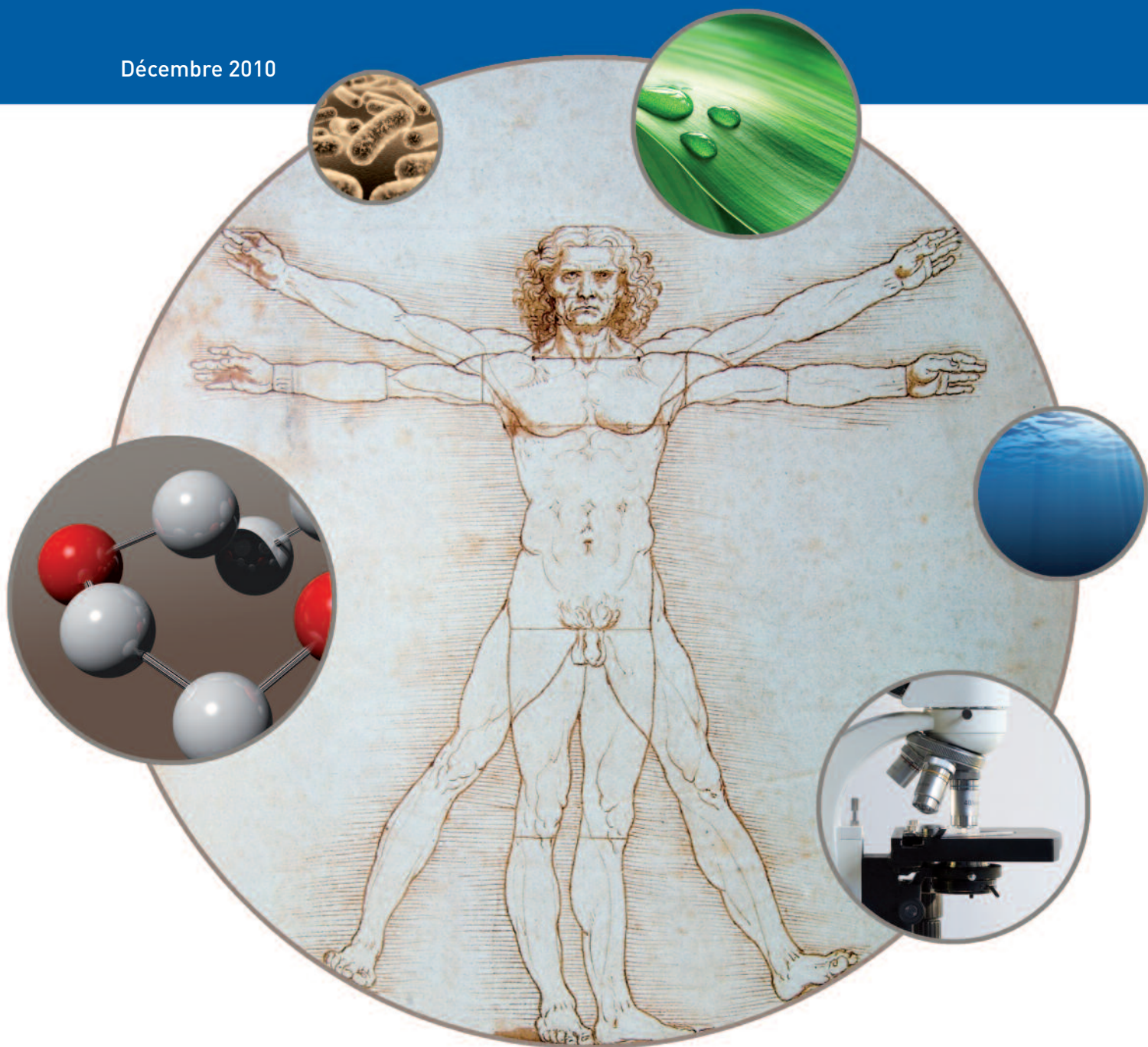


Décembre 2010



# La surveillance biologique des expositions aux substances chimiques



Entreprises pour  
l'Environnement

# Sommaire

03 Le Mot du Président  
Contexte et remerciements

04/05 De quoi parle-t-on ?

06/09 Quel intérêt pour les entreprises ?

10/13 Comment mettre en œuvre une démarche  
de surveillance biologique des expositions  
professionnelles ?

14/15 Conclusion - Bibliographie





## Le Mot du Président

Les entreprises, notamment industrielles, satisfont les attentes et les demandes de leurs clients ; pour ce faire, elles conduisent leur activité en protégeant du mieux possible la santé de leur personnel et des riverains, ainsi que l'état naturel des écosystèmes avoisinants. Certaines mettent en place, au-delà des mesures auxquelles elles sont tenues, des démarches complémentaires, sous forme de programmes de surveillance sanitaire et environnementale s'appuyant sur des outils et des méthodes de mesure et d'analyse spécifiques. Parmi eux, le biomonitoring, ou surveillance biologique des expositions, représente une avancée importante : cette pratique consiste à mesurer précisément l'imprégnation interne d'un organisme par une substance à laquelle il a été exposé et peut conduire à augmenter la protection pour éviter les effets sur sa santé.

Les membres d'EpE, qui travaillent depuis 2004 sur les liens entre leurs activités, la santé et l'environnement au sein d'une Commission dédiée, ont choisi de faire porter une part de leurs travaux sur cette pratique innovante, essentiellement constituée d'actions volontaires de la part des entreprises. Les retours d'expériences des membres d'EpE et les témoignages d'experts ont permis de montrer le progrès que permettent ces techniques de biosurveillance, et d'identifier les meilleures modalités de leur mise en œuvre et les conditions de leur efficacité.

Mon souhait est que ce document encourage d'autres entreprises à s'engager dans cette voie et apporte des repères utiles aux exploitants de sites, aux médecins du travail et à toutes les parties prenantes, contribuant ainsi à un meilleur environnement.

Bruno LAFONT, Président d'EpE

## Contexte et remerciements

**La surveillance biologique des expositions (SBE)** ou biométrie (biomonitoring des Anglo-saxons) peut être définie comme "l'identification et la mesure des substances de l'environnement de travail, de leurs métabolites ou des effets biologiques précoces qu'elles induisent, dans les tissus, les excréta, les sécrétions ou l'air expiré des personnels exposés, pour évaluer l'exposition et les risques pour la santé, en comparant les valeurs mesurées à des références appropriées". Par extension, dans ce document, nous appelons SBE, l'identification et la mesure des substances absorbées par des organismes vivants par des méthodes de même type. Nous appelons **SBEp la SBE appliquée aux expositions professionnelles *stricto sensu***.

Depuis une vingtaine d'années, la SBEp à des substances chimiques (métaux, solvants, pesticides,...) présentes dans l'environnement de travail est reconnue en France comme **l'une des méthodes de gestion du risque chimique, complémentaire, notamment, des mesures de protection collectives et individuelles préconisées par l'entreprise**. Une étude publiée par l'INRS en mars 2009 révèle que le nombre de personnels suivis en France dans le cadre d'une telle démarche reste globalement faible, bien qu'en augmentation. En effet, en raison notamment de la faible disponibilité des indices biologiques d'exposition (IBE ou BEI en anglais), l'expertise nécessaire à l'utilisation de cette pratique, le besoin d'équipement et son coût en limitent aujourd'hui l'usage. Pourtant, les avancées récentes, en santé au travail ou pour la surveillance de l'environnement, expliquent le regain d'intérêt actuel aux niveaux français, européen et international.

