dérouler à chaque utilisation.

### Où trouver la liste des substances concernées par des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) ou des valeurs biologiques d'interprétation (VBI) applicables en France ?

On distingue les VLEP applicables aux concentrations atmosphériques et les valeurs biologiques d'interprétation (VBI) applicables aux concentrations des substances ou de leurs métabolites dans les liquides biologiques (par exemple urine, sang). La liste des VLEP réglementaires contraignantes est disponible dans l'article R. 4412-149<sup>48</sup> du Code du travail. La liste complète des VLEP françaises, contraignantes et indicatives est disponible dans l'outil 65<sup>49</sup> mis à disposition par l'INRS.

<sup>48</sup> <https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?idArticle=LEGIARTI000032289263&cidTexte=LEGITEXT000006072050&dateTexte=20190101>

<sup>49</sup> <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=outil65>

Les valeurs biologiques d'interprétation (VBI) et ses indicateurs biologiques d'exposition sont fournis dans la **base de données Biotox**<sup>50</sup> de l'INRS.

<sup>50</sup> <https://www.inrs.fr/publications/bdd/biotox>

Enfin, l'Anses recommande des **valeurs de référence**<sup>51</sup> pour certaines substances (valeurs toxicologiques de référence, valeurs guides de qualité d'air intérieur, valeurs limites d'exposition professionnelle, valeurs limites biologiques et valeurs biologiques de référence pour la surveillance biologique des expositions professionnelles).

<sup>51</sup> <https://www.anses.fr/fr/content/les-valeurs-de-r%C3%A9f%C3%A9rence>

### Comment réaliser les prélèvements pour des tâches de chantier ou des activités très variables ?

Pour ce type d'activités, il est important d'une part de disposer d'une étude de poste très détaillée, qui permettra de mieux cibler les activités ; et d'autre part de définir clairement les objectifs des mesurages. En particulier, il faut déterminer si on souhaite évaluer l'exposition à une substance lors d'une tâche spécifique ou si on souhaite évaluer l'exposition à une substance sur une journée de travail (contrôle réglementaire). La stratégie, notamment la constitution des **groupes d'exposition similaire** (GES) (ou groupes d'exposition homogène (GEH) selon l'ancienne terminologie), est établie en prenant en compte ces éléments.

Le principe du GES est de regrouper les situations où les expositions sont du même ordre de grandeur. Si les activités sont très variables ou dans un environnement instable (ce qui peut être le cas de certains environnements extérieurs), la notion de GES est difficilement applicable et dans ce cas une évaluation individualisée doit être réalisée. Ainsi, il n'y a pas de réponse unique à la question initialement posée, la solution doit être élaborée au cas par cas en fonction des objectifs et de la situation de travail.

Un exemple concernant la pose de revêtement routier bitumineux (qui se déroule en chantier extérieur, avec des activités variées) est présenté dans le dossier publié dans la revue Hygiène et sécurité du travail « **Travaux de revêtement routier : de multiples risques à prendre en compte** »<sup>52</sup>.

<sup>52</sup> <https://www.inrs.fr/dms/inrs/CataloguePapier/HST/TI-DO-19/do19.pdf>

### Quels sont les outils mis à disposition par l'INRS pour aider à la mise en place de campagnes de prélèvement ?

Plusieurs outils sont utiles pour cela :

- La **fiche « Stratégie de prélèvement » du guide méthodologique Metropol**<sup>53</sup> reprend les principaux éléments à connaître, qui sont également présentés dans le webinar « **Stratégie de prélèvement de polluants dans l'air des locaux de travail** »<sup>54</sup>.
- L'application **Altrex Chimie**<sup>55</sup> fournit une aide à la définition des groupes d'exposition similaire.
- L'application **Mixie**<sup>56</sup> fournit une aide à l'identification des polyexpositions aux substances chimiques.

