

Série Protection de la
santé des travailleurs, n° 8

Introduction à l'hygiène du travail

Un support de formation



INTRODUCTION A L'HYGIENE DU TRAVAIL

Un support de formation

Auteurs :

Bernhard Claude-Alain
Droz Pierre-Olivier
Favre Olivier
Gonik Viviane
Guillemin Michel
Herrera Horacio
Lazor-Blanchet Catherine
Mann Sabine
Oppliger Anne
Perret Vincent
Pierrehumbert Guillaume
Praplan Sylvie
Sager Aline
Schafer Markus
Vernez David

Institutions :

IST
Institut universitaire romand de Santé au Travail
19, avenue du Bugnon, 1005 Lausanne, Suisse

STIPI-GE
Service de Toxicologie Industrielle et de Protection
contre les Pollutions Intérieures,
Etat de Genève
23, avenue Sainte-Clotilde, CP 78
1211 Genève 8, Suisse

Lausanne, 2007

Catalogage à la source: Bibliothèque de l'OMS

Introduction à l'hygiène du travail : un support de formation / auteurs: Claude-Alain Bernhard ... [et al.].

(Série protection de la santé des travailleurs ; no 8)

1.Hygiène professionnelle. 2.Accident travail - prévention et contrôle. 3.Gestion risques. 4.Evaluation risque. 5.Manuel. I.Bernhard, Claude-Alain. II.Organisation mondiale de la Santé. III.Série.

ISBN 978 92 4 259532 1
ISSN 1729-3502

(NLM classification: WA 400)

© Organisation mondiale de la Santé 2007

Tous droits réservés. Il est possible de se procurer les publications de l'Organisation mondiale de la Santé auprès des Editions de l'OMS, Organisation mondiale de la Santé, 20 avenue Appia, 1211 Genève 27 (Suisse) (téléphone : +41 22 791 3264 ; télécopie : +41 22 791 4857 ; adresse électronique : bookorders@who.int). Les demandes relatives à la permission de reproduire ou de traduire des publications de l'OMS – que ce soit pour la vente ou une diffusion non commerciale – doivent être envoyées aux Editions de l'OMS, à l'adresse ci-dessus (télécopie : +41 22 791 4806 ; adresse électronique : permissions@who.int).

Les appellations employées dans la présente publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation mondiale de la Santé aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Les lignes en pointillé sur les cartes représentent des frontières approximatives dont le tracé peut ne pas avoir fait l'objet d'un accord définitif.

La mention de firmes et de produits commerciaux ne signifie pas que ces firmes et ces produits commerciaux sont agréés ou recommandés par l'Organisation mondiale de la Santé, de préférence à d'autres de nature analogue. Sauf erreur ou omission, une majuscule initiale indique qu'il s'agit d'un nom déposé.

Malgré les précautions prises par l'Organisation mondiale de la Santé pour vérifier les informations contenues dans la présente publication, celle-ci est diffusée sans garantie d'aucune sorte, explicite ou implicite. La responsabilité de l'interprétation et de l'utilisation de ces données est laissée au lecteur. L'Organisation mondiale de la Santé ne saurait être tenue responsable d'aucun préjudice lié à leur utilisation.

Imprimé en Espagne

Nos plus vifs remerciements vont au Dr. Mohamed Mokrane qui a été l'instigateur de nos activités de coopération et sans qui ce manuel de formation n'existerait pas.

Nos remerciements vont également à Corinne Genier, qui a su canaliser toutes nos différences et incohérences en un document homogène et unique.

Préface

Les menaces de pandémie de grippe aviaire, qui ont notamment mis en évidence la nécessité vitale de respecter de strictes règles d'hygiène lors de toute manipulation, l'ont confirmé récemment : la prévention joue un rôle fondamental en matière de santé au travail. Le même constat peut être fait pour ce qui concerne l'ensemble des secteurs professionnels, partout dans le monde : un nombre considérable de décès liés au travail pourraient être évités si des mesures d'hygiène élémentaires étaient pleinement intégrées aux gestes à adopter dans l'exercice de chaque activité. La formation des médecins en la matière est donc une priorité.

Si cette notion est aujourd'hui de plus en plus admise, et s'il existe déjà de nombreuses références et publications visant à assurer une formation de base sur les questions d'hygiène du travail aux spécialistes de la santé au travail, la plupart ne sont diffusées qu'en anglais. Or les pays francophones, notamment en Afrique, ont eux aussi grand besoin de s'ouvrir à ces nouveaux concepts, complémentaires à la médecine, et de disposer à cet effet des mêmes outils en français.

Le présent guide vient répondre à ce besoin. Elaboré pour soutenir les activités de coopération de l'Institut universitaire romand de santé au travail (Lausanne, Suisse), avec le concours du Service de toxicologie industrielle et des pollutions intérieures de l'Etat de Genève, et le plein soutien de l'OMS, il offre une bonne introduction à l'hygiène du travail. Il ne s'agit nullement ici de former des hygiénistes professionnels, mais de permettre aux importants réseaux de médecins du travail et d'ingénieurs de sécurité, déjà opérationnels dans les pays francophones, d'acquérir les indispensables connaissances de base en matière de gestion des risques chimiques, physiques et biologiques sur le lieu du travail.

Chacun des textes et des documents de présentation qu'il contient sont organisés en chapitres couvrant les divers domaines de l'hygiène du travail. Ils peuvent être utilisés comme support de cours pour les participants et sont disponibles sur Internet <http://www.i-s-t.ch>. Ces éléments pédagogiques ne peuvent être utilisés seuls, car ils font partie d'un ensemble didactique incluant l'intervention d'un professionnel de l'hygiène du travail en tant que formateur principal. L'ensemble de la matière présentée, y compris des exercices en entreprise permettant de mettre en pratique les connaissances acquises et d'éclairer ainsi les aspects théoriques par une vision concrète, peut aisément être traitée dans un cours accéléré d'une semaine. La formation à l'évaluation des risques est habituellement combinée à une présentation de techniques simples à appliquer. Il est à noter que ce guide, qui reflète la pratique de l'hygiène du travail en Suisse, contient parfois des informations et des données spécifiques aux pays occidentaux. Ces aspects y sont donc présentés avec l'idée que ces connaissances doivent être intégrées par les pays africains afin de trouver un nouveau mode de fonctionnement, adapté aux conditions locales. En vue de l'amélioration de futures éditions de ces documents un formulaire d'évaluation est disponible en ligne. La version en ligne de ce manuel sera mise à jour dans la mesure du possible.

Nous adressons nos plus vifs remerciements à Berenice Goelzer du Brésil, au professeur Benjamin Fayomi du Bénin, au professeur A. Kholi du Maroc, et au docteur Gerry Eijkemans de l'OMS à Genève, qui nous ont apporté de très utiles suggestions lors de leur révision de ces textes, nous permettant ainsi d'assurer une meilleure qualité des éléments présentés. Nous espérons que ce guide, nouvelle étape dans la prise de conscience mondiale de l'importance de l'environnement en matière de santé, permettra dans un premier temps de réduire le nombre de décès directement imputables à une méconnaissance des précautions élémentaires à prendre pour se protéger sur le lieu du travail.

Dr. Maria Neira,
Directrice du Département de la Santé publique et Environnement,
Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

Dr. Pierre-O. Droz,
Hygiéniste du travail, responsable de projet,
Institut universitaire romand de Santé au travail (IST).

Contenu

A Cadre et contexte général

A.0	Place et démarche de santé au travail.	1
A.0.1	Place de l'hygiène du travail dans la Santé au Travail	1
A.0.2	Approche pluridisciplinaire et équipe de Santé au Travail.	4
A.0.3	Interface avec d'autres acteurs	6
A.1	Gestion du risque.	8
A.1.1	Concept général.	8
A.1.2	Les outils du management	11
A.1.3	La notion de risque acceptable.	14

B Hygiène et sécurité du Travail

B.0	Définition et historique de l'hygiène du travail	17
B.1	Défis et perspectives	19
B.2	Ethique professionnelle.	22
B.3	Démarche de l'hygiène du travail	25
B.4	Méthode d'analyse des risques.	28

C Identification des dangers

C.0	Méthodes	31
C.1	Étiquetage des produits chimiques	34

D Evaluation des risques

D.0	Généralités	37
D.0.1	Stratégie	37
D.0.2	Normes	40
D.1	Risques chimiques	43
D.1.1	Toxicologie	43
D.1.2	Gaz, vapeurs	46
D.1.3	Aérosols	49
D.1.4	Amiante	52
D.1.5	Surveillance biologique	56
D.1.6	Laboratoires	60

D.2	Risques physiques	63
D.2.1.	Le bruit.	63
D.2.2	Les vibrations	68
D.2.3	Les radiations ionisantes	72
D.2.4	Rayonnement optique et lasers	76
D.2.5	Radiofréquences et rayonnements de basse fréquence	79
D.2.6	Le stress thermique	83
D.2.7	Environnements hypo- et hyperbares	87
D.3	Les risques biologiques	90
D.4	Facteurs généraux liés à l'ambiance	93
D.5	Aspects ergonomiques	96
D.5.1	Généralités	96
D.5.2	Charge physique	99
D.5.3	Organisation du travail	103
D.6	Instruments de mesure.	106

E Maîtrise du risque

E.0	Organisation de la prévention	111
E.1	Un nouveau concept de gestion du risque	115
E.2	Prévention technique	119
E.3	A la source - Substitution	123
E.4	A l'interface - Ventilation.	126
E.5	Sur la cible. Équipements de protection individuelle.	129
E.6	Au niveau du travailleur - Prévention médicale	133
E.7	Information et formation des travailleurs	135

A Cadre et contexte général

A.0 Place et démarche de santé au travail

A.0.1 Place de l'hygiène du travail dans la Santé au Travail

L'hygiène du travail est la discipline qui s'occupe de l'environnement professionnel de manière à ce qu'il soit optimum pour la santé et le bien-être des travailleurs. Elle s'intègre dans le vaste domaine de la santé au travail en complément de la médecine du travail, de l'ergonomie et de la sécurité.

Jouer d'un état optimal de bien-être physique, mental et social dans son travail est l'objectif de ce domaine fondamental de la Santé Publique qu'est la Santé au Travail. Protéger la vie et la santé de celles et ceux qui travaillent, c'est aussi protéger les enfants et même le fœtus, d'effets néfastes qu'ils pourraient subir par l'intermédiaire de leurs parents ; et c'est aussi protéger celles et ceux qui ont fini de travailler et qui sont en droit de profiter de leur retraite sans que leur travail ne les ait handicapés d'une manière ou d'une autre.

Il est important de réaliser que le domaine de la Santé au Travail se trouve, dans notre société, à l'interface de vastes domaines très importants qui concernent notre santé et notre bien-être général (santé publique), notre environnement (écologie et développement durable) et notre économie (entreprises). Cela signifie qu'il y a des interactions entre ces divers domaines et la Santé au Travail, dont il faut tenir compte lorsque l'on veut agir et organiser la prévention et l'amélioration des conditions de travail. De plus, dans une perspective encore plus large, on ne peut faire abstraction des aspects de formation, d'enseignement, d'éducation, de communication, de contraintes légales, de facteurs politiques, sociaux et culturels qui régissent notre Société. C'est donc dans une perspective holistique qu'il faut considérer la Santé au Travail, de manière à mieux saisir les facteurs d'influence, qu'ils se situent au niveau individuel (personnel), au niveau de l'entreprise (management) ou au niveau de la Société (facteurs socioculturels). La *Figure A.1* illustre cette représentation des choses.

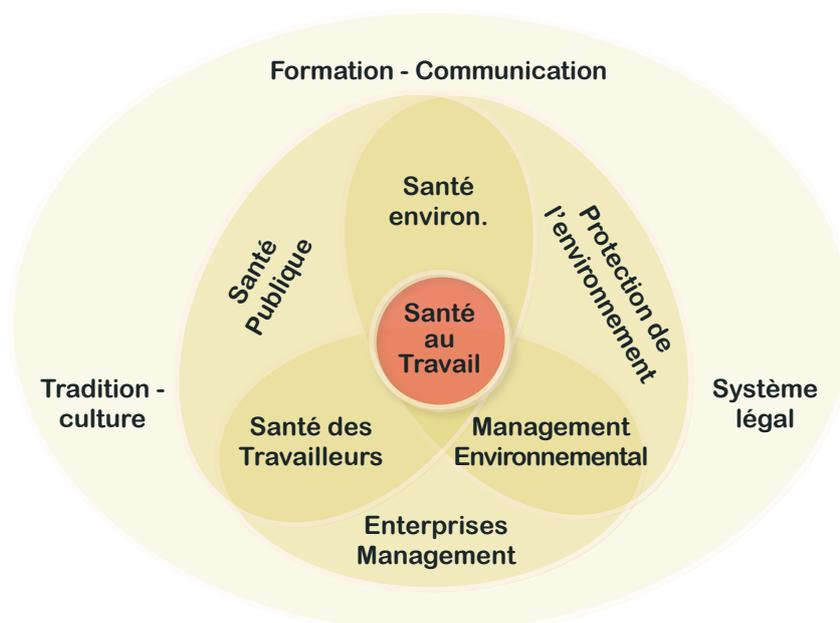


Figure A.1: La santé au travail à l'interface des grands domaines de notre société

Pour atteindre l'objectif ambitieux d'un bien-être physique, mental et social en adéquation avec son environnement professionnel, la Santé au Travail réunit des disciplines fort diverses qui vont des sciences physiques à la sociologie en passant par la biologie, les sciences appliquées, la technique, la médecine, l'hygiène, l'ergonomie, la psychologie, le management et d'autres encore. A l'heure actuelle, les disciplines qui constituent la base essentielle de la santé au travail sont, la médecine du travail, l'ergonomie, l'hygiène du travail et la sécurité. La Figure A.2 représente d'une manière schématique et simplifiée la complémentarité des principales sciences de la Santé au Travail.

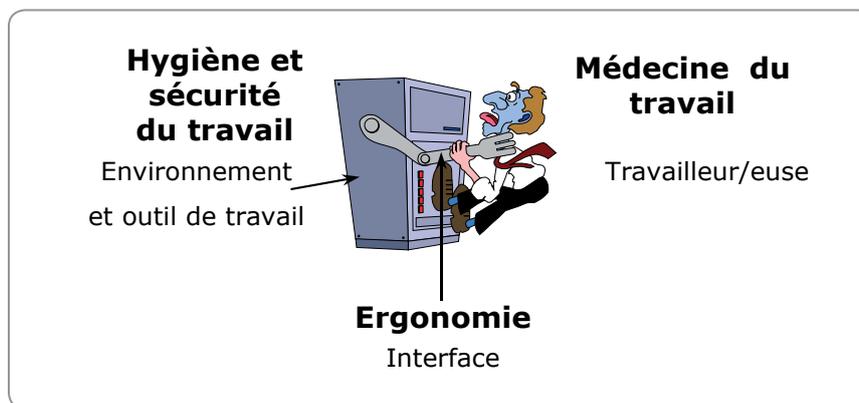


Figure A.2: Les trois disciplines principales de la santé au travail

Le Bureau International du Travail (BIT) définit l'hygiène du travail ainsi :

- L'hygiène du travail est la science de l'anticipation, de l'identification, de l'évaluation et de la maîtrise des risques professionnels qui pourraient nuire à la santé et au bien-être des travailleurs. Elle prend également en compte l'impact éventuel de ces risques sur les collectivités avoisinantes et sur l'environnement en général. ^[1]

Comme toute définition, celle-ci est ambitieuse et doit être précisée en limitant les termes facteurs et contraintes aux nuisances objectivement mesurables que sont les risques physiques, chimiques et biologiques. On pourrait donc définir l'hygiène du travail comme la science de la gestion des risques d'exposition mesurables. Bien sûr, elle prend aussi en compte les autres dangers de la place de travail et les facteurs organisationnels et psychosociaux, mais, pour mieux les diagnostiquer et les résoudre, elle fera appel à d'autres spécialistes.

Si l'hygiène du travail se focalise sur l'environnement professionnel, la médecine du travail, elle, se focalise sur l'Homme au travail avec pour objectif, non pas uniquement de prévenir les maladies professionnelles, mais bien de maintenir et de promouvoir le plus haut degré de bien-être physique, mental et social de travailleurs de toutes professions, tout en tenant compte de leurs aptitudes physiologiques et psychologiques.

L'ergonomie se définit comme « la mise en œuvre de connaissances scientifiques relatives à l'homme et nécessaire pour concevoir des outils, des machines et des dispositifs qui puissent être utilisés par le plus grand nombre avec le maximum de confort, de sécurité et d'efficacité » ^[2] En ergonomie, on distingue deux « écoles », celle, anglo-saxonne, qui s'intéresse aux « facteurs humains » (physiologiques, bio-mécaniques, etc.) et celle, française, qui se veut plus globale en

1 B. Goelzer « Encyclopédie de Sécurité et de Santé au Travail » Ed. J.L. Stellman, BIT, Genève, 2000 p. 30.3

2 Définition adoptée par le Conseil de la SELF (Société d'ergonomie de langue française) et affichée lors du congrès de Paris en 1988

analysant le travail sous l'angle organisationnel en tenant compte des astreintes et des contraintes liées au travail^[1].