Ce document est le résultat d'un travail de groupe créé en 2007 au sein d'EpE, dédié aux meilleures pratiques des membres en matière de SBE, qu'elles concernent la SBEp ou qu'elles s'appliquent aux riverains ou à l'environnement autour des sites industriels. Si les deux thématiques relèvent en effet de champs différents, notamment dans le domaine réglementaire, le groupe de travail a estimé que les démarches volontaires dans ces deux domaines relèvent d'une même conception de la précaution dans l'entreprise et peuvent être enrichies par ce rapprochement.

Ce groupe de travail a rassemblé des représentants de diverses origines, médecins coordonnateurs, responsables hygiène-santé-environnement, responsables environnement et directions de recherche des groupes suivants :



Plusieurs experts extérieurs ont aussi été invités à intervenir ou ont apporté leur contribution : F. Conso, F. Dor, A. Floch-Barneaud, P. Giraudeau, P. Levy, A. Nicolas et F. Pillière. Que tous soient ici remerciés.

# 1. De quoi parle-t-on ?

La SBE contribue à la démarche globale d'évaluation des risques d'expositions chimiques en entreprise et dans l'environnement naturel.

La « biosurveillance » ou « surveillance biologique des expositions » (SBE) ou « biométrie », ou encore le « biomonitoring » anglo-saxon<sup>4</sup>, peut faire référence à la surveillance biologique de l'environnement ou à celle des personnes, en fonction du contexte. Dans le cadre de la surveillance des personnels en entreprises, elle relève toujours d'une **approche médicale** prise à l'initiative du médecin du travail. Elle constitue le meilleur reflet du niveau d'exposition des personnes quelle qu'en soit la source, professionnelle ou non, sous réserve qu'existent des méthodes d'analyse et des niveaux seuil permettant d'interpréter les résultats.

Au-delà de la nécessité d'être en adéquation avec une réglementation encore peu étoffée, elle résulte d'un engagement volontaire de protection de la santé

des personnels, et de la maîtrise des risques pour les riverains et l'environnement. Elle s'inscrit naturellement dans une démarche de développement durable et responsable.

En milieu professionnel, la Surveillance Biologique des Expositions professionnelles (SBEp) s'exerce en priorité sur les agents chimiques les plus toxiques ou les plus répandus ; seule une centaine d'agents chimiques disposent d'ailleurs aujourd'hui de marqueurs biologiques exploitables<sup>5</sup>. En population générale, il est désormais possible de rechercher plusieurs centaines de traceurs ou marqueurs d'exposition, sans pour autant extrapoler leurs effets potentiels sur la santé humaine, dans un contexte d'incertitudes pour leur interprétation qui pourrait pénaliser la démarche.

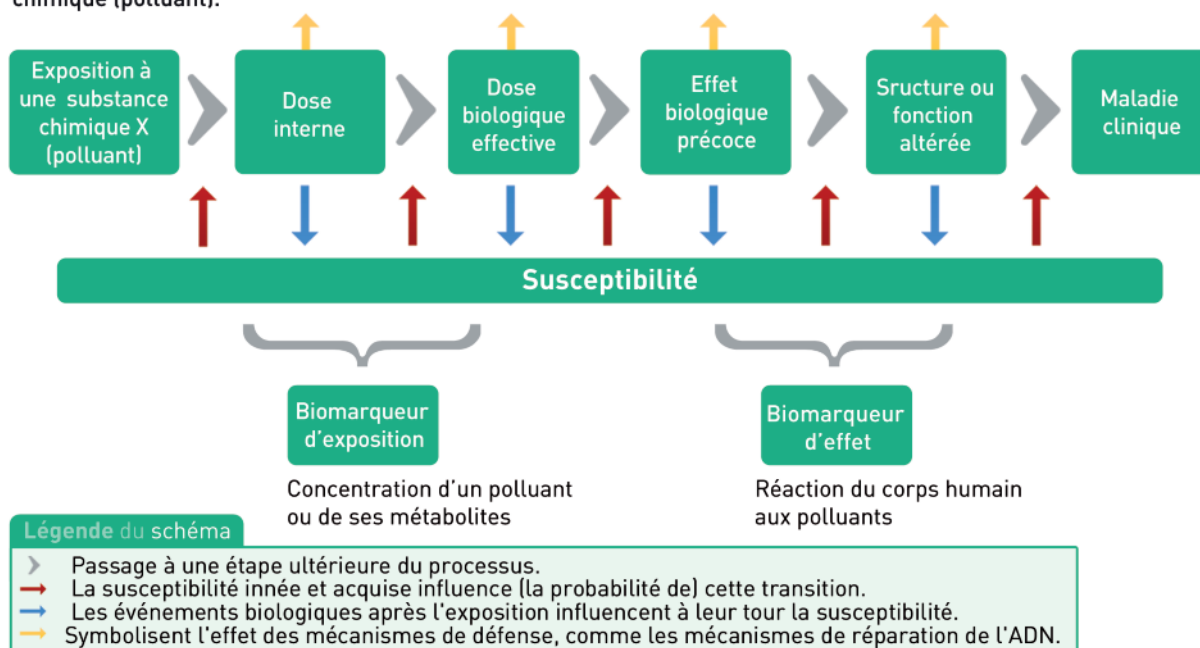


<sup>4</sup> Le terme biomonitoring fait essentiellement référence à la surveillance biologique de la population générale.

<sup>5</sup> La liste de ces agents chimiques est disponible sur le site [www.biotox.fr](http://www.biotox.fr)

## Qu'est ce qu'un biomarqueur chez l'humain ?

Les biomarqueurs peuvent être définis comme les mesures quantitatives de changements induits dans les systèmes biologiques en réponse à l'exposition (accidentelle ou répétée) de l'organisme à une substance chimique (polluant).



La dose externe est la dose qui parvient aux voies d'absorption de l'organisme (nez, poumons, bouche, peau).

D'après Ludwine Castelyn, Université Catholique de Louvain

### Les indicateurs

Les meilleurs indicateurs d'exposition de l'homme à des risques présents dans son environnement de travail ou de vie, sont les **biomarqueurs d'exposition** ou **bioindicateurs** ou **indicateurs biologiques d'exposition**. Ils sont définis par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) de l'OMS comme « toute substance, structure ou processus pouvant être mesuré dans le corps humain ou les matrices biologiques susceptible d'influencer ou de prédire l'incidence ou l'apparition d'une maladie<sup>6</sup> ».

Les **biomarqueurs d'effet** incluent des signaux, correspondant à des changements observables ou mesurables d'événements ayant lieu dans les systèmes biologiques, que ces changements soient biochimiques, cellulaires, moléculaires, génétiques, immunologiques ou physiologiques.