### Quelle stratégie adopter pour évaluer l'exposition dans une salle blanche ?

En cas d'utilisation de produits chimiques dans une salle blanche, la stratégie d'évaluation des expositions est la même que dans d'autres locaux de travail. Une salle blanche est en théorie une salle propre dans laquelle il ne devrait pas y avoir d'exposition significative à des agents chimiques sous forme d'aérosols.

### Quelle est la différence entre une mesure réalisée à un point fixe (ambiance) et une mesure d'exposition (sur un opérateur) ?

Les deux types de mesure n'ont pas le même objectif. La **mesure d'ambiance** permet d'évaluer l'émissivité d'un procédé, la qualité d'une ventilation ou des mesures de prévention mises en œuvre. En revanche, elle ne permet pas de connaître la concentration de substance potentiellement inhalée par un opérateur. Pour évaluer l'exposition d'un opérateur, un prélèvement d'air au niveau des voies respiratoires est nécessaire.

### Quelles sont les bonnes pratiques de prélèvement dans le cas où les opérateurs subissent des pics d'exposition ?

Dans un premier temps, l'utilisation d'appareils de mesures en temps réel peut aider à déterminer les phases de travail pendant lesquelles des pics d'exposition se produisent et ainsi à choisir les moments les plus pertinents pour réaliser des prélèvements.

La réglementation stipule que la durée de la mesure d'une valeur limite d'exposition à court terme (VLCT) doit être précisément de 15 minutes. Le préleveur ne doit pas mesurer pendant toute la durée du pic d'exposition, mais uniquement pendant les 15 minutes correspondant à l'exposition maximale.

## Quels sont les points importants pour le suivi dans le temps des mesures des expositions ?

Le plan de mesurage est le premier élément fondateur du suivi dans le temps. Il est présenté dans le webinaire « **Mesurer les expositions aux substances chimiques. Principes généraux** »<sup>57</sup>.

<sup>57</sup> <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=Anim-238>

Le deuxième élément important est la périodicité, c'est-à-dire la fréquence à laquelle des contrôles devront à nouveau être réalisés dans une situation où il n'y a pas de dépassement de la VLEP, pour s'assurer qu'elle demeure acceptable. Lorsqu'il s'agit de substances disposant d'une VLEP réglementaire, la périodicité est de 1 an. Sinon, un calcul, décrit dans la fiche « **Interprétation statistique des résultats de mesure** » du **guide méthodologique Metropol**<sup>58</sup> (et également repris dans la norme EN689), permet de fixer une fréquence comprise entre 12 et 36 mois en fonction du niveau d'exposition.

<sup>58</sup> <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-resultat-interpretation-statistique/metropol-resultat-interpretation-statistique.pdf>

Enfin, le troisième élément est la gestion des mesures. L'application **Altrex Chimie**<sup>59</sup> apporte une aide pour la capitalisation et la restitution des données.

<sup>59</sup> <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=outil13>

## Comment faire pour mettre en place une biométrie des expositions ?

Utilisée dans le cadre du suivi médical de salariés exposés aux risques chimiques, la surveillance biologique ou biométrie relève d'une prescription médicale par le médecin du travail. Pour mettre en place une surveillance biologique des expositions, le médecin du travail peut s'appuyer sur :

- le webinaire « **Mesurer les expositions aux substances chimiques. Principes généraux** »<sup>57</sup> qui présente justement les éléments importants à connaître pour la mise en place d'une surveillance biologique de l'exposition professionnelle. L'intérêt et les principes de cette surveillance biologique de l'exposition professionnelle sont également abordés dans la page « **Surveillance biologique des expositions aux agents chimiques** »<sup>60</sup> de ce dossier.
- la base de données **Biotox**<sup>50</sup> qui guide le médecin du travail dans le choix du ou des indicateurs biologique d'exposition et des valeurs biologiques d'interprétation pertinentes.
- le dépliant « **Surveillance biologique de l'exposition aux produits chimiques. Un outil pour la prévention** »<sup>61</sup> (ED 900).