La sécurité quant à elle est la science de la gestion des risques aigus (accidents). Il y a des recoupements entre la sécurité au travail et l'hygiène du travail pour certains risques tels les intoxications aiguës, les coups de chaleur et d'autres encore.

Dans l'organisation de notre société, les exigences minimums de protection des travailleurs se trouvent intégrées de diverses manières dans le système de sécurité sociale. L'Organisation Internationale du Travail^[2] a pour mission de développer la protection des travailleurs en promulguant des recommandations et des conventions que les pays sont libres de signer ou non, mais qui représentent un consensus international de mesures élémentaires de protection sociale, entre les partenaires sociaux. Les systèmes actuellement en place dans les pays francophones ne favorisent pas l'intégration des problèmes de santé au travail dans les politiques nationales de santé publique car ils donnent trop de place à la seule médecine du travail qui n'est qu'une des composantes de la santé au travail.

Bibliographie

- **Perkins J. L.**, *Modern Industrial Hygiene Volume I* Van Nostrand Reinhold, New York, 1997
- **DiNardi S. R.**, *The Occupational Environment – Its Evaluation and Control* American Industrial Hygiene Association, 2003, Fairfax, VA, 2ème édition

¹ Voir la définition de ces termes dans le chapitre E.5 « Aspects ergonomiques »

² Cette Organisation qui est représentée par le Bureau International du Travail (BIT), repose sur le tripartisme à savoir que les représentants des employeurs, des employés et du gouvernement (partenaires sociaux) adoptent les conventions et les recommandations selon un principe démocratique.

A.0.2 Approche pluridisciplinaire et équipe de Santé au Travail

L'équipe de santé au travail regroupe les spécialistes de ce vaste domaine et l'efficacité de ce groupe dépendra non seulement des compétences des représentants de diverses disciplines mais aussi de leurs capacités à travailler ensemble et à partager leurs connaissances. Au sein d'une telle équipe, l'hygiéniste du travail joue un rôle de « liant » entre les différents experts car il travaille souvent en tandem avec le médecin ou l'infirmière du travail et il traque souvent les mêmes risques que l'ergonome ou l'ingénieur de sécurité.

Pour pouvoir appréhender et maîtriser l'ensemble des facteurs de risques dans le milieu du travail, il faut une approche pluridisciplinaire. La composition des équipes de Santé et Sécurité au Travail implique donc la présence d'au moins un représentant de chacune des disciplines mentionnées ci-dessus (Figure A.3). Ces équipes peuvent se constituer à l'intérieur de grandes entreprises ou, pour les petites et moyennes entreprises, être des centres interentreprises indépendants. Les rapports de ces équipes avec les partenaires sociaux seront régis selon des principes différents en fonction de la situation.

Cette notion d'approche pluridisciplinaire n'est pas nouvelle. La Conférence générale de l'Organisation Internationale du Travail (OIT) a adopté le 26 juin 1985 la Convention 161 sur les services de santé au travail qui doivent rassembler les compétences nécessaires à une protection adéquate de l'Homme au travail^[1]. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) quant à elle, défend depuis longtemps aussi cette approche qui nécessite que les membres de l'équipe (ou du service) de santé au travail soient formés de manière adéquate. Le Comité mixte OIT/OMS de la médecine du travail a publié en 1981, un rapport sur l'éducation et la formation en matière de médecine du travail, de sécurité et d'ergonomie^[2].

La Figure A.3 donne la composition idéale d'une équipe de Santé et Sécurité au Travail en fonction des angles de vue.

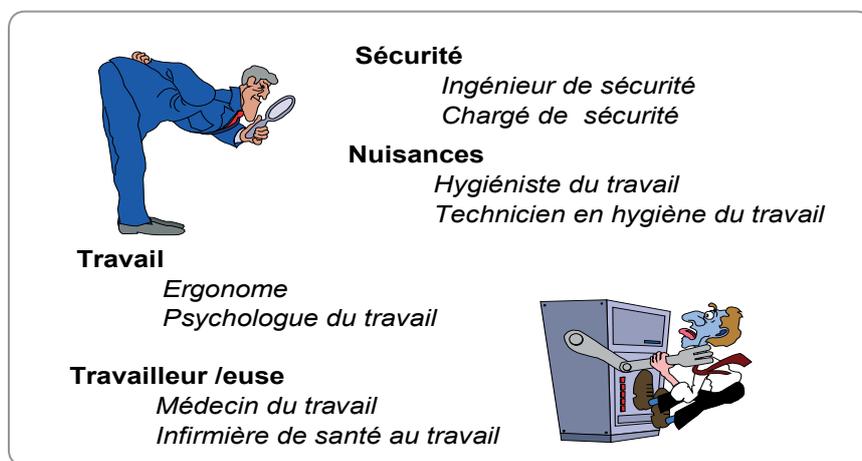


Figure A.3: Equipe pluridisciplinaire de Santé au Travail

La Figure A.3 inclut un psychologue du travail, qui peut être un membre précieux de l'équipe mais qui représente une discipline très souvent liée à la gestion des ressources humaines, au management des entreprises et moins souvent liée à la santé au travail. Cette fonction se partage parfois entre le médecin du travail et l'ergonome, mais il est incontestable qu'un psychologue formé dans ce domaine sera beaucoup plus efficace.

1 Organisation Internationale du Travail (1985). Convention 161 concernant les services de santé au travail, Genève.

2 Organisation Mondiale de la Santé (1981). Education et formation en matière de médecine du travail, de sécurité et d'ergonomie. 8ème rapport du Comité mixte OIT/OMS de la Médecine du travail. Série de Rapports techniques 663, Genève.

L'hygiéniste du travail occupe une place privilégiée dans l'équipe car il se situe à l'interface des sciences médicales et des sciences de l'ingénieur. Son objectif est le même que celui du médecin du travail puisqu'il vise à maintenir les travailleurs en parfaite santé, dans un environnement professionnel ne présentant pas de risques inacceptables. Ainsi, lorsqu'il utilise la surveillance biologique pour évaluer les expositions professionnelles (cette évaluation de l'exposition représente une des tâches fondamentales de sa profession), il se trouve, bien sûr, confronté à des questions touchant la médecine du travail, ne serait-ce que pour le prélèvement des échantillons (prise de sang par exemple) ou pour l'interprétation des résultats (caractéristiques spécifiques et sensibilité particulière des personnes exposées) et la confidentialité des informations touchant le travailleur. Mais sa formation scientifique et technique le rapproche aussi de l'ingénieur de sécurité dans les domaines où les activités de l'un et de l'autre se recoupent, par exemple là où le risque aigu ne se distingue pas toujours clairement du risque chronique. Avec l'ergonome, il partage ses préoccupations et ses compétences, lorsqu'il s'agit d'appréhender les facteurs de l'environnement professionnel qui se trouvent à la frontière entre les risques pour la santé (domaine de l'hygiène du travail) et le confort qui peut altérer non seulement le bien-être et la santé du travailleur, mais aussi ses performances et sa capacité de travail (domaine de l'ergonomie). Hors du domaine strict de la santé au travail, l'hygiéniste joue un rôle prépondérant dans la protection de l'environnement puisqu'il agit à la source des nuisances potentielles (émissions dans l'air, l'eau ou le sol) et qu'il gère les risques liés aux matières dangereuses (déchets par exemple).

La collaboration au sein d'une équipe pluridisciplinaire n'est pas chose facile et requiert deux qualités essentielles :

1. connaître et accepter les limites de ses propres compétences ;
2. respecter les points de vue différents des autres partenaires et leurs compétences, pour établir un dialogue constructif.

Une autre composante essentielle de la pluridisciplinarité réside dans le fait qu'il faut avoir quelques notions de base dans les disciplines avec lesquelles on doit collaborer. Cela fait en principe partie de la formation, comme cela est clairement indiqué dans le rapport du bureau régional européen de l'OMS au sujet de l'hygiène du travail ^[1].

D'autre part, il est important de ne pas confondre « pluridisciplinarité » et « sous-traitance ». En effet, il existe encore trop de services de médecine du travail qui prétendent faire une approche pluridisciplinaire car ils font appel à des ingénieurs de sécurité, des hygiénistes du travail ou des ergonomes, lorsqu'ils le jugent nécessaire. Il est évident qu'il n'est pas possible de faire une approche pluridisciplinaire, si l'une des disciplines s'arroge le droit d'évaluer les problèmes touchant aux autres disciplines.

Arriver à gérer les problèmes de hiérarchie et de respect mutuel des disciplines au sein d'une équipe de santé au travail constitue un défi significatif, qui, s'il est surmonté, déterminera la qualité et la performance de l'équipe pour mener à bien sa mission de prévention et de promotion de la santé.

Un autre défi, tout aussi difficile à relever, est celui de l'équilibre au sein des disciplines mêmes, entre le « généraliste » capable, dans son domaine d'avoir une bonne vue d'ensemble des problèmes, et le « spécialistes » moins compétent sur l'aspect général d'une situation, mais plus pointu sur certains aspects et donc mieux à même de les analyser et de trouver des solutions optimales. La constitution des équipes dépendra du contexte dans lequel celles-ci fonctionnent (services interentreprises ou services internes de grandes entreprises).

Bibliographie

-
- **WHO-Euro (1985)**, *Occupational Health in the 1990s – A Framework for change*, Copenhagen 63p.

¹ World Health Organization – Regional Office for Europe (1991) *Occupational Hygiene in Europe – Development of the Profession – European Occupational Health Series No. 3*, Copenhagen, 52 p.

A.0.3 Interface avec d'autres acteurs

Qu'il soit externe ou interne à l'entreprise, le Service de Santé et Sécurité du Travail agit en tant que centre d'expertise et de compétence pour participer à la gestion des risques et assister les employeurs et les employés à atteindre les objectifs de prévention fixés dans la politique générale de l'entreprise. La responsabilité légale est assumée par l'employeur avec le concours des employés.

A l'intérieur de l'entreprise

Un dialogue doit s'établir entre les « professionnels » de la gestion des risques et la Direction ainsi que le personnel de l'entreprise. Un organe très utile pour remplir cette fonction est le Comité d'Hygiène et de Sécurité (appelé aussi Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail) que certaines législations nationales exigent au-delà d'un certain nombre de travailleurs, mais qui devrait être institué partout, même dans les petites entreprises sous une forme allégée et adaptée à la taille de l'entité considérée. Au sein de tels comités, qui devraient être présidés par le directeur ou un membre de la Direction (témoignant ainsi de l'engagement de la Direction pour la prévention), les questions pratiques de tous les jours concernant la santé et la sécurité au travail sont abordées et des solutions sont recherchées, avec l'aide d'experts, dans un climat de confiance réciproque et de motivation commune pour le développement et le maintien de conditions de travail optimales. En principe, le sujet « conditions de travail », n'est pas source de conflit entre les partenaires sociaux puisque chacun y trouve son compte : amélioration du bien-être et de la satisfaction au travail pour les employés et améliorations des performances et diminution de l'absentéisme pour l'employeur.

Parallèlement à cette plate-forme « officielle » entre les partenaires sociaux et les professionnels de santé et de la sécurité au travail, des contacts « bilatéraux » doivent aussi s'établir. Ainsi, les experts peuvent apporter leur concours à la Direction dans ce qui touche à ses responsabilités en matière de gestion du personnel, d'organisation du travail, de formation, de communication et de bien d'autres domaines touchant directement ou indirectement la santé au travail. De même, les experts peuvent collaborer directement avec les travailleurs et les personnes concernés par « le terrain », pour toute une série d'aspects de la prévention où la participation des travailleurs est nécessaire (identification des dangers, analyses du risque, mesure des expositions, procédures de travail, aménagement des postes, utilisation des moyens de prévention, etc.). Conscients du fait que le travail prescrit ne correspond jamais au travail réel du fait que le travailleur adapte toujours son comportement à son expérience et son « savoir-faire », les experts aident à stimuler une prise de conscience et une attitude « pro-active » des travailleurs en matière de gestion des risques pour qu'elles s'intègrent à leur comportement professionnel.

La *Figure A.4* schématise les relations entre le Service de Santé et de Sécurité au travail et les acteurs de l'entreprise, soit par des contacts directs, soit par le Comité d'Hygiène et de Sécurité.

D'autres structures organisationnelles dans l'entreprise peuvent être liées de près ou de loin à la santé au travail. La protection de l'environnement est un exemple. La gestion des risques à la place de travail implique que les nuisances (qui pourraient contaminer l'environnement) soient maîtrisées à leur source (voir chapitre E) et qu'en aucun cas elles ne soient « déplacées » dans l'environnement extérieur. L'hygiène du travail joue ici un rôle prépondérant dans la protection de l'environnement, ce qui a conduit, dans certains pays et dans certaines entreprises, à confier cette fonction aux hygiénistes du travail. L'avantage de cette activité mixte de l'hygiène du travail est de pouvoir gérer de manière cohérente les nuisances à l'intérieur et à l'extérieur de l'entre-

prise et de s'intégrer dans les systèmes de gestion de l'environnement du type ISO 14'000, qui s'harmonisent parfaitement avec les systèmes analogues pour la santé et la sécurité au travail. Le désavantage d'intégrer l'hygiène du travail dans de telles structures est, parfois, d'éloigner cette discipline de la médecine du travail et, par conséquent, d'amoindrir l'efficacité de l'approche pluridisciplinaire. D'autres exemples de structures touchant à la santé au travail sont la politique de qualité ou la promotion de la santé (alimentation, exercice, tabac, alcool, etc.) et là encore, il est nécessaire d'établir des liens et une interface avec les professionnels de l'équipe pluridisciplinaire de santé au travail.

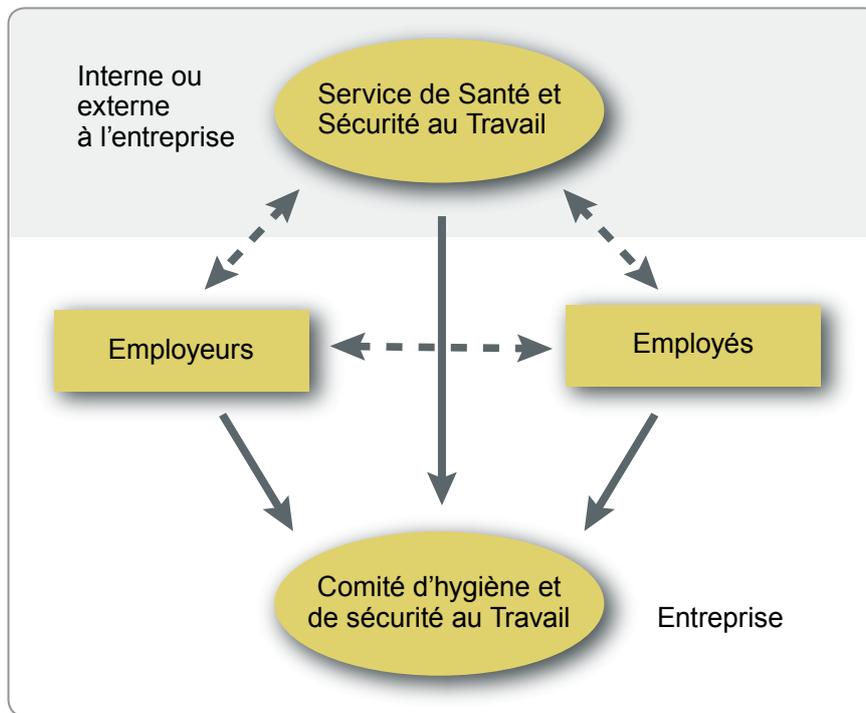


Figure A.4: Collaboration entre les partenaires sociaux et les experts en prévention

Finalement, l'objectif ultime des experts en prévention est de créer une culture d'entreprise en matière de santé au travail, de manière à ce que les principes de précaution, de gestion des risques et d'organisation du travail, s'intègrent naturellement dans toutes les fonctions de l'entreprise.

A l'extérieur de l'entreprise

Les professionnels de la santé au travail, qu'ils soient dans des services pluridisciplinaires ou dans d'autres structures, ont aussi un rôle important à jouer pour promouvoir la Santé au Travail, d'une part sur le plan du savoir et des connaissances, et d'autre part, sur le plan de la mise en pratique de principes de prévention.

Promouvoir la formation de professionnels compétents et adhérents à un code d'éthique officiel, constitue une tâche prioritaire pour les nations et les sociétés professionnelles représentant ces disciplines et pour toute personne désireuse de voir la santé et la sécurité au travail devenir une vraie priorité dans les politiques nationales et internationales de Santé Publique. Les « professionnels compétents » doivent être des personnes orientées principalement sur la prévention et la résolution de problèmes pour apporter aux entreprises des solutions simples et efficaces pour maîtriser les risques professionnels.

A.1 Gestion du risque

A.1.1 Concept général

Les risques professionnels doivent se gérer comme les autres composantes vitales d'une entreprise (productivité, qualité, compétitivité, etc.). La gestion du risque s'intègre donc dans une structure appropriée où tous les éléments nécessaires sont mis en place pour que le système fonctionne.