Chez les personnels, les mesures de biomarqueurs sont effectuées dans le sang, l'urine et l'air expiré tandis que la surveillance biologique de l'environnement

s'effectue via des biomarqueurs mesurés dans les plantes, les animaux ou les écosystèmes. Ces deux approches sont complémentaires, mais elles sont rarement exploitées en parallèle car elles font référence à des domaines d'action, des champs réglementaires et des acteurs très différenciés.

#### Les biomarqueurs d'exposition les plus fréquemment mesurés chez l'humain en milieu professionnel sont :

des métaux (plomb, cadmium, mercure, nickel, chrome et arsenic), et d'autres substances comme l'aniline, le benzène, le disulfure de carbone, le styrène, le chlorobenzène et les hydrocarbures aliphatiques chlorés.

Pour être utilisables en milieu professionnel, les résultats des mesures de biosurveillance doivent être comparés à des valeurs de référence appropriées afin d'en déduire les éventuelles actions correctrices à mettre en œuvre<sup>7</sup>.

Dans le cas de la population générale, la biosurveillance permet de suivre au cours

du temps les évolutions des concentrations dans le sang des substances bioaccumulables ou biopersistantes plutôt que des effets possibles sur la santé.

Même si cette biosurveillance est encore un outil peu répandu de prévention des risques sanitaires, l'InVS rappelle dans un hors-série de son Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire<sup>8</sup> que, depuis plus d'un siècle, dans le cadre de la prévention des risques professionnels, les médecins du travail utilisent des marqueurs biologiques pour surveiller l'exposition des personnels à différentes substances dangereuses. Cet intérêt s'est plus concrètement manifesté, en 1972, en Europe, autour de la problématique du plomb, et s'est concrétisé, en 1982, avec l'établissement de la première directive « plomb ». Depuis, le recours à la surveillance biologique des expositions professionnelles par les médecins du travail progresse<sup>9</sup> malgré l'absence de pression réglementaire.

<sup>6</sup> Concernant le biomonitoring en population générale, l'extrapolation aux effets sur la santé n'est pas systématique.

<sup>7</sup> Ces données de référence sont détaillées au point 3.3. : Interprétation des résultats et valeurs de référence

<sup>8</sup> Le hors-série Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire intitulé « Biosurveillance humaine et santé environnementale » et publié en juin 2009

<sup>9</sup> Selon l'analyse comparative des prescriptions et de l'activité des laboratoires spécialisés en biométrie, réalisée en France entre 2002 et 2006 par l'INRS et reprise dans le hors-série du BEH cité précédemment.

## 2. Quel intérêt pour les entreprises ?

La SBE permet aux entreprises une évaluation et un suivi temporel de l'état d'imprégnation des personnels ou de l'environnement exposés à des substances chimiques.

### 2.1. La surveillance biologique des expositions professionnelles

La surveillance biologique des expositions professionnelles (SBEp) doit contribuer à une meilleure connaissance des expositions à des agents chimiques et à leurs effets. A l'exception de groupes témoins, elle cible, avant tout, la population réellement exposée. Elle est donc plutôt réservée à renforcer les examens cliniques réguliers dans le cadre de la « surveillance médicale renforcée » lorsqu'elle s'applique et lorsque l'information que l'on peut en attendre est pertinente.

En France, en l'état actuel du droit, elle doit être **exclusivement réalisée par un médecin du travail**. Les résultats individuels relèvent du **secret médical**. Cependant, il est désormais admis au plan réglementaire que les résultats collectifs de la surveillance biologique de l'exposition soient transmis par le médecin du travail à l'employeur. Sa pratique nécessite le consentement des travail-

leurs s'agissant d'une pratique volontaire des médecins du travail (sauf pour le Pb où la surveillance biologique s'inscrit dans un cadre réglementaire obligatoire). La SBEp permet d'obtenir des **résultats complémentaires** de ceux de la **surveillance atmosphérique** (ou plus couramment de ceux associés aux contrôles de surveillance de la qualité des ambiances de travail dont le caractère réglementaire a été largement renforcé par le décret du 15 décembre 2009<sup>10</sup>), précisément parce qu'individuellement :

- elle intègre les **différentes voies d'exposition** ;
- elle prend en compte **toutes les sources d'exposition**, à la fois professionnelles et extra-professionnelles (lieu de résidence, activités de loisir, habitudes alimentaires ou tabagisme, etc..) ;
- elle prend en compte les conditions réelles d'exposition (efficacité des protections individuelles, exposition directe ou indirecte,...) ;
- elle peut intégrer des **expositions anciennes** (toxiques cumulatifs) ;

- elle permet une **approche plus fine** à l'échelle individuelle (important pour les populations sensibles comme les femmes enceintes et les enfants par exemple) ;

- elle renseigne sur les **déterminants de l'exposition** (efficacité des mesures de protection individuelle, qualité de l'hygiène individuelle, influence de l'effort physique et des pathologies préexistantes).

La SBEp offre également la possibilité **d'améliorer la maîtrise des risques** et leur réduction. En effet, elle permet :

- d'ajuster la conduite à tenir en cas d'exposition accidentelle ;
- de définir des seuils de gestion (alerte, retrait, surveillance,...) ;
- de moduler la surveillance, par le médecin du travail, en fonction d'éléments de vulnérabilité individuelle ;
- de mieux évaluer l'efficacité des mesures de prévention et de prendre les mesures correctrices nécessaires, éventuellement y compris au plan individuel, par l'employeur et le médecin du travail sur la base des résultats collectifs.

#### En France, une obligation réglementaire pour les expositions professionnelles limitée au Plomb

L'intérêt de l'Europe pour la surveillance biologique des expositions professionnelles s'est concrétisé avec la directive 82/605/CEE du Conseil du 28 juillet 1982 relative à la protection des travailleurs contre les risques liés à une exposition au plomb métallique et à ses composés ioniques pendant le travail.

En France, la surveillance biologique des expositions professionnelles au plomb a été rendue obligatoire en 1988. Le Code du Travail impose une surveillance médicale renforcée pour les personnels présentant une plombémie supérieure à 200 µg/l de sang pour les hommes ou 100 µg/l de sang pour les femmes. Par ailleurs, un pays comme le Japon a connu un développement important de la SBE, rendant obligatoire la surveillance biologique des expositions au plomb et aux solvants depuis 1989.

La surveillance biologique des expositions professionnelles a ensuite été renforcée par le décret n°2001-97 du 1er février 2001, dit décret « substances CMR<sup>11</sup> », requérant l'établissement d'une fiche d'exposition pour les personnels pour lesquels un risque concernant la sécurité ou la santé a été mis en évidence. Le décret n°2003-1254 du 23 décembre 2003, dit décret « Agents chimiques », fixe, pour la première fois, une Valeur Limite Biologique (VLB) réglementaire contraignante pour l'exposition au plomb métallique et à ses composés chez l'homme (plombémie > 400µg/L) et la femme (plombémie > 300µg/L). Il s'agit encore aujourd'hui de la seule VLB réglementaire en France (avec tableau de maladies professionnelles et obligation de suivi).