## Quels sont les différents outils proposés par l'INRS pour l'évaluation des risques chimiques ?

Les outils d'évaluation sont présentés dans la page « **Evaluation des risques chimiques** »<sup>62</sup> du dossier web « Risques chimiques » de notre site :

<sup>62</sup> <https://www.inrs.fr/risques/chimiques/evaluation-risques>

- Pour une démarche qualitative d'évaluation du risque, les outils **OIRA**<sup>63</sup>, **Seirich**<sup>64</sup> et **Mixie**<sup>65</sup> peuvent être utilisés.
- Pour une démarche quantitative, l'outil **Exposition aux substances chimiques par situation de travail**<sup>66</sup> apporte des informations sur les niveaux d'expositions pour différentes situations de travail.
- Pour la partie prélèvement et analyse, les bases de données **Metropol**<sup>67</sup> et **Biotox**<sup>50</sup> seront utiles.
- Pour la partie évaluation des expositions, les applications **Mixie**<sup>65</sup> (prise en compte des polyexpositions) et **Altrex Chimie**<sup>59</sup> (traitement statistique des mesures) sont appropriées.

## Pour en savoir plus

<sup>53</sup> <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-strategie-principe.pdf>

<sup>54</sup> <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=Anim-243>

<sup>55</sup> <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=outil13>

<sup>56</sup> <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=outil45>

<sup>60</sup> <https://www.inrs.fr/risques/mesure-expositions-agents-chimiques-biologiques/surveillance-biologique-exposition>

<sup>61</sup> <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20900>

<sup>63</sup> <https://www.inrs.fr/metiers/oira-outil-tpe>

<sup>64</sup> <https://www.inrs.fr/publications/outils/seirich>

<sup>65</sup> <https://www.inrs.fr/publications/outils/mixie>

<sup>66</sup> <https://www.inrs.fr/media?refINRS=outil110>

<sup>67</sup> <https://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol>



### Webinaires sur la mesure de l'exposition aux substances chimiques

L'INRS proposait au printemps 2020 une série de 3 webinaires consacrés à la mesure des expositions aux substances chimiques. Les replays sont mis à disposition des entreprises. <sup>68</sup>

<sup>68</sup> <https://www.inrs.fr/footer/actes-evenements/replay-webinaire-mesurer-exposition-substances-chimiques>

Mis à jour le 28/03/2022

## Dossiers Web INRS

DOSSIER 01/2023



### Risques chimiques

Repérer les produits, les mélanges ou les procédés chimiques dangereux, c'est la première étape pour prévenir les risques chimiques pour la santé ou pour la sécurité du travail. <sup>69</sup>

<sup>69</sup> <https://www.inrs.fr/risques/chimiques>

DOSSIER 02/2023



### Risques biologiques

Virus, bactéries, champignons peuplent de multiples secteurs, pouvant contaminer les salariés. La prévention des risques consiste à rompre la chaîne de transmission le plus en amont possible. <sup>71</sup>

<sup>71</sup> <https://www.inrs.fr/risques/biologiques>

DOSSIER 03/2023



### Amiante

L'amiante reste présent dans de nombreux bâtiments et équipements. Prévenir les expositions des salariés potentiellement exposés à ce cancérigène est une des priorités de santé au travail. <sup>73</sup>

<sup>73</sup> <https://www.inrs.fr/risques/amiante>

DOSSIER 12/2014



### Détection en temps réel des polluants

Les détecteurs en temps réels de gaz, vapeurs ou poussières constituent une aide précieuse pour évaluer les niveaux d'exposition au poste de travail ou surveiller les atmosphères des lieux de travail. <sup>70</sup>

<sup>70</sup> <https://www.inrs.fr/risques/detection-temps-reel-polluants>

DOSSIER 09/2022



### Nanomatériaux

Les nanomatériaux ouvrent à la recherche et à l'industrie des perspectives nombreuses et variées. Ce dossier présente un état des connaissances sur les dangers pour la santé, les outils de caractérisation des expositions et les dispositifs de protection collective et individuelle des travailleurs. <sup>72</sup>