Définition du risque

Le risque se définit comme le produit de la probabilité qu'un événement non désirable se produise par la gravité de cet événement. Par contre, quand on parle de danger, on ne se réfère qu'à la gravité d'un événement potentiel. Un danger chimique peut se mesurer par la toxicité du produit, c'est à dire sa capacité à produire des dégâts sur des tissus ou des fonctions biologiques. Un produit très toxique, comme l'acide cyanhydrique par exemple, ne présentera un risque que dans la mesure où la probabilité qu'une ou plusieurs personnes soient exposées n'est pas nulle. En d'autres termes, ce seront les conditions d'utilisation de cet acide qui vont déterminer la probabilité d'exposition des personnes concernées.

Définition de la gestion du risque

Gérer signifie prendre des décisions. La gestion du risque dans le domaine de la Santé et de la Sécurité au Travail, consiste donc à prendre des décisions sur la base d'informations appropriées, de manière à maintenir le risque à un niveau acceptable et garantir ainsi des conditions de travail adéquates et le respect de l'environnement. Les « informations adéquates » qui vont permettre de prendre des décisions sont de deux ordres. D'une part, celles – objectives - fournies par l'analyse du risque (voir *chapitre B.4*) qui aura estimé la gravité et la probabilité du ou des risques et d'autre part, celles – subjectives – fournies par l'appréciation du risque qui déterminera si le risque est acceptable ou non (voir *chapitre A.1.3*).

Les décisions relatives à la gestion du risque peuvent, très schématiquement, se résumer en quelques grandes catégories, comme l'illustre la *Figure A.5*.

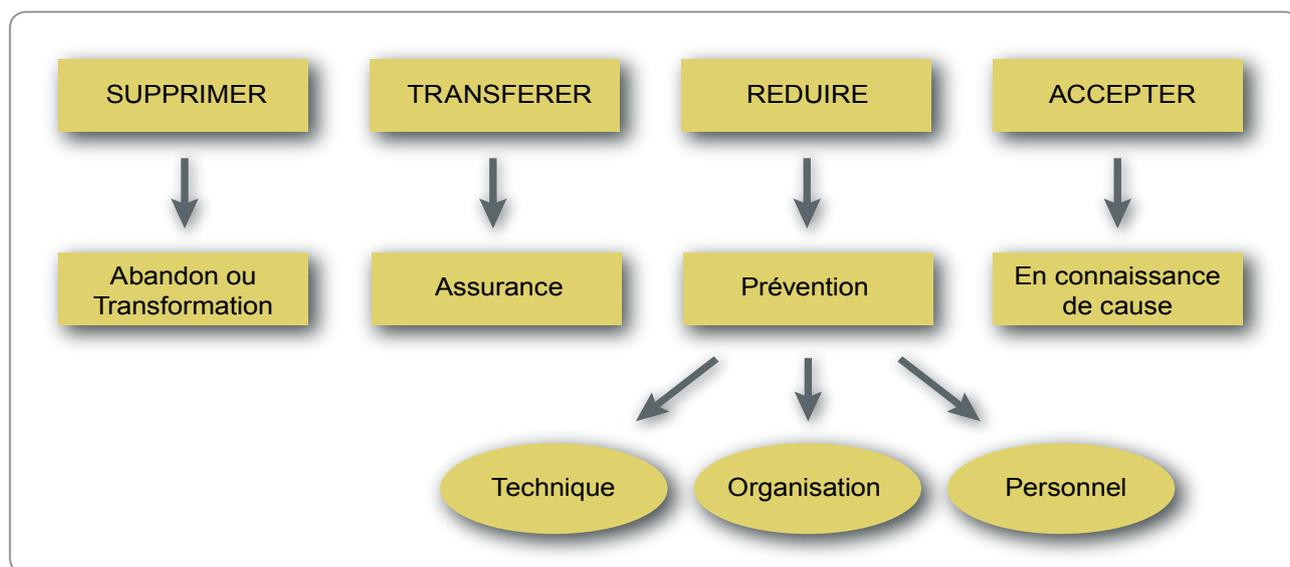


Figure A.5: Types de décisions en gestion du risque

Éléments d'un système de gestion du risque

Il n'y a pas plus de 10 ou 15 ans que le besoin de gérer le risque au même titre que les autres aspects de la vie d'une entreprise (qualité du produit, satisfaction des clients, performance du système de production, protection de l'environnement, marketing, etc.) est apparu clairement.

C'est ainsi que sont apparus les systèmes de gestion de la santé et de la sécurité du travail et les fonctions de « Risk Manager »^[1].

En résumé, les éléments qui constituent un système de gestion du risque sont les suivants :

1. une politique et des objectifs clairs
2. une structure appropriée
3. des « outils » adaptés et leur mise en place
4. un contrôle des performances et une amélioration continue

Ces éléments sont des composantes habituelles de tout système de gestion, qu'il s'agisse de la qualité (par exemple ISO 9'000) ou du management de l'environnement (par exemple ISO 14'000).

Il ne peut y avoir de gestion sans un cadre et des objectifs bien définis. Ainsi, la première étape dans l'élaboration d'un système de gestion du risque consiste à définir une politique officielle qui sera largement diffusée à l'intérieur comme à l'extérieur de l'entreprise, basée sur des principes clairs et avec des objectifs précis et quantifiés. Cela implique donc qu'il existe des indicateurs de performance qui permettront de constituer le « tableau de bord » du management et de suivre l'évolution de la situation dans ce domaine.

Le système ne pourra fonctionner que dans une structure appropriée où les responsabilités seront clairement définies et où les voies de communication auront été mûrement aménagées. Nous verrons dans le chapitre suivant (A.1.2) quelques-uns des « outils » à élaborer et à mettre en place pour que le système donne satisfaction.

Finalement, le fonctionnement du système sera contrôlé par des mécanismes internes périodiques (par exemple audits des éléments du système) et des expertises externes et neutres.

Certains pays, tels le Royaume Uni, ont adopté un système standard de management de la santé et de la sécurité au travail basé sur le standard ISO 14'000 pour l'environnement^[2].

Il serait faux de penser que de tels systèmes sont réservés aux grandes entreprises. Dans les petites et moyennes entreprises, c'est généralement le Directeur qui assume la fonction de « Risk Manager » (qu'il en soit conscient ou non !) puisque c'est lui qui prend les décisions. Le système de gestion du risque s'adapte très bien à toutes les tailles d'entreprises et pour les petites, il peut se résumer à quelques éléments simples et indispensables aisément gérables (la politique, les objectifs basés sur des indicateurs simples et quelques « outils » incontournables tels l'identification des dangers, l'évaluation du risque et les mesures préventives).

Le contexte social et politique

S'il y a un consensus quasi général au niveau de l'importance de la protection de l'environnement (disons en Europe !), il n'y en a pas au niveau de l'environnement professionnel et de la Santé au Travail. Preuve en est que lorsque l'Organisation Internationale de Standardisation (ISO) a

1 Garrett J.T., Cralley, L.J. and Cralley L.V. Eds. (1988) Industrial Hygiene Management, Wiley, New York, 386 p.

2 British Standard 8800 (1996) Guide to Occupational health and safety management systems BSI, 26 p.

proposé d'élaborer un standard pour gérer la protection de l'environnement dans les entreprises, il y a eu adhésion de tous les partenaires et le standard ISO 14'000 a vu le jour dans des délais très courts et jamais vus jusqu'ici dans cette organisation ! En revanche, lorsqu'il a été proposé, à deux reprises (en 1996 et en 2000), d'élaborer un standard analogue pour un système de gestion de la santé et de la sécurité au travail, il y a eu opposition farouche de la majorité des grandes entreprises, empêchant toute progression au niveau de l'ISO dans ce domaine.

Parallèlement, les gouvernements ont ressenti le besoin de renforcer la législation dans ce domaine et, en 1989, la Communauté Européenne adoptait sa directive cadre 89/391 ^[1] établissant les principes généraux de la gestion des risques professionnels. En 1996, la Suisse adoptait sa directive pour l'appel à des spécialistes en médecine et sécurité du travail ^[2] qui, en somme, préconise la même chose mais avec d'autres angles d'attaque.

1 La directive 89/391/ CEE du Conseil concernant la mise en œuvre de mesures visant à promouvoir l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleurs au travail. In : Europe Sociale 2/90 Santé et Sécurité au travail dans la Communauté européenne, pp 39-40

2 Commission fédérale de coordination pour la sécurité au travail (1996) Directive relative à l'appel à des médecins du travail et autres spécialistes de la sécurité au travail (Directive MSST) 23 p.

A.1.2 Les outils du management

Un système de gestion du risque se construit sur la base d'une politique claire et dans une structure appropriée où les responsabilités et les voies de communication sont bien définies. La politique énonce des objectifs de prévention qui sont mesurés par des indicateurs de performance validés. Pour mettre en place et faire fonctionner le système, il faut développer les « outils de travail » nécessaires. C'est le « Risk Manager » qui, dans les entreprises d'une certaine importance, pilote et coordonne le système.

Généralités

Les moyens que se donne le management pour gérer le risque ont été décrits en termes généraux dans le chapitre précédent et ils pourraient tous être qualifiés d'«outils». Cependant, nous traiterons ici de quelques aspects particuliers qui illustrent des points d'ancrage essentiels d'un bon système de gestion du risque.

Rappelons encore que le « minimum indispensable » se trouve décrit dans la législation (voir *chapitre A.2*) mais qu'il est souvent insuffisant en regard d'une politique « proactive ». Parmi les exigences légales importantes et encore insuffisamment appliquées, figure la participation des travailleurs, qui est un des éléments essentiels de la gestion des risques professionnels, du fait que les travailleurs sont les premiers concernés et souvent les mieux placés pour savoir comment prévenir et maîtriser les risques.

Les différents « outils » peuvent être classés dans les quatre catégories traditionnelles : Stratégies/Structure – Technique – Organisation – Personnel (STOP), que nous utiliserons pour ce chapitre.

Stratégie / Structure

Il s'agit ici de l'adéquation entre le contexte socioculturel et la « culture » de l'entreprise (ou du type d'entreprise) considérées. Une politique de prévention et de gestion des risques professionnels n'a de sens que si elle correspond aux « valeurs » des acteurs concernés. De cette politique vont découler les structures les plus appropriées à mettre en place et les stratégies générales à développer (responsabilités, voies de communication, contrôles, etc.)

Technique

Le matériel, les machines, les outils de travail, les installations, les appareils et les instruments doivent être choisis et sélectionnés, non seulement en fonction de leurs performances et de leurs qualités techniques, mais aussi en fonction de la sécurité intrinsèque de leur utilisation^[1]. Le management doit donc mettre en place des règles en la matière pour que la sélection des équipements, leur fonctionnement, leur maintenance et tout facteur qui pourrait affecter l'hygiène et la sécurité du travail soient sous contrôle. Une attention particulière est portée à tous les systèmes techniques mis en place pour assurer la protection de la santé des travailleurs (ventilation, alarme, containers, équipement de protection, etc.) aussi bien dans les conditions de déroulement normal des opérations que dans les cas de déroulement anormal (pannes, arrêts d'urgence, dysfonctionnement, etc.) ou dans les situations particulières (essais, réglages,

¹ Voir à ce sujet la Loi fédérale sur la sécurité des installations et appareils techniques (LSIT) et son Ordonnance d'application (1 juillet 1978) ainsi que les directives européennes y relatives (89/392 et 91/368)

maintenance, mises hors service, etc.). L'utilisation correcte des équipements est régie par des modes opératoires clairs et détaillés (standard operating procedures) qu'il s'agit de développer et de mettre à jour selon un calendrier approprié. Parmi les autres « outils » du management de cette catégorie, il faut encore citer les programmes de maintenance préventive qui impliquent que toutes les installations nécessitant un entretien régulier soient identifiées et que les procédures de surveillance et de maintenance soient élaborées.

Organisation

A côté des grandes décisions organisationnelles déjà mentionnées plus haut, il existe des très nombreux domaines qui nécessitent une attention particulière du management. Nous mentionnerons deux exemples, choisis parmi les plus importants.

La maîtrise du changement

Très tôt, les spécialistes de la gestion du risque se sont rendu compte que ce sont les changements qui créent de nouvelles situations dangereuses car, s'ils n'ont pas été intégrés dans la stratégie de surveillance des dangers et des risques, ils passent « entre les mailles » du système préventif mis en place et sont à l'origine de nombreux accidents et maladies. Les changements concernent aussi bien les personnes, que les locaux, les installations, les procédures et bien d'autres choses encore. Combien de fois le changement de personnel (souvent impromptu et provisoire) conduit à mettre à des postes de travail des personnes insuffisamment formées ? De même, la modification d'une machine ou d'un procédé conduit à faire apparaître de nouveaux risques si elle n'est pas intégrée dans un processus planifié de surveillance et de maîtrise des changements.

Tout évolue si vite en matière technique et organisationnelle (ne serait-ce que dans le domaine microtechnique et informatique) que le changement est quasi continu et qu'il fait partie de la vie normale des entreprises. Il convient donc de le gérer dans les « règles de l'art ».

Qualité totale

Les entreprises n'échappent pas à la tendance de la « standardisation » dans le domaine de la qualité, qu'il s'agisse des certifications du type ISO 9'000 ou du type ISO 14'000 garantissant une certaine maîtrise des procédés de production et de gestion dans un cas et la protection de l'environnement dans l'autre, ou encore, des accréditations du type ISO/EN 17025 garantissant la qualité des performances des systèmes testés. Ces « standards » regorgent d'exigences de développement d'« outils » du management. Du fait que la santé au travail fait partie de la qualité au sens large dans les entreprises (qualité des postes de travail, de l'environnement professionnel, de la « vie au travail », etc.), elle est intégrée dans la politique de la « qualité totale » et les « outils » développés pour l'assurer (audits de sécurité par exemple) s'intègrent dans le système global de la gestion du risque.

Personnel

Ici encore, les « outils » à développer sont nombreux. Trois aspects particulièrement importants seront mentionnés.

L'embauche

En matière d'hygiène et de sécurité, le comportement des personnes est essentiel et le choix des travailleurs qui seront assignés à telle ou telle tâche constitue une étape critique que le médecin du travail et le psychologue du travail aident à franchir correctement.

La formation et l'information

S'assurer que les personnes aient les compétences requises nécessite la plupart du temps une formation de départ pour le travail considéré et une mise à jour périodique par la formation continue. Couplée à cette formation, l'information sur les risques pour la vie et la santé spécifiquement liés aux tâches à effectuer est capitale et trop souvent négligée ou faite de manière insuffisante. Là encore, le management a une grande responsabilité à assumer.

La motivation / sensibilisation

Comment stimuler et entretenir la motivation du personnel pour la prévention (prise de conscience de son importance) ? Voilà un problème difficile à résoudre mais qui est cependant vital puisque que c'est de la motivation des acteurs eux-mêmes, à tous les niveaux de la hiérarchie, que dépend le succès ou l'échec de la politique de l'entreprise dans ce domaine. L'aide de professionnels de la communication peut être nécessaire pour développer les « outils » adéquats.

A.1.3 La notion de risque acceptable

Que se cache-t-il derrière les normes telles les « valeurs limites d'exposition au poste de travail » ? C'est bien le concept du risque acceptable qui sous-tend ce type de norme. Il est fondamental de le comprendre et de savoir sur quelles bases il repose, car il constitue le point central de la démarche de l'hygiène du travail. Si le risque acceptable est mal estimé et que les normes ne sont pas assez sévères, ce sont les travailleurs qui en seront les victimes car leur santé sera menacée. Si les normes sont trop sévères, les ressources des entreprises ne seront pas utilisées à bon escient. Nous allons voir qu'à côté des considérations techniques et scientifiques, ce sont aussi les « valeurs culturelles » de notre société qui déterminent ce qui est tolérable ou non

Risque individuel et risque collectif

Le risque individuel est aussi appelé risque relatif car il se définit par la proportion de personnes touchées dans un collectif donné. Le risque collectif est aussi appelé risque absolu car c'est le nombre absolu de personnes touchées dans un collectif donné. Pour illustrer ces deux manières d'exprimer le risque, on se réfèrera à un exemple simple résumé dans le Tableau.

Catégorie professionnelle	Collectif (nb de personnes)	Risque individuel (nb victimes / 1000 pers.)	Risque collectif (nb de victimes)
Forestiers	3'000	1.0	3
Construction	200'000	0.5	100
Bureaux	2'500'000	0.01	25

*Accidents mortels annuels dans trois catégories professionnelles
(chiffres fictifs mais réalistes pour la Suisse)*

La grandeur des collectifs a été choisie arbitrairement, mais elle respecte approximativement l'importance relative des catégories professionnelles choisies. Le risque individuel, lui, est issu des statistiques d'accidents professionnels publiées dans divers pays européens. On voit que le risque collectif est le résultat de la multiplication du risque individuel par le collectif considéré.