L'analyse comparative des prescriptions et de l'activité des laboratoires spécialisés en biométrie, réalisée en France entre 2002 et 2006 par l'INRS, témoigne de l'influence de cette réglementation sur l'évolution du recours à la biosurveillance : l'étude révèle, qu'en 2006, 73% des prescriptions biométrie concernent les substances CMR, parmi lesquelles 52% sont liées au plomb<sup>12</sup>.

<sup>10</sup> <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000021487603>

<sup>11</sup> Cancérogènes, Mutagènes et Reprotoxiques (CMR)

<sup>12</sup> Les autres CMR suivis sont en majorité le benzène, le mercure et le chrome.

Enfin, dans la cadre de l'entretien médical périodique, la SBEp participe à une prise de conscience par chaque salarié de :

- son exposition,
- la comparaison entre les impacts respectifs des expositions professionnelles et privées, quand cela est possible,
- la nécessité de mettre en pratique les mesures de protection exigées.

## 2.2. Le biomonitoring des riverains d'un site à risque : réservé à des situations encore exceptionnelles

La SBER, d'une population riveraine d'un site à risque, est une série d'actes médicaux (prélèvements et analyses) qui a naturellement un impact psychologique sur les personnes concernées. Elle demande l'acceptation individuelle de l'acte et un dialogue individualisé sur les motivations d'une telle initiative. Suggérant l'existence d'un risque qu'il faut évaluer de près, sa mise en œuvre appelle une pédagogie approfondie, et l'expérience montre qu'elle est utilisée essentiellement dans deux cas bien distincts.

Elle peut enrichir le dialogue avec des riverains qui expriment des doutes sur leur exposition à des rejets éventuels malgré la mise en place des mesures de précaution normales et réglementaires s'appliquant aux installations industrielles. Si des imprégnations liées à l'entreprise sont détectées, la SBER peut alors être :

- soit rapprochée de cartographies de cas répertoriés d'incidences telles que celles issues des registres du cancer, pour permettre éventuellement de détecter l'émergence de problèmes de santé publique ou de mettre en évidence l'absence de toute émergence significative de tels problèmes ;
- soit suivie d'autres investigations systématiques, cliniques et épidémiologiques, sur la population imprégnée, en vue de rechercher et de mettre en évidence non seulement des valeurs cliniques d'imprégnation mais également des symptômes ou des syndromes spécifiques.

En cas d'accident industriel, la biosurveillance des riverains relève de l'action publique<sup>13</sup> ou d'une action de l'entreprise concertée avec les pouvoirs publics ;

l'acceptation par la population concernée est aussi plus spontanée. Elle permet, dans certains cas (existence de biomarqueurs pertinents, unicité de la source d'exposition), l'identification des personnes dont un suivi sanitaire particulier sera prévu du fait de leur imprégnation. Une bonne coopération entre entreprises et pouvoirs publics ne peut qu'améliorer la pertinence de cette surveillance.

Dans ces deux cas, la mise en œuvre de cette SBER reste limitée par le faible nombre de substances pour lesquelles existent des valeurs de référence et la difficulté d'interpréter des résultats à laquelle s'ajoute diversité et mobilité des populations concernées.



## 2.3. La surveillance biologique des milieux naturels

Complémentaire d'autres méthodes de surveillance, la surveillance biologique de l'environnement (SBEe) a des objectifs larges tels que l'évaluation de la qualité des eaux, des sols et/ou de l'atmosphère, que ce soit dans, ou en dehors, du site industriel. Elle permet de suivre l'impact des modifications de l'environnement sur des plantes, des animaux ou des écosystèmes. Les organismes vivants, réagissant aux modifications chimiques causées par les polluants, sont choisis pour être suffisamment sensibles et précis et permettre ainsi à l'entreprise de réagir d'une part en amont des risques d'impacts sanitaires sur les populations humaines et d'autre part en amont des

risques d'impacts sur les organismes les plus vulnérables et, par delà, sur les écosystèmes ou la biodiversité.

Les indicateurs biologiques utilisés sont choisis soit à partir d'une espèce animale ou végétale représentative de son milieu, et sensible aux perturbations et aux pollutions (variations quantitatives et qualitatives), soit à partir de la richesse spécifique du milieu étudié (nombre d'espèces présentes).

Ces biomarqueurs ou bioindicateurs apportent des renseignements complémentaires à ceux obtenus via la seule surveillance physico-chimique de l'environnement. Ils permettent notamment :

- de caractériser les synergies éventuelles entre polluants voire leurs antagonismes ou « effet de masque » lorsque l'impact de l'un d'entre eux prédomine ;
- de mettre en évidence une pollution chronique (bioaccumulation) ;
- d'appréhender la répartition spatiale d'une pollution ;
- de détecter des polluants indétectables par toute autre méthode (polluants émergents) ou des polluants accidentels ;
- et pour certaines espèces indicatrices (poissons, oiseaux ichtyophages, loutres...) de rendre compte des phénomènes de bioamplification (concentration progressive d'un polluant tout au long de la chaîne trophique).

Ils permettent une meilleure connaissance des lieux et des situations pour lesquels les impacts sont plus ou moins significatifs, de mieux identifier et caractériser les lieux de prélèvement pour une meilleure surveillance ultérieure et de confirmer les résultats obtenus par la seule surveillance physico-chimique de l'environnement.

Souvent utilisée comme outil de communication avec les riverains, et pratiquée sur de longues périodes, la surveillance biologique de l'environnement met aussi en évidence des changements environnementaux externes aux sites industriels et permet le plus souvent l'amélioration de la connaissance pour agir sur les bruits de fond anthropiques. Elle reste encore limitée, à la fois, par des besoins accrus en ressources humaines et des contraintes financières et par une méthodologie de mise en œuvre et d'interprétation limitée en nombre de références<sup>14</sup>.

<sup>13</sup> Les services sanitaires de l'Etat réalisent en effet des dosages biologiques en population générale dans le cadre de dépistages (identification de cas pathologiques) ou de mesures d'imprégnation (identification de niveaux d'exposition élevés). Ils se mobilisent actuellement pour répondre à une demande de travaux supplémentaires sur le biomonitoring. Cette demande émane de la population générale qui souhaite que le champ d'application de la surveillance biologique soit élargi au-delà du plomb et de la dioxine.

**Les lichens, biomarqueurs de l'exposition des populations aux molécules toxiques : l'expérience de Sêché Environnement**

Dépourvus de racines, les lichens, végétaux très répandus naturellement, sont tributaires de l'air pour leur croissance. Etant en permanence en équilibre au niveau des teneurs dans l'air pour les métaux et substances organiques, ils se prêtent bien au dosage des pollutions atmosphériques à proximité de sites industriels ou d'infrastructures, notamment pour les molécules lourdes (dioxines, furanes, PCB et HAP) et au dosage des oxydes d'azote. La SBE par les lichens a été choisie par Sêché Environnement pour mesurer la qualité de l'air autour de ses sites. Elle est aujourd'hui reconnue par les administrations pour refléter les expositions des populations riveraines aux molécules toxiques et a d'ailleurs permis d'identifier et de réduire d'autres sources de pollution provenant de sources tierces non liées à son activité.