<sup>72</sup> <https://www.inrs.fr/risques/nanomateriaux>

DOSSIER 12/2014



### Plomb

Point sur les risques professionnels liés au plomb : secteurs et activités concernés, effets sur la santé et sur la reproduction, utilisations, mesures de prévention à mettre en oeuvre. <sup>74</sup>

<sup>74</sup> <https://www.inrs.fr/risques/plomb>



### Agents chimiques CMR

Certains agents chimiques peuvent avoir des effets cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction. Dénommés agents CMR, il est indispensable de les repérer pour prévenir les expositions. <sup>75</sup>

<sup>75</sup> <https://www.inrs.fr/risques/cmr-agents-chimiques>

## Brochures INRS

DÉPLIANT 09/2018 | ED 900



### Surveillance biologique de l'exposition aux produits chimiques

Ce dépliant explique simplement pourquoi le médecin du travail peut prescrire des analyses au salarié, en quoi consiste la surveillance biologique qui peut être mise en place dans son entreprise, et à quoi sert cette démarche. <sup>76</sup>

<sup>76</sup> <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%20900>

BROCHURE 05/2022 | ED 6443



### Les valeurs limites d'exposition professionnelle

Les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) sont des outils réglementaires pour la prévention du risque chimique par inhalation. Ce document présente le système français des VLEP avec les principales notions et explications permettant leur bonne utilisation. <sup>77</sup>

<sup>77</sup> <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%206443>

BROCHURE 02/2022 | ED 894



### La détection des gaz et vapeurs dans l'atmosphère des locaux de travail

L'objectif de ce document est de faire le point sur les moyens de détection les plus couramment utilisés, à savoir les détecteurs de gaz, les tubes et les badges de prélèvement ainsi que les tubes et les badges colorimétriques. <sup>78</sup>

<sup>78</sup> <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ED%20894>

## Vidéos



### Webinaires sur la mesure de l'exposition aux substances chimiques

L'INRS proposait au printemps 2020 une série de 3 webinaires consacrés à la mesure des expositions aux substances chimiques. Les replays sont mis à disposition des entreprises.<sup>79</sup>

<sup>79</sup> <https://www.inrs.fr/footer/actes-evenements/replay-webinaire-mesurer-exposition-substances-chimiques>



### Webinaire. Évaluer a priori le risque chimique : s'appuyer sur des résultats de mesure d'exposition existants

Pour évaluer le risque chimique dans une entreprise, il est possible de s'appuyer sur des données de mesures d'exposition déjà réalisées dans des secteurs ou des activités équivalentes. Quel est l'in...<sup>80</sup>

<sup>80</sup> <https://www.inrs.fr/media?refINRS=Anim-375>

## Outils INRS

### OUTIL



### Liste des VLEP françaises

Cette base de données met à disposition l'ensemble des valeurs limites établies par la réglementation française pour des agents chimiques, qu'elles soient contraignantes ou indicatives, ainsi que les valeurs admises (publiées par circulaire).<sup>81</sup>

<sup>81</sup> <https://www.inrs.fr/media?refINRS=outil65>

## Bases de données et logiciels

### OUTIL LOGICIEL EN LIGNE



### Altrex biométrie

Altrex Biométrie est une application en ligne qui permet le traitement statistique des mesures de surveillance biologique des expositions à des substances chimiques.<sup>82</sup>

<sup>82</sup> <https://www.inrs.fr/media?refINRS=outil109>

### OUTIL LOGICIEL EN LIGNE



### Altrex Chimie

Logiciel dédié à l'analyse statistique des résultats de prélèvements de produits chimiques et à leur gestion.<sup>83</sup>