Il apparaît clairement dans ce tableau, qu'il n'y a aucun parallélisme entre ces deux manières d'exprimer le risque. Dans une discussion sur le risque acceptable, ces deux angles de vues seront considérés : Ainsi par exemple pour le risque individuel: *est-il acceptable que chaque année, un forestier sur 1'000 soit victime d'un accident mortel ?* et, d'autre part, pour le risque collectif : *la société accepte-t-elle d'assumer les conséquences humaines et financières qu'implique le nombre total de victimes, chaque année ?*

Influence personnelle sur le risque

Le risque acceptable est aussi lié au degré d'influence que la personne concernée a sur le risque considéré. Ainsi, plus l'influence personnelle est forte, moins la société sera sévère. En d'autres termes, plus grande est notre maîtrise personnelle du risque, plus grand est le risque acceptable. Le Tableau ci-dessous donne quelques exemples de situations où l'influence personnelle passe de « totale » à « nulle » et indique les niveaux considérés actuellement comme acceptables pour un risque annuel de gravité maximum, à savoir la mort.

Influence personnelle	Exemple	Risque individuel acceptable ^[1]
Totale (risque désiré)	Sport dangereux	$10^{-2} - 10^{-3}$
Partielle	Travail	$10^{-3} - 10^{-4}$
Faible	Transport en commun	$10^{-4} - 10^{-5}$
Nulle (risque imposé)	Pollution atmosphérique	$10^{-5} - 10^{-6}$

Niveaux de risques individuels jugés acceptables par notre société en fonction du degré d'influence personnelle

On considère que le risque minimum admissible se situe à peu près à 10^{-6} , c'est-à-dire à une victime par an dans un collectif d'un million de personnes. Il s'agirait d'une sorte de bruit de fond naturel qui se situe légèrement en-dessus du niveau de risque de mourir foudroyé. En effet, les statistiques nationales de mortalité annuelle, donnent pour ce risque des valeurs proches de 10^{-7} .

Les valeurs limites d'exposition

Les valeurs limites moyennes d'exposition (VME, voir *chapitre D.0.2*) sont un exemple de risque chronique acceptable et sont basées sur la relation dose-réponse qui a pu être établie sur différentes bases scientifiques (épidémiologies, expériences humaines et animales, tests biologiques, etc.). Lorsque la relation dose – réponse présente un seuil de « non-effet », c'est ce point de référence qui est choisi et qui est divisé par un facteur de sécurité de manière à tenir compte des incertitudes et parfois des extrapolations nécessaires entre l'animal et l'homme. On espère dans ce cas que personne ne sera touché (mis à part les personnes hypersensibles). Dans le cas où la courbe ne présente pas de seuil de « non-effet » et qu'on suppose qu'elle passe par l'origine, il y a toujours une « réponse » même aux très faibles doses. Cela est accepté pour les substances cancérigènes et les radiations ionisantes. On utilise alors des « réponses » qui correspondent aux risques acceptables discutés plus haut.

Valeurs de notre société

Contexte général

Lorsqu'il s'agit de se prononcer sur le fait qu'un risque est acceptable ou non, la comparaison avec les autres risques quotidiens auxquels nous faisons face, est très importante, car elle situe en fait ce que la société tolère de manière plus ou moins consciente. Le nombre de victimes d'accidents de voitures, d'alcoolisme, de tabagisme et de la foudre par exemple, est bien documenté et permet de « quantifier » ce que la société tolère. Les considérations coûts-bénéfices sont prépondérantes lorsqu'une entreprise ou une nation décide d'investir dans la prévention. Quelle somme d'argent est-on prêt à mettre pour éviter un certain nombre de victimes ? On se rapproche de la quantification du prix de la vie humaine !

¹ Un risque de 10^{-2} correspond à une probabilité de 1 % qu'un individu soit touché mortellement. C'est le quotient du risque collectif par l'effectif exposé.

Notion d'équité

On touche ici l'éthique et la morale qui, dans nos pays, sont fortement influencées par les religions judéo-chrétiennes. Il n'est ainsi pas considéré comme « acceptable » qu'il y ait des populations défavorisées ou des groupes sociaux qui cumulent les risques de toute nature.

Aspects politique, social et culturel

Le cadre légal de nos institutions, dans lequel s'inscrivent les concepts du risque acceptable reflète, par la démocratie, le consensus des partenaires sociaux. L'équilibre des forces joue donc un rôle prépondérant et les « faibles » s'en trouvent défavorisés. De plus, comme il y a une très grande subjectivité dans la perception des risques, les mesures « politiques » qui sont prises sont fortement influencées par cette subjectivité. Cela est bien normal puisque les décideurs politiques veulent satisfaire leurs électeurs. Mais on aboutit alors à des prises de position sur le risque acceptable, qui ne sont pas toujours très rationnelles et équilibrées. Cela se perçoit facilement dans le domaine de l'écologie, où le public est très sensible et se sent très concerné, par opposition au domaine de la santé au travail où les risques sont toujours « pour les autres ».

B Hygiène et sécurité du Travail

B.0 Définition et historique de l'hygiène du travail

Née dans les pays anglo-saxons principalement, l'hygiène du travail s'est progressivement imposée comme étant une des disciplines essentielles de la santé au travail. En Suisse, elle s'est affirmée lentement mais joue aujourd'hui un rôle important dans la prévention des maladies liées au travail. L'hygiène du travail s'occupe de la prévention des risques chroniques pour la santé, en anticipant, identifiant, évaluant et maîtrisant les nuisances à la place de travail. En cela, cette discipline est un complément indispensable de la médecine et de la sécurité du travail.

Le développement de l'hygiène du travail, appelée initialement hygiène industrielle, a commencé au début du 20^{ème} siècle dans les pays anglo-saxons. Dans la plupart des pays européens, le champ d'action de l'hygiéniste du travail était pris en charge par la médecine du travail ou la sécurité du travail. La gestion des risques chroniques pour la santé demandait toutefois des compétences scientifiques et une approche particulière. Cela a conduit à ce que ce domaine se différencie progressivement de la médecine et de la sécurité, et ceci à un rythme variable d'un pays à l'autre. En Suisse, il faut attendre la fin des années 70 pour que l'hygiène du travail fasse une lente apparition, tout d'abord dans le cadre universitaire, ensuite dans certaines grandes entreprises, puis dans différentes institutions. L'existence de l'hygiène du travail en Suisse s'officialise par la création, en 1984, d'une association suisse, section de l'American Industrial Hygiene Association (AIHA), une importante société professionnelle américaine. Son but est de promouvoir l'application de cette science par l'organisation de séminaires, par des échanges d'expériences et par la diffusion d'informations. Cette section de l'AIHA aboutira à la création de la Société Suisse d'Hygiène du Travail (SSHT), membre de SwissPro. En 1987, la SSHT était l'un des membres fondateurs de l'International Occupational Hygiene Association (IOHA), organisme faitier visant notamment la coordination de l'hygiène du travail à un niveau international.

Sur le plan réglementaire, l'hygiène du travail a été reconnue comme étant l'une des disciplines de base de la santé et de la sécurité au travail. L'hygiéniste du travail est en effet, avec le médecin du travail, le chargé et l'ingénieur de sécurité, l'un des 4 acteurs définis par l'Ordonnance sur la Qualification (OQual) et par la Directive CFST 6508 relative à l'appel des Médecins du travail et autres Spécialistes de la Sécurité au Travail (MSST). Son existence en Suisse est donc maintenant bien reconnue. La SSHT compte environ 100 membres actifs répartis dans les universités, les inspections du travail, la SUVA et des bureaux privés.

L'Organisation Internationale du Travail (OIT) définit l'hygiène du travail comme suit: L'hygiène du travail est la science de prévoir, d'identifier, d'évaluer et de maîtriser les facteurs et les contraintes propres au travail ou qui en résultent et qui sont susceptibles d'entraîner la maladie, l'altération de la santé et du bien-être des travailleurs, tout en tenant compte des impacts éventuels sur la communauté avoisinante et sur l'environnement général

La démarche de l'hygiène du travail est donc caractérisée par la séquence prévoir, identifier, évaluer et maîtriser. Les différents outils et techniques de l'hygiéniste du travail s'articulent autour de ces termes. Prévoir les dangers et les risques pour de nouvelles situations, identifier les dangers dans des places de travail existantes, mesurer les dangers associés afin de pouvoir évaluer les risques correspondants (sont-ils acceptables ou non?) et finalement maîtriser ceux-ci si cela est nécessaire. Toutes ces activités doivent être entreprises bien entendu en tenant compte des impacts éventuels sur l'environnement et sur les personnes vivant à proximité.

En Suisse l'OQual précise les exigences pour être reconnu en qualité d'hygiéniste de travail. Celles-ci ont été reprises par la SSHT qui « certifie » ces professionnels.

Une démarche similaire est actuellement en cours sur le plan international par l'intermédiaire de l'IOHA. Les exigences retenues en Suisse pour être reconnu hygiéniste du travail sont les suivantes :

- être titulaire d'un diplôme technique ou en sciences délivré par une université, une école polytechnique fédérale ou une école technique supérieure suisse,
- justifier d'une expérience professionnelle de deux ans au moins,
- avoir obtenu le diplôme délivré par le cours postgrade Santé au travail (CPG S+T) de l'Université de Lausanne et de l'École Polytechnique Fédérale de Zurich, ou avoir accompli avec succès une formation professionnelle complémentaire équivalente et reconnue par la SSHT,
- satisfaire aux exigences de formation continue fixées par la SSHT.

La Directive MSST précise les domaines dans lesquels l'hygiéniste doit apporter sa contribution. Il s'agit d'activités avec dangers particuliers, telles que :

- Des travaux souterrains (construction de tunnels).
- Des travaux sous air comprimé, travaux de révision de citernes.
- De la fabrication de plâtre, chaux et ciment.
- Des travaux avec des déchets spéciaux ou industriels.
- Des solvants, des substances chimiques et autres substances nocives.
- Des substances allergènes.
- Des agents biologiques.
- Des substances radioactives et autres rayonnements ionisants.
- Des radiations non ionisantes.
- Des hautes ou basses températures.
- Des fortes vibrations.
- Du bruit.

L'hygiéniste du travail est donc maintenant en Suisse un partenaire important du team de santé au travail. Il est spécialisé dans la gestion des risques chroniques et, en ce sens, est en liaison directe avec le médecin du travail, mais il travaille aussi en interaction directe avec les responsables de la sécurité (risques aigus). Il se situe donc à l'interface de ces différentes disciplines, avec un champ d'action propre.

Finalement l'hygiène du travail est aussi une discipline distincte de l'ergonomie. La principale différence réside dans son approche linéaire de relation cause(s) à effet(s). Alors que pour l'hygiène du travail, il y a généralement une cause unique (nuisance) associée à un risque, dans l'approche ergonomique l'aspect multifactoriel de cette relation est pris en compte. Le risque provient d'une combinaison de plusieurs facteurs qu'il faut identifier et sur lesquels il faut agir. Par ailleurs le champ de l'hygiène du travail ne couvre en principe que les dangers mesurables objectivement.

Bibliographie

- **Société suisse de médecine, hygiène et sécurité du travail**, *Hygiène du travail en Suisse*, Sozial- und Präventivmedizin 29, 13-41, 1984
- **M. Guillemin**, *Status of occupational hygiene in Switzerland*, Appl. Occup. Environ. Hyg. 8 (11), 921-928, 1993
- *Ordonnance sur les qualifications des spécialistes de la sécurité au travail (OQual)*, 25 novembre 1996, RO 1996 3121, 1996

B.1 Défis et perspectives

L'Hygiène du travail est une science consacrée à la gestion des risques (principalement chronique) objectivement mesurables. Il est indéniable que les risques « traditionnels » (silice, plomb, solvants, etc.) diminuent au cours du temps. Bien que de nouveaux risques liés aux nouvelles technologies apparaissent régulièrement et que d'autres problèmes plus difficiles à « mesurer » voient leur importance croître, il est vital que la profession d'hygiéniste du travail s'adapte à ces nouvelles conditions et se maintienne dans sa « niche écologique » pour rester un partenaire incontournable dans le milieu de la santé et de la sécurité au travail.

Evolution de la profession et défis à relever

Le développement de l'hygiène du travail en Europe a été favorisé par l'adoption de la Directive cadre de la CEE (89/391)^[1] et par les efforts de promotion de l'OMS à Genève et de son Bureau Régional Européen à Copenhague^[2]. Au niveau international, l'*International Occupational Hygiene Association* (IOHA) qui est une fédération des sociétés nationales d'hygiène du travail, reconnue comme ONG (Organisation Non Gouvernementale) par l'OMS et par le BIT, a contribué à donner plus de visibilité à cette science et à la promouvoir dans plusieurs pays.

Malgré ces progrès notoires, l'hygiène du travail n'« occupe » pas le terrain de manière très forte. Aux Etats-Unis, elle n'est pas reconnue officiellement dans les textes de lois et elle est menacée par les ingénieurs de sécurité, beaucoup plus puissants et désireux de réunir en une seule spécialité l'hygiène et la sécurité du travail. En Europe, en particulier dans l'Union Européenne, les pays politiquement « lourds » tels la France et l'Allemagne ne reconnaissent pas la spécificité de l'hygiène du travail en tant que discipline à part entière et en confient les tâches aux médecins du travail ou aux ingénieurs de sécurité.

Si l'hygiène du travail veut garder sa place parmi les professions de la Santé et de la Sécurité au Travail, elle aura à relever plusieurs défis, tels :

- l'adaptation aux changements du monde du travail (techniques et culturels) ;
- l'amélioration de sa visibilité par la démonstration de son utilité ;
- l'utilisation des opportunités de la mondialisation.

Les changements actuels

Les nouvelles technologies apportent de nouveaux problèmes qu'il faut étudier pour anticiper les risques et les maîtriser avant qu'ils ne se manifestent. Il serait trop long de détailler ici les problèmes émergents liés aux nouvelles technologies mais nous en citerons simplement quelques-uns, parmi les plus illustratifs : les organismes génétiquement modifiés, les nanoparticules, les matériaux composites, les matériaux adaptatifs, les polymères fonctionnels, les alliages à mémoire de forme, les nouvelles fibres, etc. Autant de problèmes face auxquels nous sommes actuellement démunis puisque nous ne connaissons pas les effets qu'ils peuvent produire sur notre santé et sur la qualité de notre environnement. Les « parades législatives » que tentent de mettre en place les organismes officiels pour limiter les conséquences de risques mal connus sont relativement peu efficaces. Même pour les produits chimiques où la législation impose la

¹ Directive 89/391/ CEE du Conseil concernant la mise en œuvre de mesures visant à promouvoir l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleurs au travail.

² Occupational hygiene – Development of the Profession. European Occupational Health Series No. 3 WHO Regional Office for Europe, Copenhagen 1991, 53 p.

constitution de dossiers toxicologiques et écotoxicologiques, les possibilités de « passer à côté » des problèmes sont multiples (dérogations pour certaines classes de produits ou pour certaines applications par exemple). Pour les nouveaux matériaux, les nouveaux procédés, les nouvelles utilisations, il n’y a aucun garde-fou, c’est à dire qu’il n’est pas obligatoire d’anticiper les risques lors des phases de conception ou de développement.

A côté des nouvelles nuisances, il y a les « anciens » problèmes qui resurgissent soit parce que de nouvelles situations d’exposition apparaissent (le plomb dans la démolition ou la rénovation de bâtiments par ex.), soit parce que les connaissances toxicologiques et les méthodes d’investigations se sont améliorées. Ainsi, le béryllium revient à l’honneur en ce moment, des bioaérosols classiques apparaissent comme moins innocents qu’on ne le pensait, les interactions entre nuisances semblent aussi plus importantes qu’on ne le soupçonnait, la spéciation des substances minérales, le polymorphisme génétique, le métabolisme des énantiomères, les mélanges complexes sont autant de questions encore ouvertes et auxquelles il faudra répondre avant de prétendre pouvoir maîtriser ces risques.

A côté des changements technologiques, il y a de profonds changements sociaux et culturels qui modifient notre façon de concevoir le travail et de l’intégrer dans notre vie où il tend à ne plus occuper la place prépondérante qu’il avait il y a quelques décennies. Il est fort probable que les notions de risque acceptable telles que discutées au *chapitre A.1.3*, vont être remplacées ou complétées par des critères de qualité (satisfaction au travail, confort des postes de travail, etc.) et des facteurs répondant mieux aux aspirations des personnes qui travaillent (transparence, motivation, reconnaissance, autonomie, etc.).

Visibilité et pluridisciplinarité

Une des raisons principales pour lesquels l’hygiène du travail n’a pas la visibilité qu’elle mérite, réside dans le fait qu’il n’y a pas à l’heure actuelle d’indicateurs de performance fiables comme il en existe pour les accidents du travail par exemple. Tant qu’on ne sait pas combien de maladies, de jours d’absence, de frais directs et indirects sont causés par une mauvaise qualité des conditions de travail, on ne pourra pas mesurer l’impact de l’action des hygiénistes du travail^[1]. Les « décideurs » politiques ne prendront conscience du problème que lorsqu’on pourra leur montrer ces indicateurs. La Santé au Travail doit entrer dans l’agenda politique et devenir un des sujets prioritaires de la Politique Nationale de Santé. Alors et alors seulement, l’hygiène du travail pourra démontrer son utilité et le public commencera à comprendre qu’il n’y a pas que l’écologie et la protection de l’environnement qui sont importants. Pourquoi ne pas espérer qu’un jour on sensibilisera les enfants dans les écoles, dès le plus jeune âge, aux problèmes de santé au travail et de qualité de l’environnement professionnel comme on l’a fait pour l’écologie ?