L'intérêt majeur est de donner un contenu factuel au dialogue avec les parties prenantes et d'améliorer le suivi objectif des évolutions des origines des expositions. Cette SBE est un excellent outil de traçabilité.

**2.4 Les limites de la SBE chez l'homme**

Les limites les plus fréquemment soulignées de la SBE sont :

- son **caractère invasif, et répétitif pour certains examens**<sup>15</sup> pratiqués sur des populations professionnelles ou non ; un équilibre doit être recherché entre la fréquence des contrôles et le risque surveillé ;
- le **risque d'un ressenti d'intrusion dans la vie privée** tant pour les riverains que pour les salariés, car la SBE donne des informations sur des expositions individuelles globales tant professionnelles que privées, ce qui nécessite obligatoirement la confidentialité, la supervision et la restitution des résultats par un médecin ou un groupe de médecins dans le cadre d'une prescription puis du « colloque singulier » avec leurs patients ;

- le **caractère anxiogène des résultats** surtout s'ils sont accompagnés d'incertitudes en ce qui concerne leur interprétation en matière de santé, d'autant que certaines substances sont déclarées sans seuil, c'est-à-dire que leurs effets sont attendus dans la présence du contaminant et que lorsque des valeurs sont proposées elles ne font pas forcément consensus ;
- parfois le **manque de spécificité** concernant l'origine de l'exposition, c'est-à-dire professionnelle ou non ;
- la **persistance d'incertitudes** entre la présence de traceurs détectée et la probabilité et le risque de survenue d'une pathologie, autrement dit la difficulté d'interprétation des résultats pour lier niveau d'exposition mesuré dans une matrice biologique (sang, urine,...) et niveau de risque pour la santé. Cette limite est particulièrement renforcée aujourd'hui par le fait que les méthodes analytiques permettent des dosages à des limites de quantification extrêmement basses (mesures de traces), ce qui induit la détection dans l'organisme d'un nombre de substances chimiques de plus en plus large sans que l'argumen-

<sup>14</sup> La surveillance de la qualité de l'air a toutefois donné lieu à l'élaboration de normes AFNOR consacrées à l'utilisation de différentes plantes.

<sup>15</sup> La périodicité de la SBE est en partie fixée par la persistance et le temps de demi-vie du biomarqueur dans l'organisme.

### Retour d'expérience d'AREVA sur l'Indice Biologique Global et l'Indice Biologique Diatomées

AREVA a mis en place une démarche d'évaluation des risques sanitaires des populations riveraines autour de ses sites. Sur certains de ses sites, cette démarche a été complétée par le suivi d'indicateurs biologiques spécifiques de l'état des milieux aquatiques. AREVA assure, par exemple, le suivi de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) et de l'Indice Biologique Diatomées (IBD), deux outils pratiques d'évaluation de la qualité des cours d'eau à l'échelle du site.

L'IBGN est une note de 0 à 20 attribuée au niveau d'une station de mesure après étude du peuplement d'invertébrés aquatiques d'un cours d'eau (larves d'insectes, mollusques, vers, crustacés, ..., de taille supérieure à 0,5 mm). Le calcul de l'IBD repose sur l'abondance des espèces de diatomées benthiques inventoriées dans un catalogue de 209 taxons<sup>16</sup> appariés. Ce choix taxonomique repose sur leur sensibilité à la pollution (organique, saline ou eutrophisation) et leur faculté à être présentes dans des milieux très variés. Ces deux indices permettent à AREVA d'évaluer la qualité biologique des eaux de surface situées à proximité des sites, de suivre l'évolution de leur qualité biologique au cours du temps et dans l'espace (amont / aval) et d'évaluer l'effet d'une perturbation (exemple : un rejet) sur le milieu.

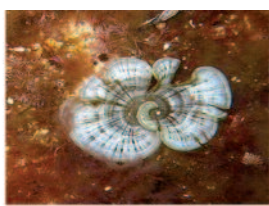
L'utilisation de ces indices biologiques a permis de confirmer les résultats obtenus lors de la surveillance chimique courante et d'affiner les lieux de prélèvements.

### Surveillance biologique et dessalement : exemple de Veolia Environnement

Afin d'évaluer les impacts environnementaux potentiels de différents niveaux de salinité sur le milieu marin récepteur, Veolia Environnement et l'Institut Océanographique Paul Ricard ont mis en place en 2008 un projet de recherche de 3 ans (projet DESALIN) ayant pour objectif d'identifier, parmi les espèces méditerranéennes marines, les bioindicateurs les plus pertinents et les plus sensibles à la salinité. Au regard des résultats expérimentaux observés sur mésocosmes, les bioindicateurs sélectionnés seront intégrés aux programmes de surveillance biologique sur les sites récepteurs d'usines de dessalement.



Arénone de mer



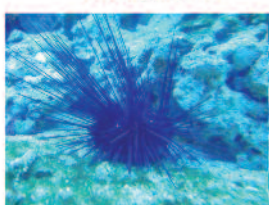
Padinapavonica



Holothuries



Moule



Oursin



Etoile de mer

taire en matière de santé ou d'impact, ou de valeurs d'imprégnation de la population moyenne, soient disponibles ou ne renseignent sans polémique, sur la signification de ces dosages ;

- le **nombre limité de marqueurs** pour lesquels cette surveillance est aujourd'hui possible, c'est-à-dire au-delà de la faisabilité technique qui sera certainement améliorée dans les années à venir, la pertinence de l'indicateur et le besoin éventuel de lier le dosage à d'autres marqueurs biologiques ;

- des réglementations, acteurs et valeurs limites **distincts suivant le type de SBE**, professionnel ou environnemental ;

- le **coût des investigations**, c'est-à-dire les coûts liés à la préparation de la campagne de prélèvements, du plan d'expérience, de la collecte, du dosage, de l'interprétation et de la restitution collective et individuelle des résultats ;
- la méthode reste encore **insuffisamment étoffée par la recherche scientifique** pour répondre au problème des expositions chimiques au sens large.

**N.B.** Le reste du document, consacré à la mise en œuvre de la démarche de biosurveillance, se concentre sur la SBEp en milieu professionnel dans la mesure où elle reste la plus fréquente et demande la coopération de nombreux acteurs.



<sup>16</sup> Un taxon est groupe d'êtres vivants constituant une unité systématique" systématique d'un niveau hiérarchique donné (variété, espèce, genre, famille, classe, embranchement, etc.).

## 3. Comment mettre en œuvre une démarche de surveillance biologique des expositions professionnelles ?

La SBEp est définie comme l'identification et la mesure de l'impact biologique des substances de l'environnement du poste de travail, par l'analyse de leur présence, celle de leurs métabolites ou encore des effets biologiques qu'elles induisent dans les tissus, excréta, sécrétions ou air expiré des salariés exposés. Elle est réalisée en comparant les valeurs mesurées à des références appropriées et disponibles.

### 3.1 Les acteurs

#### 3.1.1 Le médecin du travail

Le **médecin du travail**, responsable du suivi médical et conseiller de l'entreprise, du salarié et du CHSCT<sup>17</sup> en matière de prévention, joue un rôle central dans la mise en œuvre de la démarche de SBEp des opérateurs et autres personnels concernés.