<sup>83</sup> <https://www.inrs.fr/media?refINRS=outil13>

### BASE DE DONNÉES 07/2023

### Base de données MétroPol

MétroPol est le recueil des méthodes d'évaluation de l'exposition professionnelle validées par l'INRS, pour le prélèvement et l'analyse d'agents chimiques et biologiques déposés sur les surfaces ou présents dans l'air et dans certains matériaux.<sup>84</sup>

<sup>84</sup> <https://www.inrs.fr/publications/bdd/metropol>

### BASE DE DONNÉES 04/2023

### Base de données Biotox

Outil pour la mise en œuvre de la surveillance biologique des expositions professionnelles (SBEP) aux agents chimiques à destination des médecins du travail.<sup>85</sup>

<sup>85</sup> <https://www.inrs.fr/publications/bdd/biotox>

**Solvex**

SOLVEX est une base de données regroupant plus de 703 000 résultats d'exposition professionnelle aux substances chimiques utilisées en milieu de travail. <sup>86</sup>

<sup>86</sup> <https://www.inrs.fr/publications/bdd/solvex>

OUTIL LOGICIEL EN LIGNE

**MIXIE**

L'outil MIXIE permet, à partir de données de mesure, d'évaluer le potentiel additif ou non des substances chimiques et de situer les niveaux d'exposition cumulés par rapport aux valeurs limites. <sup>88</sup>

<sup>88</sup> <https://www.inrs.fr/media?refINRS=outil45>

OUTIL LOGICIEL À TÉLÉCHARGER

**SEIRICH, outil pour évaluer les risques chimiques dans votre entreprise**

SEIRICH a été conçu pour être employé aussi bien par des experts que par des utilisateurs ne disposant pas de connaissances particulières dans le domaine des risques chimiques. <sup>90</sup>

<sup>90</sup> <http://www.seirich.fr/seirich-web/index.xhtml>

**Base de données Fibrex**

FIBREX est une base de données regroupant de l'ordre de 6 000 données d'exposition professionnelle aux fibres organiques ou inorganiques artificielles utilisées en milieu de travail (hors amiante[1]). <sup>87</sup>

<sup>87</sup> <https://www.inrs.fr/publications/bdd/fibrex>

OUTIL LOGICIEL À TÉLÉCHARGER

**IH Skin Perm**

Le logiciel IH Skin Perm permet d'évaluer la capacité des substances chimiques à traverser la peau, en l'absence de données toxicologiques précises <sup>89</sup>

<sup>89</sup> <https://www.inrs.fr/media?refINRS=outil47>

OUTIL LOGICIEL EN LIGNE

**Exposition aux substances chimiques par situation de travail**

Elaboré par l'INRS, cet outil remplace les bases Solvex et Fibrex. Il permet d'accompagner les entreprises dans leur démarche d'évaluation du risque chimique, en fournissant des informations sur les concentrations mesurées pour une situation de travail. <sup>91</sup>

<sup>91</sup> <https://www.inrs.fr/media?refINRS=outil110>

**Articles de revues INRS**

ARTICLE DE REVUE 06/2015 | DC 9

**Métrologie en temps réel de substances chimiques au poste de travail : intérêts et limites**

Cet article explique les intérêts et les limites de la métrologie en temps réel par type de substances chimiques (gaz, vapeurs et aérosols). <sup>92</sup>

<sup>92</sup> <https://www.inrs.fr/media?refINRS=DC%209>

ARTICLE DE REVUE 06/2014 | TF 218

**Veille bibliographique sur la surveillance biologique de l'exposition aux produits chimiques au poste de travail**

Cet article dresse le bilan de l'information récoltée et analysée, de 2009 à 2012, par le réseau francophone multidisciplinaire, composé de l'INRS (France), l'IRSST (Québec) et l'UCL (Belgique). <sup>93</sup>

<sup>93</sup> <https://www.inrs.fr/media?refINRS=TF%20218>



### Principes de construction des valeurs limites d'exposition professionnelle françaises et comparaison avec la méthodologie adoptée au niveau européen