Les opportunités de la mondialisation

Il est clair pour tout le monde que la mondialisation n’apporte pas que des avantages⁴, mais elle peut être une occasion pour l’hygiène du travail de se profiler comme une des composantes nécessaires des systèmes de management, en particulier ceux dédiés au management de la santé et de la sécurité au travail (voir chapitre A.1).

¹ E. Conne-Perreard, M.J. Glardon, J. Parrat et M. Usel Effets des conditions de travail défavorables sur la santé des travailleurs et leurs conséquences économiques. Conférence romande et tessinoise des offices cantonaux de protection des travailleurs, Genève 2001, 110 p.

La mondialisation est largement facilitée par les nouveaux systèmes de communication qui permettent de travailler en réseau, de trouver des informations rapidement, de faire de l'enseignement à distance, d'organiser des réunions virtuelles, etc. L'hygiène du travail peut profiter de ces occasions qui lui sont offertes pour promouvoir des filières de formation à distance avec des programmes harmonisés et reconnus internationalement (par l'IOHA par ex.), d'intensifier les réseaux d'échanges d'informations tels que proposés par l'OMS (programme PACE : Prevention And Control Exchange^[1]), les bases de données sur les expositions professionnelles et bien d'autres choses encore.

Conclusion

Les hygiénistes du travail vont-ils maintenir, développer et renforcer leur « niche écologique » dans le domaine des sciences de la santé et de la sécurité au travail ? Comme dans la nature, cela dépendra de la vitalité de ses représentants et de leurs capacités d'adaptation.

L'hygiène du travail se trouve face à un problème de risque : risque de voir la profession s'éteindre. N'est-elle pas bien préparée à anticiper, identifier, évaluer et maîtriser les risques professionnels ?!...

¹ Prevention and Control Exchange (PACE) A Document for Decision-Makers. WHO – Office of Occupational Health (WHO/OCH/95.3), Geneva 1995, 40 p.

B.2 Ethique professionnelle

Grandes sont les responsabilités de l'hygiéniste du travail face aux personnes qu'il cherche à protéger, aux entreprises, à l'environnement et à la société dans son ensemble. Un code de conduite garantissant que ce professionnel respecte des engagements moraux est donc important du fait des enjeux qui découlent d'une bonne ou d'une mauvaise pratique de l'hygiène du travail. L'IOHA (Association internationale d'hygiène du travail) a recommandé que les sociétés nationales qui la composent se dotent d'un code d'éthique.

Généralités

L'éthique professionnelle concerne l'aspect moral de la pratique de l'hygiène du travail. Très liée aux facteurs socioculturels de notre société, l'éthique englobe des valeurs essentielles telles que l'honnêteté, le respect de la dignité humaine, l'engagement sans faille pour les objectifs nobles de la profession, la solidarité avec ses pairs, l'impartialité, l'équité, en d'autres termes tout ce qui permet à une société de fonctionner harmonieusement dans le respect mutuel et la prise en charge de ses responsabilités.

Force est de constater que ces principes éthiques sont bien souvent bafoués et que les professions liées à la protection de la santé et qui n'ont pas, comme la médecine, une tradition et des droits reconnus d'indépendance et de « secret médical », sont plus « vulnérables » que les autres. Une enquête menée en 1991 aux Etats-Unis^[1] a démontré que les hygiénistes ayant répondu à un questionnaire sur leur comportement professionnel, avouaient des déviations importantes par rapport au code d'éthique. Les plus importantes (environ 30 %) consistaient à insister trop sur les résultats positifs et pas assez sur les résultats négatifs ou à ne pas rapporter un incident significatif. D'autres cités par 20 à 25 % des personnes interrogées concernaient le silence délibéré sur les limites des résultats, la rétention d'information ou encore le plagiat et l'appropriation des idées des autres. Bien d'autres exemples allant jusqu'à la « fabrication » de résultats fictifs, illustraient la multitude des situations où l'éthique professionnelle, trop souvent, n'était pas respectée. Les causes de ces comportements étaient à chercher dans le manque d'indépendance des hygiénistes vis-à-vis de leur employeur, la pression économique, le manque d'expérience ou la pression due à une surcharge de travail et de responsabilités. Tout cela illustre bien le besoin de trouver des moyens pour éviter de tels comportements. On se rend bien compte ici, que la loi ne peut être utile que pour des cas flagrants de tricherie ou de falsification de résultats mais qu'elle est impuissante face à des situations plus subtiles où il est impossible de démontrer que les erreurs, « omissions » ou interprétations tendancieuses des résultats sont intentionnelles. Un engagement moral paraît donc être la meilleure solution. Cet engagement repose sur l'honnêteté, la conscience et la responsabilité de celui qui le prend.

La Commission internationale de Santé au Travail

Les codes d'éthique étaient réservés initialement aux médecins et aux professions libérales, mais il est apparu ensuite, que ce genre de règles de conduites pouvaient aussi être très utiles dans les autres professions et elles se sont multipliées dans les années quatre vingt et quatre vingt dix. Cela s'inscrit dans une vague plus générale de « moralisation », partie des USA mais avec

¹ Goldberg L.A. and Greenberg M.R. Ethical issues for industrial hygienists: survey results and suggestions Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 54 : 127 - 134 (1993)

de forts relais ou autres éclosions spontanées en Europe, tels le « commerce équitable » ou les labels identifiant les tapis fabriqués par des adultes (lutte contre le travail des enfants).

La Commission internationale de la santé au travail a adopté en 1996 un « code international d'éthique pour les professionnels de la santé au travail » décrivant les principes de base sur lesquels repose ce code et les missions et obligations des professionnels de la santé au travail ainsi que les conditions d'exécution des missions de ces professionnels^[1].

Le BIT a consacré tout un chapitre de son "Encyclopédie de Sécurité et de Santé au Travail"^[2] à ces questions d'éthique qui touchent beaucoup de secteurs d'activité en santé au travail, à commencer par la recherche, les activités de terrain et les analyses de fluides biologiques, les examens médicaux, les traitements de problèmes médicaux-sociaux (alcool, drogues, tabac) et psychologiques, pour ne citer que quelques exemples.

Les sociétés professionnelles d'hygiène du travail

La première association professionnelle à adopter un code d'éthique a été l'American Industrial Hygiene Association. Cela a influencé l'Association internationale (IOHA) qui, en 1993, a adopté un code d'éthique, consensus des 19 sociétés membres à cette époque. Les sociétés d'hygiène du travail qui n'avaient pas encore de code d'éthique, ont été stimulées et en ont adopté un, ajusté à leurs besoins et leur culture.

La Société Suisse d'Hygiène du Travail (SSHT) a adopté son code d'éthique en 1997 et s'est inspirée, à côté du code de l'IOHA, d'un document intitulé « Ethique pour l'ingénieur » et publié par l'Académie suisse des sciences techniques.

Le tableau ci-dessous résume les points du code d'éthique de la SSHT

Code d'éthique de l'hygiéniste du travail		
Points	Responsabilité vis à vis	Commentaires
1	de la profession	Honnêteté et compétence. Pas de conflits d'intérêts
2	de lui-même et les autres	Intégrité et performance. Confidentialité. Sphère de compétence
3	des travailleurs et travailleuses	Objectivité et indépendance. Equité
4	des employeurs et clients	Fiabilité et professionnalisme. Confidentialité. Exigences légales
5	du public et de l'environnement	Conscience de l'impact des décisions sur la santé publique et l'environnement
6	de la communauté	Impartialité et recherche de compromis acceptable

Résumé du code d'éthique de la Société Suisse d'Hygiène du Travail^[3]

¹ CIST Code international d'éthique pour les professionnels de la santé au travail Commission internationale de santé au travail Singapour 1996 (fascicule anglais/français).

² Coppé Georges H. Les questions d'éthique In « Encyclopédie de Sécurité et de Santé au Travail » 3ème éd. Française BIT, Genève chapitre 19 : (2000)

³ Société Suisse d'Hygiène du Travail Code d'éthique de l'hygiéniste du travail, adopté par la Société en février 1997.

Le code d'éthique d'une société professionnelle représente un consensus sur des règles de conduite claires et d'attitude responsable de la part des représentants de cette profession. Il s'agit aussi d'un contrat moral avec les partenaires sociaux et la communauté, ce qui favorise l'image de marque de la discipline et la promotion des « bonnes pratiques ».

Bien sûr les codes d'éthique ont leurs limites et ils n'empêchent pas que certains professionnels salissent la profession ou se complaisent à ne pas respecter un code qu'ils apparentent à une « loi ». La morale n'est pas une science dure et le bien et le mal se définissent culturellement. La souffrance ne se mesure pas.

Le code d'éthique fait confiance en l'Homme.

B.3 Démarche de l'hygiène du travail

La démarche de l'hygiène du travail s'appuie sur l'existence d'une relation de cause à effet entre un procédé, une nuisance et des effets sur la santé. L'hygiène du travail repose donc sur l'application séquentielle de 4 étapes fondamentales : l'anticipation, l'identification, l'évaluation et la maîtrise des risques. Les résultats obtenus dans les 3 premières étapes sont la base de l'analyse de risque en santé au travail. Ils sont souvent intégrés dans une matrice de risque pour l'établissement de priorités pour les actions préventives.

L'idée traditionnelle de l'hygiène du travail repose sur le concept que les effets sur la santé proviennent essentiellement d'une cause spécifique. Par exemple la surdité est provoquée par une exposition excessive au bruit, la silicose est due à une trop forte exposition à la poussière de quartz, et l'asthme des boulangers est à mettre en relation avec la farine ou un de ses composants. Ce concept est représenté dans la *Figure B.1*, qui indique où se situent les différentes étapes de la démarche de l'hygiène du travail.

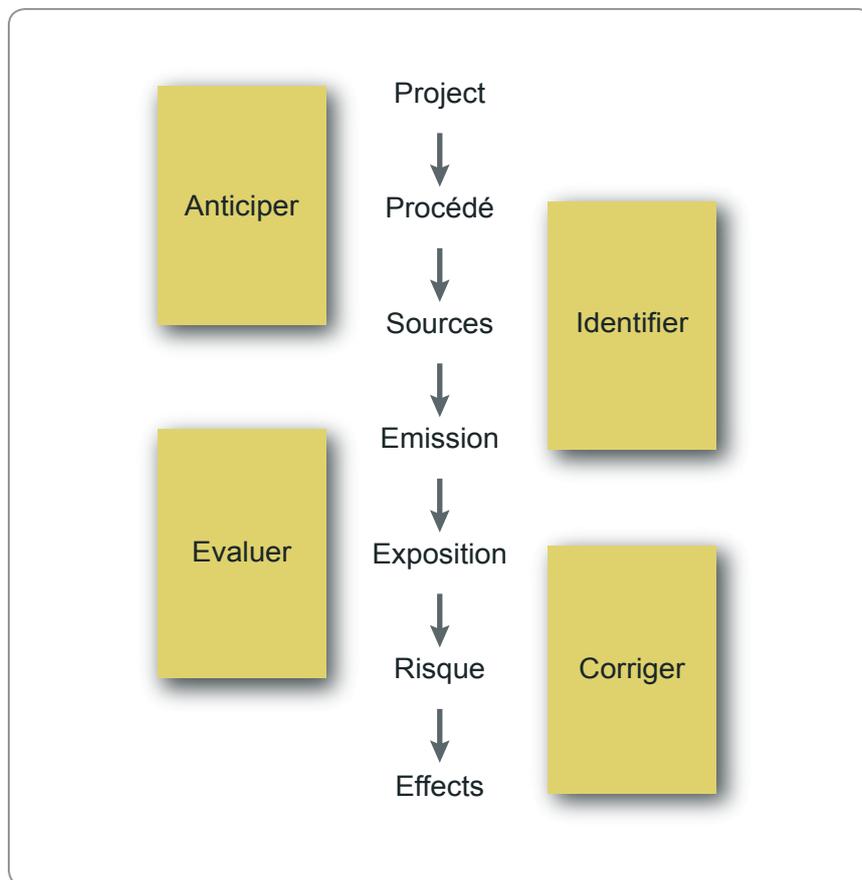


Figure B.1 - Les étapes de l'hygiène du travail dans la chaîne *Project - Effets sur la santé*.

Il y a néanmoins des cas où cette démarche de relation simple de cause à effet n'est pas applicable. En effet, dans certaines situations, on doit reconnaître que les effets sur la santé sont d'origine multifactorielle, et qu'une approche plus holistique ou ergonomique doit être envisagée. Dans ce cas on s'intéresse à évaluer la résultante de plusieurs nuisances et à prendre en compte leurs interactions. Cette situation se retrouve souvent dans les problèmes liés non pas à l'activité, mais à l'environnement construit dans lequel se fait cette activité (situations indoor).

Anticiper

Il est souvent possible de prévoir les dangers, et même leur grandeur avant la mise en route d'une activité ou d'un processus de fabrication. On se base soit sur l'expérience acquise dans des situations similaires, soit sur des méthodes d'analyse a priori d'une activité, comme cela se fait en sécurité. Une fois les dangers potentiels identifiés, l'hygiéniste s'intéressera à estimer, par calcul, ou par comparaison avec d'autres situations connues, l'ampleur probable de l'exposition. Des mesures préventives pourront de cette manière être implantées avant le début de l'activité. Cette approche permet non seulement de réduire les coûts induits par les mesures préventives (ça coûte toujours cher après coup!), mais aussi d'éviter des expositions inutiles.

Identifier

Cette étape de la démarche de l'hygiène du travail est vraisemblablement la plus difficile. D'elle dépend la prise en compte des dangers importants pour la santé. Moins technique que celles qui suivent, elle dépend largement de l'expérience, la perspicacité et l'esprit de détective de celui qui en est responsable. Elle vise deux aspects différents : d'une part détecter la nuisance, d'autre part la caractériser ou mieux définir ses répercussions potentielles sur la santé. Il s'agit de sa gravité.

La détection des dangers repose sur plusieurs éléments essentiels. Tout d'abord une bonne connaissance des procédés de travail, soit par expérience, soit par discussion avec les professionnels de la branche.

Celle-ci doit être complétée par une analyse du travail et de l'activité sur le terrain, en collaboration avec les opérateurs. Il va sans dire qu'il est essentiel de disposer de bonnes sources d'information concernant les dangers associés aux différents métiers, travaux ou procédés. Pour préciser les effets potentiels sur la santé (la gravité), il existe de nombreuses sources d'informations. En premier lieu, il faut penser aux documentations de base ayant servi à l'établissement des normes d'exposition. Celles-ci sont en effet fixées pour prévenir un effet particulier bien défini.

Evaluer

L'évaluation des risques consiste en fait à se prononcer sur la vraisemblance qu'ils se réalisent. Cette démarche contient deux étapes : d'une part il s'agit de mesurer la grandeur de la nuisance, d'autre part il faut comparer ce résultat avec une échelle d'acceptabilité. La première étape est purement technique et se base pour l'hygiène du travail sur l'emploi d'instruments de mesure pour obtenir une estimation objective de l'exposition. Les sens peuvent de cas en cas être utilisés (odorat, ouïe, toucher..) si l'on en connaît leur limite dans la situation considérée. Mais de façon très générale, des instruments sont utilisés. La seconde étape fait appel à des connaissances et des études quantitatives concernant les relations dose-réponse, qui sont pour un certain nombre de nuisances décrites sous la forme de normes d'exposition (en Suisse les Valeurs Moyennes d'Exposition VME et les Valeurs Limites d'Exposition VLE publiées par la Suva). On distingue deux situations. Pour les substances présentant des relations dose – réponse avec un seuil, la norme est choisie avec un facteur de sécurité de manière à protéger l'ensemble des travailleurs. Pour les substances ne présentant pas de seuil (les cancérigènes par exemple), la norme est fixée en admettant un risque résiduel jugé acceptable.

Les démarches présentées jusqu'ici font partie de l'analyse de risque en santé au travail. Les informations obtenues pour un danger (gravité, exposition par rapport à une norme) peuvent être intégrées dans une matrice de risque. Celle-ci sert notamment à comparer différents risques pour l'établissement de priorités d'action préventive. On peut d'ailleurs intégrer sur la même matrice les risques chroniques (objet de l'hygiène du travail) avec les risques aigus (objet de la sécurité du travail).

Lorsque l'exposition est jugée trop élevée par comparaison avec des normes ou aux autres critères d'évaluation, il s'agit d'intervenir pour diminuer l'exposition. On distingue 3 types d'approche pour la réduction de l'exposition. En premier lieu, on peut agir à *la source*, c'est-à-dire modifier le travail afin de supprimer la nuisance. Il ne s'agit bien évidemment pas de supprimer l'activité ou le processus, mais de le modifier pour qu'il ne produise plus la nuisance incriminée. Une deuxième approche consiste à agir *sur le trajet vers la cible* en empêchant la propagation de la nuisance jusqu'au travailleur. Dans le troisième cas, l'action a lieu *au niveau de la cible*, le travailleur, en le protégeant directement par des protections personnelles. Chacune de ces 3 approches a ses propres avantages et inconvénients, et est adaptée à certaines situations. Néanmoins on admet généralement qu'il est préférable d'agir à *la source* ; et que si ce n'est pas possible d'intervenir sur le trajet vers la cible, en dernier recours on agira *au niveau de la cible*. A ces 3 niveaux s'ajoutent bien sûr la formation et l'information, la connaissance du risque étant déterminante lorsque le comportement du travailleur peut influencer l'exposition.