Il prescrit le suivi, informe l'entreprise de son choix et l'associe à la mise en œuvre de la démarche. Il élabore la stratégie de prélèvement, il choisit généralement le laboratoire et restitue les résultats aux salariés et à l'entreprise (données collectives et respect de l'anonymat). Souvent, il délègue les aspects pratiques liés aux prélèvements biologiques : recueil des échantillons, stockage et expédition, étapes qui doivent être cependant menées avec une grande rigueur et par des professionnels de l'analyse médicale. Le médecin du travail peut aussi proposer un protocole de prélèvement spécifique à suivre en cas d'accident survenant sur le poste de travail.

#### 3.1.2 Les personnels

La démarche ne peut se concevoir sans l'accompagnement, l'**information et le consentement des personnels concernés**, qu'ils soient employés, sous-traitants, partenaires.... Ils doivent recevoir du médecin du travail toutes les informations nécessaires avant, pendant et après les examens. Leur anonymat doit toujours être respecté. Une présentation de la démarche au CHSCT est vivement encouragée.

#### 3.1.3 L'entreprise

L'**entreprise** s'associe à la démarche de SBE, prend les mesures adéquates sur le

conseil du médecin du travail et assume financièrement les étapes nécessaires à son bon déroulement.

En pratique, la réussite de cette démarche volontaire en entreprise repose sur une coopération active des trois catégories d'acteurs précitées.



### 3.2. Les étapes de la surveillance biologique

#### 3.2.1. La prescription (choix du biomarqueur et du milieu biologique)

La biométrie est un acte médical pour lequel **la prescription par le médecin du travail est obligatoire**.

Le médecin du travail prend connaissance des résultats de l'évaluation des risques à travers :

- le Document Unique (DU), l'inventaire régulier des substances et préparations utilisées par l'entreprise, les fiches de postes, les fiches d'exposition et la notice de poste ;
- les rapports de mesures atmosphériques (contrôles des ambiances de travail par groupes homogènes d'exposition) ;
- son jugement professionnel ;

#### La base de données Biotox : [www.inrs.fr/biotox](http://www.inrs.fr/biotox)

Biotox s'adresse aux médecins qui souhaitent mettre en place une surveillance biologique des sujets exposés à des produits chimiques, ainsi qu'aux laboratoires et tente de répondre aux principales questions qu'ils peuvent se poser sur ce sujet .

La base de données, mise à jour en octobre 2010, en accès libre sur le site internet de l'INRS depuis 2003 et mise à jour annuellement, fait l'inventaire des dosages biologiques disponibles.

Biotox fait le point des connaissances relatives à la surveillance biologique et fournit :

- des informations sur la toxicocinétique et le métabolisme des substances (plus de 100) et
- des renseignements pratiques pour la réalisation des dosages biologiques correspondants (plus de 200) : valeurs de référence des populations générale et professionnellement exposée, moments de prélèvement, fourchettes de coûts ...

Plus d'une cinquantaine de laboratoires français et francophones susceptibles de réaliser ces dosages y sont référencés.

Une fiche de renseignements accompagnant le prélèvement et l'analyse, indispensable à l'interprétation des résultats, est téléchargeable dès la page d'accueil et au niveau de chaque monographie « substance ».

<sup>17</sup> Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail (CHSCT)



- la fiche d'entreprise qu'il aura lui-même rédigée ;
- le bilan d'exposition des risques.

S'il le juge pertinent, sous réserve de l'accord du Service Inter-entreprise de médecine du travail et/ou de l'entreprise quant à son financement (hors Pb), le médecin du travail peut donc décider de compléter la connaissance qu'il a des expositions par des examens sanguins ou urinaires ou des analyses d'air expiré ou de cheveux, se référer à la base Biotox (Cf. encadré) et utiliser l'assistance d'un laboratoire d'analyse **pour choisir un biomarqueur et le milieu biologique du prélèvement**. Enfin, il veillera à la confidentialité des résultats.

### 3.2.2 Aspects pratiques : prélèvement, conservation, transport de l'échantillon et choix du laboratoire

Ces étapes sont particulièrement cruciales pour aboutir à une interprétation correcte des résultats issus de la biosurveillance.

#### • Le choix du laboratoire

Le médecin choisit le laboratoire disposant de la méthode de mesure sensible et spécifique et capable d'apporter les garanties de qualité attendues. Il s'adressera de préférence à un laboratoire qui, à la fois, réalise des **contrôles internes de qualité** et participe à des programmes de **contrôles de qualité externes (CQE)**<sup>18</sup> et réseau inter-calibration.

Le coût moyen unitaire d'une analyse pour des polluants « classiques », comme les métaux par exemple, est de 30 euros, une analyse plus fine ou plus spécifique (exemple de certains composés organiques complexes comme les dioxines) pouvant coûter plus de 100 euros.

#### • Le prélèvement

Les aspects pratiques du **prélèvement** sont décisifs :

- le **moment** du prélèvement est choisi en fonction de nombreux paramètres : la demi-vie d'élimination de l'indicateur biologique dosé, le milieu biologique utilisé (air expiré, sang,...), la nature de l'exposition, la régularité de l'exposition ;
- le **soin** apporté doit éviter tout risque de contamination au moment du prélèvement ;
- le prélèvement est **étiqueté et accompagné** d'une fiche de renseignements<sup>19</sup> comportant dosage demandé, prescripteur, patient, préleveur, conditions dans

### Choix de l'indicateur de suivi dans le cadre d'une démarche de SBE : exemple de TOTAL

Le Groupe Total est présent dans 24 raffineries en Europe (dont 10 raffineries détenues à 100%). Il y assure le suivi des expositions de ses collaborateurs à de nombreux agents chimiques, dont le benzène. Un indicateur biologique est utilisé pour tracer l'exposition, ou la non-exposition, de façon simple et corrélée avec la teneur atmosphérique en benzène.

La mesure se fait dans les urines ou dans le sang en recherchant la substance elle-même ou un ou plusieurs de ses métabolites.

Il n'existe pas d'indicateur unique dans le cadre de la surveillance biologique des expositions au benzène. La pertinence de l'indicateur choisi dépend du niveau et du type d'exposition (accidentelle ou pas):

- Le benzène sanguin est un indicateur biologique possible lors d'expositions accidentelles mais la prise de sang reste un geste invasif.
- L'acide trans-trans muconique urinaire est encore considéré comme un indicateur fiable mais son intérêt paraît limité pour les faibles expositions (< 0,5 ppm de benzène dans l'atmosphère), notamment en raison de l'influence du tabac, du sorbitol, de la variabilité individuelle et de la polyexposition.
- Le benzène urinaire semble aujourd'hui un indicateur d'imprégnation utile pour les faibles doses d'exposition mais les techniques d'analyse sont difficiles (une vigilance particulière est nécessaire lors du recueil de l'échantillon).
- L'acide phényl-mercaptopurique urinaire est un indicateur dont l'usage est plus récent, recommandé en cas de faible dose mais peu utilisé en pratique courante de laboratoire.