L'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET) [aujourd'hui ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail)] a établi une méthodologie pour construire des valeurs atmosphériques limites d'exposition professionnelle...<sup>94</sup>

<sup>94</sup> <https://www.inrs.fr/media?refINRS=TC%20133>



### Surveillance biologique des expositions professionnelles aux agents chimiques. Recommandations de bonne pratique

Ces recommandations ont pour finalité de guider le médecin sur la mise en place de la surveillance, notamment sur le choix des modalités d'exécution, de collecte et conservation des données.<sup>96</sup>

<sup>96</sup> <https://www.inrs.fr/media?refINRS=TM%2037>



### Suivi post-professionnel ou post-exposition des salariés : quelle réglementation ?

Suivi post-professionnel ou post-exposition des salariés : qui peut en bénéficier ? Avec quelle prise en charge ?<sup>98</sup>

<sup>98</sup> <https://www.inrs.fr/publications/juridique/focus-juridiques/focus-juridique-suivi-post-professionnel>



### Préconisations en matière de caractérisation des potentiels d'émission et d'exposition professionnelle aux aérosols lors d'opérations mettant en oeuvre des nanomatériaux

Méthodologie de mesure de l'exposition professionnelle aux aérosols résultant de la mise en oeuvre de nanomatériaux<sup>95</sup>

<sup>95</sup> <https://www.inrs.fr/media?refINRS=ND%202355>



### La mesure des expositions aux agents chimiques : techniques et outils

Cet article HST (dossier) explore les trois grands volets de la mesure utilisés de manière courante pour contribuer à la prévention du risque chimique : les prélèvements d'atmosphère ; la surveillance biologique des expositions professionnelles ; et l'exploration de la contamination des surfaces par des substances chimiques. De nombreux outils de mesure, développés ou rassemblés par l'INRS ou des organismes partenaires, y sont également évoqués.<sup>97</sup>

<sup>97</sup> <https://www.inrs.fr/media?refINRS=DO%2033>

**STAGE** RÉFÉRENCE : CA1502

### **Maîtriser les apports de la détection en temps réel pour la prévention des risques chimiques**

99

<sup>99</sup> [https://www.inrs.fr/services/formation/doc/stages?refINRS=CA1502\\_2022](https://www.inrs.fr/services/formation/doc/stages?refINRS=CA1502_2022)

Stage de 4 jours destiné aux ingénieurs, techniciens, préventeurs d'entreprise

**STAGE** RÉFÉRENCE : BI1530

### **Mettre en place une surveillance biologique de l'exposition aux agents chimiques**

Stage de 2,5 jours destiné aux médecins du travail et infirmiers en santé au travail <sup>101</sup>

<sup>101</sup> [https://www.inrs.fr/services/formation/doc/stages?refINRS=BI1530\\_2022](https://www.inrs.fr/services/formation/doc/stages?refINRS=BI1530_2022)

**STAGE** RÉFÉRENCE : CA1503

### **Maîtriser les bases théoriques de la métrologie d'atmosphère**

Stage de 4 jours destiné aux ingénieurs, techniciens, préventeurs d'entreprise <sup>100</sup>

<sup>100</sup> [https://www.inrs.fr/services/formation/doc/stages?refINRS=CA1503\\_2022](https://www.inrs.fr/services/formation/doc/stages?refINRS=CA1503_2022)

## **Sites internet**

- ▶ **Le contrôle des expositions / Site du ministère chargé du Travail**
- ▶ **Élaboration des VLEP en France / Site de l'ANSES**
- ▶ **Bases GESTIS sur les VLEP européennes / Site de l'IFA**
- ▶ **Guide de poche des risques chimiques / Guide édité par le NIOSH**
- ▶ **Valeurs IDLH (Immediately Dangerous To Life or Health Concentrations) / Site du CDC**
- ▶ **Service public de la diffusion du droit / Site de Légifrance**

Mis à jour le 06/07/2023