B.4 Méthode d'analyse des risques

L'analyse de risque, démarche préalable nécessaire à la gestion des risques proprement dite, est une démarche systématique visant à évaluer objectivement les risques encourus. Il existe de nombreuses méthodes d'analyse, basées sur des modèles de l'accident plus ou moins complexes, qui sont utilisables dans le domaine industriel. Ces méthodes, essentiellement axées sur les procédés techniques et/ou orientées produits, ne sont pas bien adaptées à la problématique de la santé au travail, qui nécessite des outils particuliers.

Introduction

Le respect des normes et recommandations en vigueur en matière de santé au travail devrait, en principe, garantir des conditions d'hygiène et de sécurité convenables. Dans la pratique, la situation est sensiblement plus complexe. L'évolution rapide de l'état de l'art, le nombre et la diversité des recommandations nationales ou internationales existantes, ainsi que la spécialisation croissante des places de travail font qu'il est difficile de garantir une adéquation entre les risques réels encourus et les mesures préventives adoptées.

Choisir les mesures préventives adéquates ou, en d'autres termes, gérer le risque, nécessite, au préalable, la connaissance objective des risques encourus. Entendons par là qu'il faut avoir qualifié, d'une façon aussi systématique que possible, les situations dangereuses associées à la place de travail et qu'il faut en avoir quantifié le risque, sur la base d'une échelle unique. Cette évaluation est l'objet même de l'analyse de risque.

Méthodologie

Les premières méthodes systématiques d'analyse de risque, telles que FTA (Fault-Tree Analysis) ou FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) ont été développées dans les domaines militaires et nucléaires dans les années septante. Depuis, ces techniques se sont diversifiées et développées dans des domaines très variés (transports, industrie,...). Il existe à l'heure actuelle un grand nombre de méthodes, qui se distinguent, par exemple, par leurs objectifs, leurs domaines d'application, ou le modèle théorique de l'accident auxquelles elles se réfèrent.

Malgré la grande variété possible dans les démarches d'évaluation, il existe quelques éléments de base, communs à presque toutes les analyses. L'un d'entre eux est l'adoption d'une systématique d'identification des situations dangereuses, basée non pas sur l'intuition ou l'expérience, mais sur un processus standardisé (check-lists, mots-clefs, induction de déviations type). Il existe aussi un consensus quand à la définition quantitative du risque.

Le risque **R** est défini comme le produit de la probabilité d'occurrence **P** (ou survenance) d'un événement indésirable et de la gravité des dommages **G** : $R = P \cdot G$

Les critères d'appréciation de la gravité des dommages peuvent eux varier sensiblement selon l'objet analysé : atteintes à la santé, pertes financières, dommages matériels, atteinte à l'image publique,...

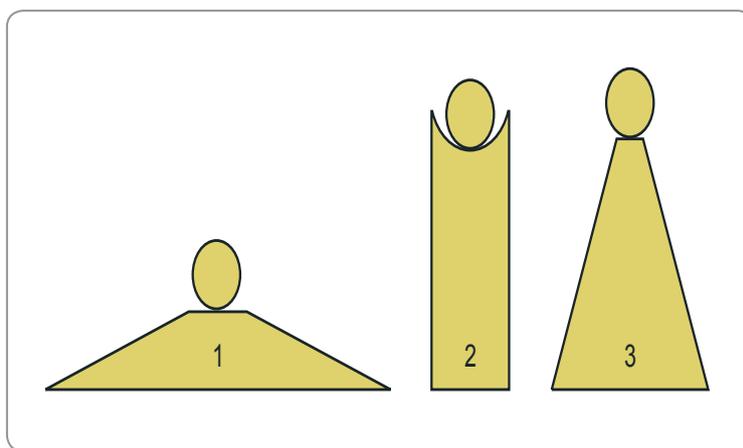


Figure B.2: Exemple de la chute d'un objet sphérique 1. probabilité élevée, dommage faible = risque moyen, 2. probabilité faible, dommage élevé = risque moyen, 3. probabilité élevée, dommage élevé = risque élevé

Une méthode d'analyse en santé au travail

Dans le domaine de la santé au travail, c'est le risque d'atteinte à la santé des travailleurs qui constitue le point focal de l'analyse. Deux types d'atteintes, qui constituent les cas extrêmes de la multitude des situations possibles, peuvent être considérées. L'atteinte aiguë (ou accidentelle) d'une part, résultant d'un événement soudain, inattendu et involontaire. L'atteinte chronique d'autre part, pouvant résulter de l'exposition durable ou répétée à une nuisance.

La complexité de l'analyse en santé au travail réside probablement dans l'évaluation, selon une échelle commune, des différentes atteintes et expositions possibles. Il est par exemple difficile de comparer quantitativement les risques encourus à long terme par des horaires de travail irréguliers avec les risques d'intoxication aiguë résultant de la manipulation de produits toxiques.

Comme dans les autres domaines d'application, il n'existe pas de méthode universelle. Il est possible d'utiliser des démarches spécifiques au domaine de la sécurité et de la santé au travail, ou d'adapter des méthodes existant dans d'autres domaines d'application. Dans ce chapitre, nous nous contenterons de présenter brièvement une démarche spécifique aux risques professionnels, fréquemment employée à l'Institut universitaire romand de Santé au Travail (IST). Initialement développée par Jean Parrat (hygiéniste du travail, travail de diplôme CPST), cette méthode a ensuite été modifiée et mise au point en collaboration avec l'IST.

Identification des dangers

Les sources de danger présentes à la place de travail sont identifiées, lors d'une visite de poste, au moyen d'une check-list. La liste utilisée regroupe les sources de danger associées à des énergies (mécanique, physique, chimique, électrique, biologique, feu) ainsi que les nuisances relatives à l'environnement du poste de travail ou à l'activité (aménagement du poste de travail, bâtiment, horaires, charge physique, charge mentale,...).

Evaluation de la gravité des dommages G

Les dommages résultant d'atteintes accidentelles et chroniques sont évalués sur une échelle unique allant de 1 à 5. Seuls les dommages les plus (raisonnablement) graves sont pris en considération. Le niveau ou la durée d'exposition n'est pas considéré dans l'évaluation de la gravité des dommages

	Cat.
Catastrophique	5
Critique	4
Importante	3
Marginale	2
Négligeable	1

	Cat.	Aigu
Très élevée	5	←
Elevée	4	
Modérée	3	
Faible	2	
Négligeable	1	

Evaluation de la survenance P

L'évaluation de la survenance des cas chroniques et des cas aigus est réalisée au moyen de deux échelles distinctes (catégorisées de 1 à 5).

Pour les cas aigus, on évalue, comme dans la plupart des méthodes d'analyse de risque, la probabilité d'occurrence de l'événement (exprimée en nombre de cas par unité de temps).

Pour les risques chroniques, la survenance des cas est évaluée par rapport à une dose acceptable (norme ou recommandation) relative à la nuisance considérée. La durée, la fréquence d'exposition du travailleur, ainsi que le niveau de la nuisance à la place de travail sont donc pris en compte.

	Cat.	% par rapport à une "norme"
Très élevée	5	> 100 %
Elevée	4	< 100 %, >50%
Modérée	3	< 50 %, >25%
Faible	2	< 25 %, >10%
Négligeable	1	< 10 %

Evaluation du risque

Le risque associé à une situation dangereuse est déterminé en combinant les indices de survenance et de gravité des dommages.

survenance P	5	10	15	20	25
	4	8	12	16	20
	3	6	9	12	15
	2	4	6	8	10
	1	2	3	4	5
gravité G					

Trois catégories de risque sont présentes dans la matrice de risque: les risques faibles (1 à 4), les risques intermédiaires (5 à 9) qu'il est souhaitable de réduire, et les risques élevés (10-25), pour lesquelles des mesures de prévention sont nécessaires.

Bibliographie

- Favaro M., Monteau M. *Bilan des méthodes d'analyse a priori des risques*. INRS, Nancy, Service Accidentologie. 1990.
- Droz P-O., Loth S., Mann S., Parrat J., *L'Analyse de risque en santé au travail, contribution de l'hygiéniste du travail*. Revue médicale de la Suisse Romande, 119, 565-568, 1999.
- Gaudet C., *Un état de la situation par rapport aux pratiques d'analyse de risque en usage (Les processus d'appréciation des risques associés aux machines industrielles)*. IRSST, 2004.

C Identification des dangers

C.0 Méthodes

Etape préliminaire, mais capitale de toute investigation détaillée, l'identification des dangers ne se limite pas à aux observations réalisées lors d'une visite de poste. C'est qu'il s'agit d'embrasser, au-delà de l'aperçu ponctuel, les sources de dommages de l'ensemble des gestes, processus et conditions de travail de l'activité professionnelle.

Introduction

L'identification des dangers inhérents à un processus ou à une place de travail est une étape préliminaire, mais capitale, de l'analyse et de la gestion du risque. Deux raisons la rendent particulièrement importante.

- Une identification erronée ou lacunaire des dangers conduira à une évaluation et à une gestion incorrecte des risques professionnels. Outre les implications éthiques liées au risque résiduel (risque accepté + risque non-identifié), cette erreur peut conduire à des investissements mal ciblés en matière de mesures de prévention.
- En termes de prévention, il est sensiblement plus avantageux d'agir directement sur le danger, c'est à dire sur la source de dommage, que sur les événement déclencheurs ou leurs conséquences. En règle générale, seule l'élimination d'un danger permet d'écartier tout risque d'atteinte à la santé (sécurité intrinsèque). A contrario, agir sur le phénomène dangereux ou le dommage ne permet souvent que de réduire la probabilité d'occurrence ou la gravité des conséquences sans éliminer totalement le risque.

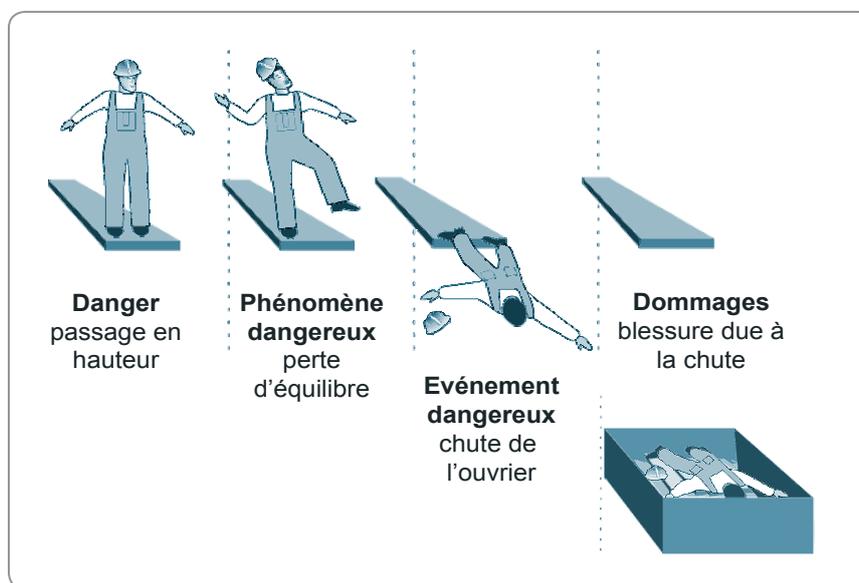


Figure C.1: Illustration schématique de la chaîne danger - dommages^[1]

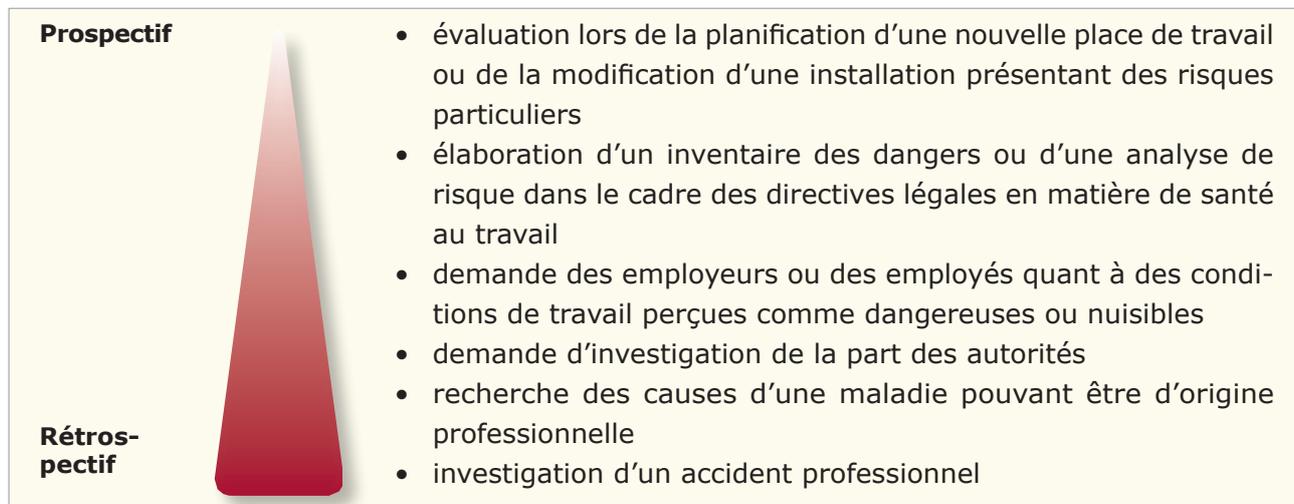
Par **danger**, on entend un état ou une circonstance susceptible de provoquer des dommages humains, matériels, à l'exploitation ou à l'environnement. Il convient de distinguer le danger, qui est une source de dommage, du **phénomène dangereux** et de **l'événement dangereux**, qui sont les processus par lesquels le dommage survient.

¹ Encyclopédie de Sécurité et de Santé au Travail, vol. II Les Risques Professionnels, BIT (2000)

Pour être aussi exhaustive que possible, l'identification des dangers doit être réalisée de façon systématique. La méthode la plus couramment utilisée consiste à utiliser une check-list. L'ensemble des dangers ou des sources d'énergie possibles, couvert par la check-list, est passé en revue au cours d'une visite du poste de travail.

Les raisons d'une identification des dangers

La conduite d'une identification des dangers n'est pas seulement réalisée dans le cadre de l'analyse de risque. En fait, le recensement des dangers est fréquemment réalisé lors de la visite des postes de travail par l'hygiéniste du travail ou l'ingénieur de sécurité. Les motifs de cette démarche peuvent être purement préventifs, lorsqu'il s'agit d'identifier des sources potentielles de problèmes, ou rétroactifs, lorsqu'il s'agit de chercher la source d'un problème existant. Quelques exemples de motifs justifiant une identification des dangers sont présentés ci-dessous.



Visite de poste de travail

Pour les raisons évoquées en introduction, il est nécessaire que l'inventaire des dangers identifiés soit aussi complet que possible. Or l'aperçu obtenu lors d'une visite de poste ne fournit qu'une vue partielle de l'ensemble des gestes, processus et conditions de travail constituant l'activité.

La présence d'un observateur peut influencer sur les gestes et processus de travail de façon significative. Il est par ailleurs probable qu'une visite ponctuelle ne donnera qu'un aperçu des processus normaux de travail, occultant les processus particuliers, moins fréquents, mais pouvant présenter des dangers importants ou des risques accrus d'accidents. On notera aussi que, la fréquence des activités et la cadence de travail peuvent considérablement varier en fonction, par exemple, de la demande des clients, de la saison ou de la polyvalence de l'activité elle-même.

L'environnement et les conditions de travail peuvent eux aussi varier considérablement dans le temps. Les conditions de renouvellement d'air par exemple, qui sont déterminants pour l'exposition aux gaz, vapeurs et aérosols, sont influencés par les conditions climatiques extérieures ou les conditions d'utilisation des locaux (portes ouvertes ou fermées).

Pour ces raisons, la visite de poste ne doit pas se limiter à l'observation d'une situation ponctuelle, mais au contraire embrasser l'ensemble de l'activité, par l'appel à de multiples sources d'information. Un aperçu d'une démarche complète est présentée ci-dessous :

avant la visite

Connaissances préalables :

- des processus/procédés
- de leurs principaux dangers
- des maladies et accidents s'y rapportant

durant la visite

Collecter, avec la participation des personnes concernées (travailleur, chef d'atelier) des informations sur :

- les opérations normales
- les opérations particulières (nettoyage, réparations,...)
- l'historique des accidents/maladies professionnels
- la fréquence de l'activité
- l'environnement de travail (climat, bruit ambiant,...)
- les produits/matériaux utilisés

Identifier les dangers

- check-lists: dangers, énergies,...

après la visite

Décider de :

- faire appel à des spécialistes pour analyser les nuisances cachées ou complexes
- investiger, mesurer, évaluer
- proposer des mesures préventives

Utilisation des listes de dangers et risques cachés

Pour être aussi exhaustive que possible, l'identification des dangers doit être réalisée de façon systématique. Pour cela, il n'est généralement pas nécessaire d'aller jusqu'au démarrage d'une véritable analyse de risque inductive de type AMDE ou HAZOP. La méthode la plus couramment utilisée consiste à utiliser une liste de dangers type. L'ensemble des dangers ou des sources d'énergie présents sur la liste est alors passé en revue au cours d'une visite du poste de travail.