<sup>18</sup> Le contrôle de qualité externe est une démarche volontaire et couteuse, organisée par des sociétés savantes, qui consiste, pour un paramètre et pour un milieu donné, à réaliser des dosages périodiques d'échantillons de concentrations inconnues envoyés par un laboratoire central. Actuellement, plus de 90% des laboratoires participent à au moins un CQE.

<sup>19</sup> Un modèle de fiche est téléchargeable sur le site de Biotox.



**Le décret « Agents chimiques »** du 23 décembre 2003 fixe une VLB réglementaire pour l'exposition au plomb métallique et à ses composés chez l'homme (plombémie > 400 µg/L) et la femme (plombémie > 300 µg/L). Il s'agit aujourd'hui de la seule VLB réglementaire en France. La liste des valeurs réglementaires devrait s'étoffer avec la mise en place depuis la fin 2007 du sous-groupe de travail spécifique à la thématique Indicateurs biologiques d'exposition (GT IBE) au sein de comités d'experts spécialisés « Expertise en vue de la fixation des valeurs limites à des agents chimiques en milieu professionnel » (CES VLEP) de l'ANSES<sup>24</sup>. Chaque fois que possible, ces valeurs limites biologiques sont corrélées aux concentrations atmosphériques.

lesquelles le prélèvement a été réalisé et activité professionnelle du salarié prélevé (activités journalières, hebdomadaires et conditions de travail), toutes informations essentielles au biologiste.

#### • La conservation et le transport

Une attention particulière doit être portée lorsqu'il s'agit de substances organiques dont certaines peuvent être chimiquement instables en cas de conservation prolongée. Le **transfert** du lieu de prélèvement au laboratoire d'analyse doit être rapide et réalisé dans un contenant offrant une protection adaptée (triple barrière).

### 3.3. L'interprétation des résultats et les valeurs de référence

Lorsque toutes les précédentes recommandations ont été prises pour assurer la fiabilité des résultats, le médecin du travail les **interprète** en les comparant à des **références appropriées**.

Ces valeurs de référence peuvent être de plusieurs natures :

- les valeurs de la population professionnellement exposée ;
- les valeurs de référence de la population générale issues d'études épidémiologiques (exposition au cadmium, plomb, ...)

- la valeur de référence de l'individu lui-même ;
- les seuils de détection de la méthode de dosage pour certaines substances.

Pour les valeurs en population professionnellement exposée, les dénominations et significations des valeurs varient d'un pays à un autre. En France, on utilise les **valeurs guides (VGF)** ou les **valeurs limites biologiques (VLB)**, établies en 1993 puis en 1997<sup>20</sup>, soit sur la base des Biological Exposure Indices (BEI) proposés par les hygiénistes américains de l'ACGIH<sup>21</sup>, soit sur la notion de « bonne pratique industrielle »<sup>22</sup>.

Dans les autres pays, on parle des BEI (USA)<sup>23</sup>, des BAT/ BLW/ EKA/ BAR (Allemagne), des BAL (Finlande) et des BMGV (Royaume-Uni).

Plusieurs indices d'exposition en population professionnellement exposée coexistent et peuvent différer compte-tenu de leur période d'établissement et des programmes nationaux de révision.

Enfin, il faut considérer les **facteurs individuels physiologiques ou pathologiques** susceptibles de gêner l'interprétation des dosages effectués parce qu'ils peuvent interférer avec la surveillance biologique des expositions.

### 3.4. La restitution et l'exploitation des résultats

Le médecin du travail est seul destinataire des analyses biométriologiques. Le rendu est double : individuel pour le travailleur et collectif pour l'entreprise. Comme les résultats individuels reçus relèvent du secret médical, une restitution collective n'est possible qu'avec un minimum de personnels testés pour garantir l'anonymat et une interprétation statistique correcte. Selon les résultats, le médecin du travail peut demander un aménagement du poste de travail pour réduire les expositions ou demander des examens complémentaires. Des recherches peuvent également être menées en parallèle pour identifier et utiliser des produits de substitution moins toxiques.

### Guide pour la mise en œuvre d'une démarche de SBE : exemple de Solvay

Dans le cadre de ses activités, Solvay utilise des produits qui contiennent du plomb et du mercure, qui ont concerné, dans le monde, 9 sites et 450 salariés pour le premier et 8 sites et 700 salariés pour le second. Le Groupe a choisi d'intégrer la biosurveillance dans son programme de gestion et d'évaluation des risques, dans le cas où celle-ci a un sens (existence de valeurs de référence) sachant la rigueur nécessaire à sa mise en œuvre et à son interprétation, et s'est parallèlement engagé dans la substitution.

Afin d'accompagner les acteurs de ces programmes de SBE au sein du Groupe, Solvay a rédigé à l'attention des médecins du travail, puis mis à disposition des exploitants, un guide de recommandations en matière de surveillance biologique des expositions. Ce guide précise notamment :

- les règles inhérentes aux modalités de prélèvement,
- la périodicité des analyses, de une à plusieurs fois par an,
- les valeurs de référence à considérer lors de l'interprétation des résultats : valeur de référence pour la population standard non exposée, valeur seuil réglementaire ou valeur limite biologique et valeurs seuil d'écartement du poste de travail ou d'alerte sur la protection individuelle.
- l'importance du contrôle qualité des analyses.

<sup>20</sup> La liste des 36 substances provisoires expérimentales établie en 1997 n'a depuis fait l'objet d'aucune actualisation malgré l'abaissement des valeurs limites d'exposition professionnelles (VLEP).

<sup>21</sup> American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).

<sup>22</sup> On a considéré comme valeur guide le niveau du paramètre retrouvé chez des salariés dont les conditions de travail étaient jugées bonnes.

<sup>23</sup> Les informations sur l'établissement des valeurs américaines sont payantes.

<sup>24</sup> ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire) créée par la fusion de l'AFSSET avec l'AFSSA le 1er juillet 2010.

### SITA Spécialités monitoré l'exposition de ses salariés au risque chimique

Au sein de SITA France, filiale de SUEZ ENVIRONNEMENT, SITA Spécialités est le partenaire industriel pour la logistique, la valorisation et le traitement des déchets dangereux et des sols pollués.

Depuis 2005, en collaboration avec les toxicologues des services de médecine du travail, SITA Spécialités réalise des campagnes annuelles de mesures sur une quarantaine de substances afin d'évaluer l'exposition au risque chimique de ses salariés.

Les déchets traités sur les sites et l'atmosphère de travail sont analysés simultanément, afin d'identifier les molécules présentes (métaux, solvants,...). Une biométrie, basée sur des analyses d'urine, est également réalisée en accord avec les salariés, permettant de mesurer l'efficacité des mesures de protection collectives et individuelles.

Ces campagnes ont permis de s'assurer du respect des seuils d'exposition des salariés tout en améliorant les pratiques des sites. Ainsi, par exemple des aspirations centralisées avec traitement d'air ont pu être mises en place et complétées par des captages à la source des zones d'émission à risque.