Les listes de dangers, qui sont soit basées sur les connaissances acquises lors de l'évaluation de systèmes similaires ou sur l'énumération systématique des sources d'énergie potentiellement dommageables, permettent d'accroître considérablement l'efficacité de la démarche. Elles permettent en effet d'identifier de façon structurée les dangers cachés du processus. Il peut s'agir d'une part de dangers "invisibles" lors de la visite de poste, par exemple parce qu'associés à des activités peu fréquentes, mais aussi de dangers liés à des produits secondaires ou des anomalies de fonctionnement (p.ex. impuretés, formation accidentelle de produits...).

Bibliographie

-
- **Droz P-O., Loth S., Mann S., Parrat J.**, *L'Analyse de risque en santé au travail, contribution de l'hygiéniste du travail.*, Revue médicale de la Suisse Romande, 119, 565-568, 1999.
 - **BIT**, *Encyclopédie de sécurité et de santé au travail.*, Genève, 2000-2004.
 - **INRS.**, "Le point des connaissances sur... l'évaluation des risques"., ED 5018, 2005.

C.1 Etiquetage des produits chimiques

Pour les produits chimiques, l'identification des dangers est possible grâce à l'étiquetage de l'emballage, qui propose une symbolique admise sur le plan international, par la Fiche de Données de Sécurité fournie par le fabricant, qui offre des indications complémentaires et plus détaillées selon un schéma déterminé, et également par la consultation de répertoires et bases de données recensant des données factuelles et bibliographiques sur un nombre important de produits chimiques.

Etiquetage des produits dangereux

L'étiquetage est la première information, essentielle et concise, fournie à l'utilisateur sur les dangers et les précautions à prendre lors de l'utilisation d'un produit dangereux. Il comprend obligatoirement un certain nombre d'informations relatives à la sécurité du produit. Ce sont notamment:

- La désignation ou le nom commercial de la substance ou de la préparation.
- Des indications sur la composition du produit
- Des indications sur la toxicité du produit
- Les symboles internationaux, qui représentent les risques les plus sérieux présentés par le produit.
- Les mesures de protection et de premier secours nécessaires (phrases de risques et conseils de prudence).

La présentation de ces informations peut changer selon la nomenclature utilisée ou selon les fournisseurs. Toutefois un effort a été fait depuis longtemps pour harmoniser la présentation des informations. Ceci a eu lieu à plusieurs niveaux internationaux : EU, IPCS qui regroupe BIT, OMS et PNUE, IOMC qui elle représente 7 organisations des nations unies et qui met en œuvre le chapitre 19 de l'Agenda 21 (Rio 1992).

Les symboles internationaux

Noirs sur fond orangé, ils correspondent aux dangers particuliers présentés par les produits (toxique, nocif, irritant, comburant, corrosif, explosif, inflammable, radioactif, cancérogène, risques biologiques, risques pour l'environnement).



C Corrosif Produit pouvant exercer une action destructrice sur les tissus vivants (peau, muqueuses) et sur les matériaux

Figure C.2: Exemple de symbole de danger pour un produit corrosif

Ces symboles internationaux sont présentés dans de nombreux documents ou sur des sites internet (par exemple <http://www.123bio.net/pensebete/tox.html> et <http://www.ame-lr.org/publications/dechets/toxiques/fichprod/symbole.htm>)

Les phrases de risques et conseils de prudence

On utilise une nomenclature conventionnelle pour faire référence à des risques (phrases R) ou à des mesures de précautions particulières (phrases S). Numérotés de R 1 à R 67 et de S 1 à S 64, les codes utilisés correspondent à des phrases types; ils sont également utilisés en combinaisons.

Par exemple:

- R 15/R 29 Au contact de l'eau, dégage des gaz toxiques et extrêmement inflammables
- S 60 Eliminer le produit et son récipient comme un déchet dangereux

La liste complète des phrases R et des phrases S se trouve dans de nombreux documents. Par exemple elles sont en français sur le site: <http://www.123bio.net/pensebete/phrasess.html>

La fiche de données de sécurité (FDS)

On peut trouver des informations complémentaires concernant les dangers pour la santé et l'environnement, ainsi que des indications sur les moyens de protection et les mesures à prendre en cas d'urgence sur **la fiche de donnée de sécurité (FDS)** (Material Safety Data Sheet, MSDS en anglais). Le fabricant a l'obligation de fournir à tout acquéreur qui utilise à titre professionnel ou commercial des substances dangereuses pour l'environnement une FDS, au plus tard lors de la première remise et, sur sa demande, lors de remises ultérieures de telles substances. Elle doit être remise gratuitement à l'acquéreur dans les langues officielles de son choix. L'émission et le contenu de la FDS restent sous la responsabilité du fabricant du produit concerné; c'est pourquoi il peut y avoir des différences notables entre deux fiches pour un même produit, notamment quant à la qualité des informations répertoriées: erreurs, confusions, omissions, informations incorrectes ne sont pas rares et peuvent mener à de graves conséquences pour la santé et la sécurité des travailleurs. Il s'agit donc d'aborder les FDS avec un œil vigilant. La FDS doit comporter les données suivantes:

1. L'identification du produit chimique et de l'entreprise;
2. Les informations sur les composants, notamment leur concentration ou leur gamme de concentration;
3. L'identification des dangers;
4. La description des premiers secours à porter en cas d'urgence;
5. Les mesures de lutte contre l'incendie;
6. Les mesures à prendre en cas de dispersion accidentelle;
7. Les précautions de stockage, d'emploi et de manipulation;
8. Les procédures de contrôle de l'exposition des travailleurs et les caractéristiques des équipements de protection individuelle adéquats;
9. Les propriétés physico-chimiques;
10. La stabilité du produit et sa réactivité;
11. Les informations toxicologiques;
12. Les informations écologiques;
13. Des informations sur les possibilités d'élimination des déchets;
14. Les informations relatives au transport;
15. Les dispositions réglementaires relatives en particulier au classement et à l'étiquetage du produit;
16. Toutes autres informations disponibles pouvant contribuer à la sécurité ou à la santé des travailleurs et à la protection de l'environnement.

Un très grand nombre de sites internet recensent les FDS mises à disposition par les fabricants ou regroupées par des divers organismes. La majorité des FDS ainsi accessibles sont en anglais, mais on peut aussi en trouver un certain nombre en français. Voici quelques sites portails:

- <http://www.uvp5.univ-paris5.fr/UVMED/TRAV/FDS/FDSFR1.asp> FDS en français
- <http://www.ilpi.com/msds/index.html> Where to find MSDS on the Internet: recense les sites avec le nombre de MSDS disponibles

Les répertoires et bases de données

Pour obtenir des informations plus approfondies notamment quant à la toxicité/toxicologie, les propriétés physico-chimiques ou les valeurs limites d'exposition d'un produit chimique, on peut consulter les ouvrages, sites internet ou bases de données suivantes (liste non exhaustive!):

Fiches toxicologiques de l'INRS: en langue française, version papier ou:

<http://www.inrs.fr/dossiers/fichtox/somft.htm>

IPCS Inchem: service internet gratuit offrant des informations sur les produits chimiques communément utilisés dans le monde entier: <http://www.inchem.org> (également sur CD-ROM, mais payant)

NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards: valeurs limites d'exposition, méthodes analytiques et autres données, compilées par le NIOSH: version papier ou:

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

Patty's Toxicology, 5th ed., New York : J. Wiley, 2001: 8 vol. de données axées sur la toxicologie professionnelle et un vol. d'index.

Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (RTECS): base de données compilée par le NIOSH: CD-ROM ou: <http://ccinfoweb.ccohs.ca/rtecs/search.html>, (payant).

Système d'Information sur les Matières Dangereuses Utilisées au Travail (SIMDUT):

base de données en français du Service du répertoire toxicologique canadien:

<http://www.reptox.csst.qc.ca/RechercheProduits.asp>

Toxnet: bases de données factuelles et bibliographiques de la National Library of Medicine dans le domaine de la toxicologie: <http://toxnet.nlm.nih.gov/>

D Evaluation des risques

D.0 Généralités

D.0.1 Stratégie

Il est important de réaliser que l'exposition d'un travailleur varie fortement au cours du temps en fonction du niveau de production, des méthodes de travail, de la présence et de l'efficacité des moyens préventifs, etc. Puisqu'il est rarement possible de mesurer l'exposition à chaque moment, il est important d'adopter une stratégie qui permette, même sur la base d'un nombre restreint de résultats, de prendre des décisions, notamment en comparant aux normes en vigueur. Dans le même contexte il est aussi crucial, parallèlement à l'activité de mesure, d'observer les facteurs d'influence puisque c'est justement sur ceux-là que l'on pourra agir si nécessaire pour réduire l'exposition.

La démarche d'évaluation de l'hygiéniste du travail se concentre souvent à tort sur la mesure elle-même et ses aspects techniques. Pourtant les résultats obtenus ne seront définitivement utiles que s'ils s'intègrent dans une stratégie adaptée à la question posée, notamment à cause de la variabilité temporelle des expositions. La stratégie doit intégrer des paramètres tels que : l'objectif des mesures (mesures rétrospectives, mesures prospectives, tests de l'efficacité de mesures préventives), la nature des contaminants et leurs effets sur la santé, les méthodes de mesures et leurs caractéristiques, le nombre de personnes concernées, et la nature de l'exposition (constante, intermittente, accidentelle...). Tous ces éléments doivent être définis avant d'entreprendre des investigations pour une évaluation de l'exposition. Pour la comparaison de l'exposition à des substances chimiques avec une norme, certains de ces conseils ont été établis sous la forme d'une Norme Européenne (EN 689). Par extension, et en l'absence de stratégie générale, ces conseils pourraient aussi s'appliquer aux autres nuisances que l'on rencontre sur la place de travail.

La *Figure D.1* ci-dessous présente de façon schématique l'évolution de l'exposition au cours du temps pendant une journée de travail. On y trouve les résultats que l'on obtiendrait avec un instrument à lecture directe, des prélèvements d'échantillons séquentiels, ainsi que la moyenne pour la journée. On constate donc que les résultats sont bien différents suivant l'approche utilisée.

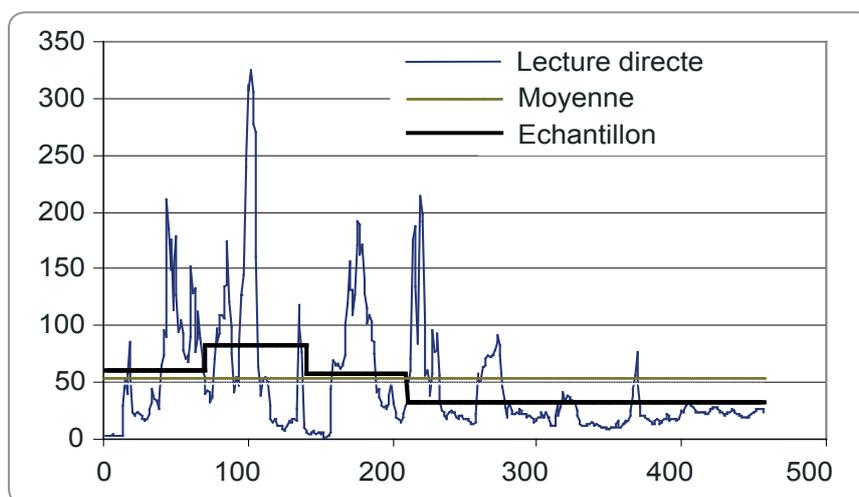


Figure D.1: Différents types de mesures d'exposition sur une journée de travail

Dans l'évaluation de l'exposition, il faut tout d'abord distinguer 2 situations différentes :

- l'évaluation de l'exposition, qui est une étape initiale permettant de définir si l'exposition est acceptable ou non,
- les mesures ou évaluations périodiques qui ont pour but de s'assurer que les conditions d'exposition n'ont pas changé.

La première étape se fait au début de l'évaluation d'une situation de travail, ou lors d'un changement important. Il s'agit de collecter suffisamment d'informations (substances manipulées, impuretés, produits de réaction, méthode de travail, préventions en place...) pour établir et caractériser l'exposition. Dans cette étape, on s'aidera de connaissances obtenues dans des situations similaires (registres d'exposition, littérature), ou de modèles de calcul (modélisation de l'exposition). Si ces éléments ne suffisent pas à décider que l'exposition est nettement inférieure à la norme, alors des mesures seront entreprises. Dans cette réflexion il ne faut pas oublier que l'exposition est souvent à plusieurs dangers simultanément, et qu'il faudra prendre en compte cet effet de mélange.

Si l'on doit procéder à des mesures, il faut se définir sur le choix d'un certain nombre de paramètres, tels que emplacements de mesures, formation de groupes homogènes pour réduire la variabilité des résultats, méthode et durée de mesure, activité lors des mesures (situation représentative ou worst-case). Un protocole de mesure sera établi contenant ces éléments et les observations de l'environnement de travail afin de documenter au mieux le résultat. Pour la mesure elle-même on distingue plusieurs approches différentes. On peut procéder à des mesures continues de la concentration à l'aide d'un instrument à lecture directe, on peut faire des mesures ponctuelles à un instant donné, ou on peut faire des mesures moyennes, ou intégrées dans le temps, avec des prélèvements sur une certaine durée. L'emplacement de mesure est aussi critique. On procède si possible à des mesures sur le travailleur lui-même si l'objectif est l'évaluation du risque, par contre dans d'autres cas on pourra préférer des mesures en postes fixes à des endroits bien définis et choisis.

Pour comparer le résultat obtenu avec la norme ou un autre critère de décision, il est important de prendre conscience que le résultat est entaché d'une incertitude, provenant de l'erreur de mesure, mais surtout de la variabilité de l'environnement, et des différences entre opérateurs. Pour se prémunir contre une décision erronée, on définit alors un nouveau critère de décision (Action Level) à une fraction de la norme, généralement à 50% mais dans certains cas aussi à 10% pour avoir une marge statistique suffisante. L'interprétation du résultat conduit alors à 3 situations distinctes:

- le résultat est inférieur à l'Action Level, l'exposition est donc jugée inférieure à la norme (avec la confiance statistique définie dans l'Action Level),
- le résultat est supérieur à l'Action Level mais inférieur à la norme, aucune décision ne peut formellement être prise dans ces conditions, d'autres investigations sont nécessaires pour préciser l'exposition; suivant les cas on décidera de prendre des mesures préventives jusqu'à ce que l'on se trouve dans le premier cas ci-dessus,
- le résultat est supérieur à la norme, l'exposition est dans ce cas jugée trop élevée et inacceptable.

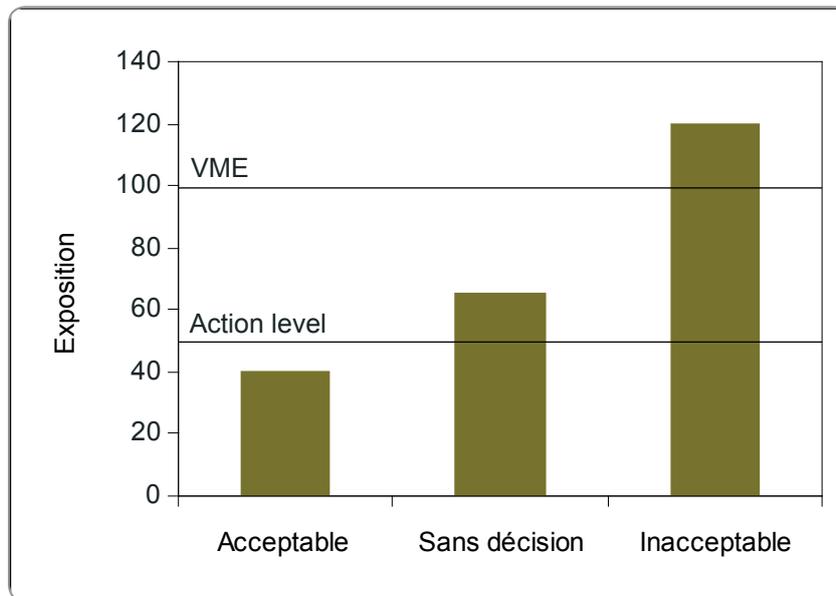


Figure D.2: Interprétation des mesures d'exposition et prise de décision

Une fois que l'exposition a été jugée acceptable, éventuellement après l'introduction de préventions adéquates, il s'agit de s'assurer que cette situation perdure. A nouveau il faudra définir une stratégie de surveillance tenant compte d'un certain nombre de facteurs critiques, tels que la présence d'éventuels cycles dans le procédé, les conséquences pour la santé d'une déviation (effets aigus ou chroniques), le temps nécessaire pour corriger la situation, les possibilités techniques et financières. Il existe des outils statistiques pour une analyse rigoureuse des résultats et des recommandations sont données dans la norme EN 689 mentionnée ci-dessus.