### Modèle biologique d'exposition chez Lafarge : les Ray-grass

Les cultures standardisées de ray-grass sont des indicateurs biologiques d'accumulation préalablement cultivés sous serre avant d'être exposés.

Ils offrent les avantages de connaître :

- les teneurs en polluants avant et après exposition,
- la durée d'exposition,
- la biomasse produite.

Sur cette photo, la surveillance par Ray-Grass à proximité d'une cimenterie Lafarge .



## Conclusion

La surveillance biologique des expositions (SBE) est partie intégrante de la démarche globale de gestion des risques sanitaires d'une entreprise car elle renseigne précisément sur le niveau de certaines expositions à des risques chimiques. Lorsque le paramètre s'y prête, cette surveillance **peut être plus efficace que la surveillance atmosphérique parce qu'elle tient compte de la sensibilité individuelle et de la dose interne retenue**. La SBE a aujourd'hui toute sa place comme outil d'évaluation et de maîtrise des risques.

Cette surveillance peut être conduite pour différents types d'expositions : celles du personnel dans l'entreprise, celles des riverains ou celles des autres organismes vivants dans l'environnement de l'entreprise. Bien que ces disciplines soient bien distinctes, elles mériteraient de bénéficier de croisement d'expériences et de pratiques dans ces différents champs.

Si son intérêt est aussi réel en termes de communication, la SBE a encore les limites caractéristiques d'une pratique innovante et émergente : caractère expérimental, avec parfois défauts de connaissances, de consensus sur les méthodes précises et l'interprétation, voire manque de compétences, nombre limité de substances éligibles à ce suivi et coûts élevés des campagnes menées dans la durée.

En France, que ce soit pour les personnels ou l'environnement, et sans doute du fait que seule la SBE du plomb est obligatoire dans le cadre professionnel, son utilisation pour des expositions à d'autres agents chimiques dangereux reste le fait d'approches volontaires encore peu fréquentes.

Il existe aujourd'hui des outils qui permettent d'aller plus loin, tel la base Biotox de l'INRS. Il existe également des campagnes de mesure au sein de la population générale ou de groupes de populations du fait des pouvoirs publics, des organisations non gouvernementales ou d'organismes en charge de la santé publique et professionnelles. Ces expériences pourraient donc s'intensifier et se généraliser.

Les démarches volontaires complètes, destinées tant à la préservation de la santé des personnels qu'à l'environnement, notamment celles présentées dans cette plaquette, alimentent l'expertise collective et font progresser la compréhension de l'utilité et des conditions d'utilisation de cette pratique innovante.

Au plan national et international, **la SBE a encore besoin de bénéficier d'une recherche active et collective** pour identifier des biomarqueurs et des protocoles nouveaux, pour constituer des bases de données supplémentaires et pour clarifier les liens avec les effets sanitaires sur les populations, humaines et non-humaines, exposées. Les expériences analysées ici sont une contribution à ce progrès.

**Dans un contexte d'attente collective croissante quant à la sécurité des personnes et de l'environnement, la surveillance biologique des expositions aux substances chimiques apparaît ainsi comme un outil auquel les entreprises auront de plus en plus intérêt à recourir pour un dialogue serein et informé avec leurs parties prenantes.**



# Bibliographie

- **Compte-rendu réunion de la réunion du 23 novembre 2007**

Etude sur la qualité de l'air dans les réseaux souterrains de la RATP et la traduction sanitaire de la qualité de l'air à la RATP – V. Jouannique et N. Mattei

- **Compte-rendu réunion de la réunion du 5 juin 2008**

Avantages et limites du biomonitoring en milieu professionnel – F. Conso, Faculté de médecine Paris Descartes  
Retour d'expérience de Solvay – G. Thiaucourt, Solvay

- **Compte-rendu réunion de la réunion du 19 septembre 2008**

Surveillance chimique et biologique de l'environnement – AS Gonin, Areva  
Utilisation des lichens – P. Giraudeau, Aair Lichens

- **Compte-rendu réunion de la réunion du 17 décembre 2008**

Utilité et pertinence d'une étude de biomonitoring humain (populations riveraines de sites à risques) – A. Floch-Barneaud, Ineris et F. Dor, InVS

- **Compte-rendu réunion de la réunion du 4 février 2009**

Station de biosurveillance MIRE – R. Nhili, EDF

- **Compte-rendu réunion de la réunion du 31 mars 2009**

Retour d'expérience de Total, Michelin et EDF – M. Cavaret, A. Bracco, J. Lambrozo

- **Compte-rendu réunion de la réunion du 29 avril 2009**

Valeurs de référence – F. Pillière, INRS  
Rôle du laboratoire spécialisé – A. Nicolas, Toxilabo

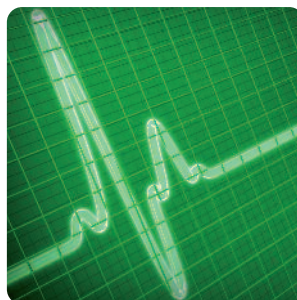
- **Hors série du BEH sur « Biosurveillance humaine et santé environnementale » en Europe, juin 2009**

Bulletin épidémiologique hebdomadaire (BEH) de l'InVS, du 9 décembre 2008 / n°47- 48, avec notamment les articles « Mesures d'imprégnation biologique : dépistage ou étude d'exposition ? » et « Démarche décisionnelle pour la conduite d'une étude de bio-marqueurs au sein des populations résidant sur des sols pollués ».

« Surveillance biologique de l'exposition professionnelle aux produits chimiques en France : Etat des lieux en 2006 et analyse comparative des prescriptions et de l'activité des laboratoires spécialisés entre 2002 et 2006 », INRS, mars 2009 dans les « Documents pour le médecin du travail ».

Biotox : " [www.inrs.fr/biotox](http://www.inrs.fr/biotox) " Réalisation pratique d'une action de biométrie : quelques conseils et outils disponibles » et « BIOTOX Guide biotoxicologique pour les médecins du travail ».

« Réflexions pour la surveillance biologique des expositions à des substances chimiques cancérigènes et la traçabilité des expositions en milieu professionnel », dans Archives des maladies Professionnelles et de l'Environnement, 2010 Elsevier Masson SAS, p 233-241.



Entreprises pour  
l'Environnement

Créée en 1992,  
Entreprises pour l'Environnement (EpE)  
est une association d'une cinquantaine  
de grandes entreprises qui veulent mieux  
prendre en compte l'environnement  
dans leurs décisions stratégiques  
et dans leur gestion courante, dans le sens  
du développement durable.

**CONTACTS :**

**epe** • 50 rue de la Chaussée d'Antin, 75009 Paris  
tel : 01 49 70 98 50 / fax : 01 49 70 02 50  
mail : [contact@epe-asso.org](mailto:contact@epe-asso.org)  
site : [www.epe-asso.org](http://www.epe-asso.org)

**Délégué Général :** Claire Tutenuit, [ctutenuit@epe-asso.org](mailto:ctutenuit@epe-asso.org)  
**Responsable du pôle Environnement :** Cécile Joucan, [cjoucan@epe-asso.org](mailto:cjoucan@epe-asso.org)