La surveillance de l'exposition au cours du temps peut aussi reposer sur d'autres paramètres que sa mesure directe. On peut par exemple surveiller des aspects techniques plus simples à mesurer qui ont été mis en évidence comme facteurs lors de l'évaluation initiale (niveau de production, température, état des moyens de prévention, débit de ventilation...). La surveillance des bâtiments contenant de l'amiante représente un bon exemple de cette approche. En effet pour s'assurer que l'exposition aux fibres n'augmente pas d'année en année, on peut s'aider d'une check-list qui permet de contrôler les déterminants de l'exposition (structure superficielle du flocage, état de la surface, occupation du local).

Finalement, lorsque l'on procède à des mesures d'exposition, il est essentiel de les associer à une description exhaustive des méthodes de mesure et des conditions qui existaient lors de ces mesures. Il faut donc les documenter de façon précise en les faisant figurer dans le rapport de mesure: méthode, stratégie utilisée, activité lors de la mesure, emplacement, préventions en place, etc. Toutes ces informations peuvent alors être centralisées dans une base de donnée anonyme pour devenir un registre de mesure, utile pour l'évaluation a priori de nouvelles situations similaires.

Bibliographie

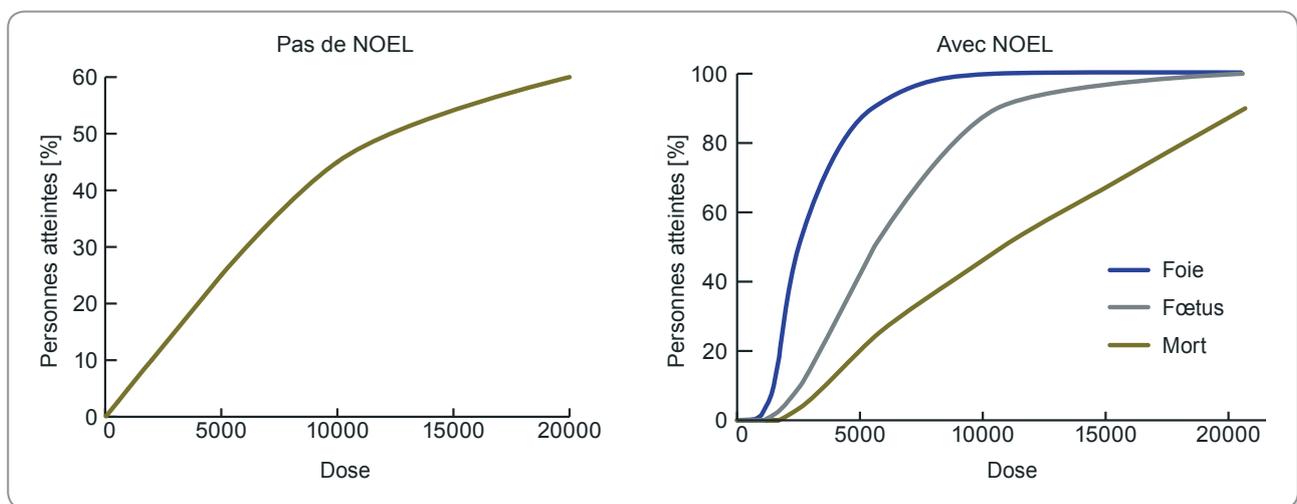
- **BOSH**, *Sampling strategies for airborne contaminants in the workplace. Technical Guide No 11*, H and H Scientific Consultants Ltd ed, UK, 1993
- **CEN**, *Workplace atmospheres: Guidance for the assessment of exposures to chemical agents for comparison with limit values and measurement strategy*, EN 689 Bruxelles, 1992

D.0.2 Normes

L'évaluation de l'exposition aux nuisances requiert d'une part la mesure ou l'estimation de son niveau, d'autre part la comparaison de celui-ci avec un niveau de référence acceptable. On distingue 2 types de situations : celles avec une relation dose-réponse avec seuil et celles sans seuil (substances cancérigènes, radiations ionisantes). Les normes se basent sur des connaissances expérimentales, sur les expériences acquises pendant leur emploi (études épidémiologiques), ainsi que sur des estimations par analogie et modélisation. En Suisse, de telles normes sont édictées par la SUVA tous les 2 ans. Elles concernent surtout les substances chimiques et un certain nombre de facteurs physiques.

L'évaluation de l'exposition aux nuisances requiert d'une part la mesure ou l'estimation de son niveau, d'autre part la comparaison de celui-ci avec un niveau de référence acceptable. Ce niveau peut prendre dans certains cas la forme d'une norme à base légale, mais de façon générale, il représente un guide pour l'interprétation des résultats obtenus dans le cadre d'investigations d'hygiène du travail. L'évaluation des résultats ne doit pas se borner à une simple comparaison mathématique de 2 nombres, car ceux-ci sont entachés d'une large incertitude. Cette incertitude doit être prise en compte par une stratégie adaptée telle celle proposée dans la norme EN 689.

Les normes d'exposition reposent sur le principe de l'existence d'une relation entre la dose d'exposition et la fréquence d'apparition d'une atteinte sur la santé, jugée comme critique dans le processus de détermination de la norme. Il s'agit souvent de la plus faible perturbation pouvant avoir des conséquences pour la santé (perturbation biochimique, modification fonctionnelle...). Cette relation dose-réponse peut prendre des formes différentes comme cela est indiqué dans la Figure D.3.



Dans le premier cas, l'existence d'un seuil rend l'établissement d'une norme relativement aisé. En effet il suffit de se placer au-dessous de ce niveau (avec une certaine marge de sécurité à définir), pour protéger les travailleurs. Dans cette situation, la grande majorité des travailleurs sera protégée, à l'exception des individus particulièrement sensibles, personnes allergiques par exemple.

Pour le second cas, on constate qu'il n'est pas possible de définir un niveau sans risque puisque la courbe passe par l'origine. La probabilité d'une atteinte baisse avec le niveau d'exposition,

mais n'est jamais nulle. Il s'agit donc ici de définir un risque acceptable d'atteinte de la santé, qui lui-même servira à fixer la norme. Dans ce cas, même une exposition inférieure à la norme peut présenter un risque. C'est le cas pour les substances cancérigènes et les radiations ionisantes, pour lesquelles on recommande de réduire autant que possible l'exposition.

Les données servant à l'établissement de relations dose-réponse proviennent de 4 types d'études différentes :

- des données épidémiologiques provenant de populations de travailleurs exposés,
- des observations expérimentales sur des sujets humains ou chez l'animal extrapolées à l'homme,
- des données provenant d'expériences sur des cellules in vitro,
- des déductions par analogie ou par simulation mathématique.

Ces informations sont souvent imparfaites et incomplètes et elles limitent donc le nombre de substances ou autres nuisances pour lesquelles il est possible de définir une norme. Ces limitations expliquent aussi pourquoi les normes changent au cours du temps, par la suite de l'amélioration de nos connaissances en la matière. A titre d'exemple on peut citer le cas de l'oxyde d'éthylène, gaz utilisé pour la stérilisation, qui a passé de 50 ppm en 1980 à 1 ppm en 1984. Aux USA on peut aussi mentionner le chlorure de vinyle dont la norme a passé de 500 ppm à 2 ppm en l'espace d'une dizaine d'années. Il est donc essentiel de toujours se référer aux normes les plus récentes.

La plupart des pays établissent des normes ou des recommandations qui ont plus ou moins de force légale. Il faut citer le travail important réalisé aux USA par l'American Conference of Governmental Hygienists (ACGIH) et en Allemagne par la Deutsche Forschungsgemeinschaft. Ces 2 organismes publient annuellement une liste de normes qui n'ont pas directement force légale, respectivement les Threshold Limit Values (TLVs) et les Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK). Des mécanismes différents sont ou ont ensuite été appliqués pour l'introduction de ces normes dans les structures légales. En Suisse, la SUVA est responsable d'édicter de telles normes, en collaboration avec la Commission des valeurs limites de l'Association Suisse de Médecine, Hygiène et Sécurité du Travail. Une liste est publiée tous les 2 ans, qui se base en grande partie sur les normes MAK, et dans certains cas sur les TLV. Pour les substances chimiques principalement, la définition de la norme est la suivante :

1. La Valeur Moyenne d'Exposition (VME) est la concentration moyenne dans l'air des postes de travail en un polluant donné, qui dans l'état actuel des connaissances, ne met pas en danger la santé de la très grande majorité des travailleurs sains qui y sont exposés, et ceci pour une durée de 42 heures hebdomadaires, à raison de 8 heures par jour, pendant de longues périodes.
2. La Valeur Limite d'Exposition (VLE) représente la concentration à ne pas dépasser à court terme, elle est non seulement définie par sa concentration, mais aussi par la durée pendant laquelle elle s'exerce et la fréquence de l'exposition.

La SUVA publie aussi des normes pour les agents physiques pouvant provoquer des maladies professionnelles, en se basant sur une approche similaire. Les Commentaires des Ordonnances 3 et 4 de la Loi sur le Travail représentent aussi une source utile de valeurs de référence en la matière.

Il est important de réaliser que des normes existent pour seulement quelques 600 substances en comparaison des 18 millions de substances chimiques connues. Lorsque des normes ou recommandations font défaut, il s'agit alors soit de se baser sur des valeurs de référence (NOAEL, LOAEL, ...), soit de partir de la littérature scientifique pour établir les éléments d'une relation

dose-réponse. En l'absence de toute information, le principe de ALARA (As Low As Reasonably Achievable) s'applique.

Pour les substances chimiques, les normes en Suisse comportent en plus de la VME et de la VLE un certain nombre d'indications utiles supplémentaires :

- une classification pour le risque foetotoxique : en 4 groupes (A, B, C, D) suivant les dangers pour le fœtus,
- une indication concernant la résorption cutanée : pour indiquer la possibilité d'absorber par la peau (R),
- une indication concernant la possibilité de sensibilisation (allergène) (S),
- une indication de l'action cancérigène (ca),
- une indication de l'existence d'un indicateur biologique (M),
- des indications concernant les sources d'information pour les techniques de mesure.

Finalement, il est important de mentionner que les normes sont faites pour des expositions pures à un seul danger, elles ne prennent en effet pas en compte les expositions combinées qui souvent se produisent. Pour les substances chimiques qui agissent sur le même organe et dont les effets s'additionnent, on utilise généralement la formule :

$$\sum C_i/VME_i \leq 1$$

Lorsque les effets sont indépendants on interprétera les résultats des mesures d'exposition de façon indépendante, tout en gardant à l'esprit les limitations de nos connaissances toxicologiques actuelles.

D.1 Risques chimiques

D.1.1 Toxicologie

Les données toxicologiques représentent un élément essentiel pour l'établissement de critères d'exposition acceptables, mais aussi pour la planification des mesures d'exposition et de la prévention. La toxicologie s'intéresse au devenir d'une substance dans l'organisme (toxicocinétique), aux effets de cette substance sur l'organisme (relations dose-réponse et dose-effets), et aux facteurs influençant la réponse toxicologique (susceptibilité individuelle).

« Dosis sola facit venenum » (Aucune chose en soi n'est toxique, seule la dose fait qu'une chose devient toxique). Cette citation de Paracelse (1493-1541) montre que la nature des effets toxiques et la proportion de personnes affectées, dépendent de l'ampleur de l'exposition. On voit donc que l'évaluation de l'exposition, activité de l'hygiéniste du travail, est essentielle dans la définition et la gestion du risque.

On parle d'intoxication aiguë et d'intoxication chronique en se référant soit à la durée de l'exposition, soit aux effets sur la santé. Ainsi, une exposition aiguë à une substance chimique neurotoxique (d'une durée inférieure à 24 heures) peut provoquer l'apparition d'effets chroniques, par exemple une atteinte permanente du système nerveux. Il est aussi important de distinguer la toxicité locale de la toxicité systémique. La première concerne les actions ayant lieu au point d'entrée ou de contact avec l'organisme, par exemple un irritant respiratoire ou des brûlures cutanées avec un acide. La seconde requiert que le toxique passe dans le sang pour être distribué dans les tissus où il aura des effets néfastes.

Il est important dans la pratique de pouvoir quantifier la toxicité. On utilise 2 types différents de relations : les courbes dose-effets et les courbes dose-réponses. Les figures D.4 et D.5 donnent des exemples de chacune d'entre elles. La courbe dose-effets présente l'évolution de la nature des effets sur la santé en fonction de la dose administrée. Elle permet donc de décrire de façon qualitative le genre d'effets que l'on peut attendre à différents niveaux d'exposition. La relation dose-réponses indique quant à elle, pour un effet spécifique, la proportion de la population exposée qui sera affectée par le toxique.

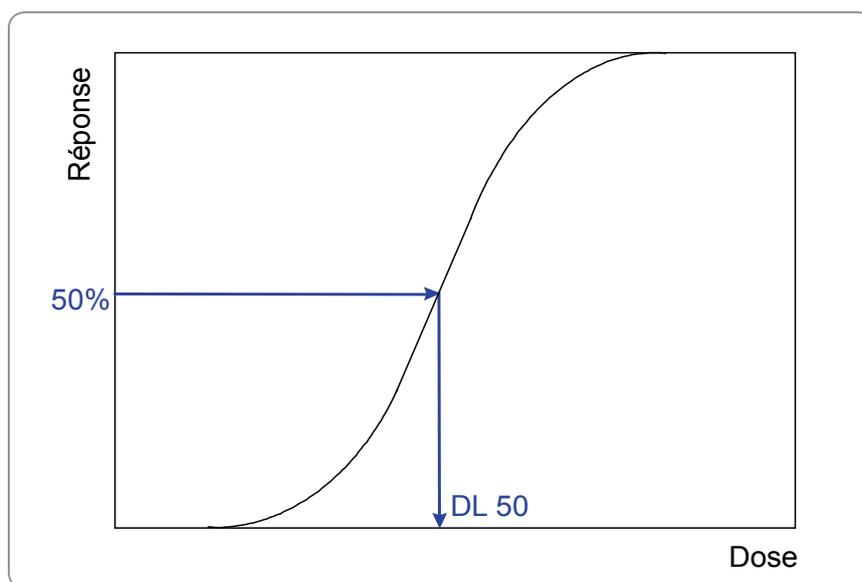


Figure D.4 : Relation dose-réponse pour un effet mortel.

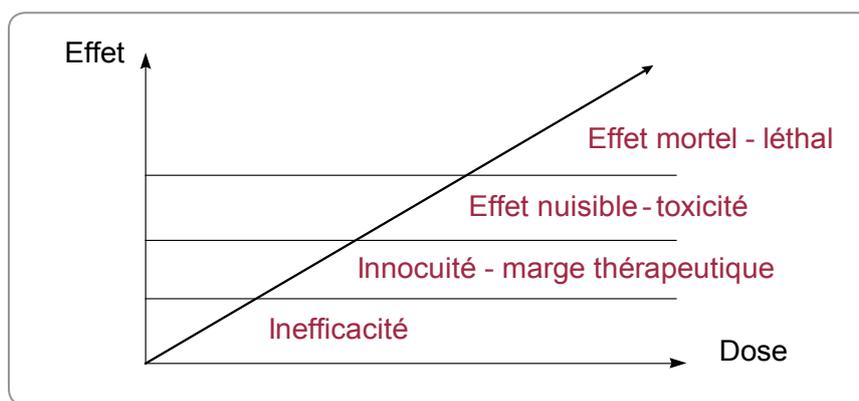


Figure D.5 : Le cas général d'une relation dose-effets

En ce qui concerne les relations dose-réponses pour un effet mortel, on utilise souvent le concept de dose létale 50 (DL50), ou concentration létale 50 (CL50) qui représente respectivement les doses ou concentrations provoquant la mort de 50% des animaux testés, généralement lors d'une exposition aiguë. La DL50 sert actuellement de base principale pour la définition des classes de toxicité en Suisse, selon la Loi sur le Commerce des Toxiques (LTox). Celle-ci sera prochainement remplacée par la Loi sur les Produits Chimiques (Lchim) qui n'utilise plus les classes de toxicité, et est plus proche de la réglementation européenne.

Il existe d'autres critères d'évaluation de la toxicité, souvent plus adaptés et utiles dans le contexte de l'exposition professionnelle. On peut mentionner notamment la concentration IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health), et les VME/VLE (Valeurs Moyennes/Limites d'Exposition) qui sont elles traitées dans le chapitre D.0.2.

L'intensité des effets provoqués par une substance est largement influencée par sa toxicocinétique, c'est-à-dire par les processus d'absorption, de distribution, de métabolisme et d'élimination de la substance. Les voies d'absorption principales en milieu professionnel sont les voies pulmonaires, cutanée et gastro-intestinale. La voie pulmonaire joue souvent un rôle important vu le grand volume d'air respiré (10 m³/8 heures), la large surface potentiellement offerte pour la pénétration (100 m²), et la finesse de la paroi alvéolaire (1 mm). Pour les gaz et vapeurs, la solubilité dans l'eau et les lipides jouent un rôle important, les substances fortement solubles dans l'eau seront absorbées principalement dans les voies respiratoires supérieures, alors que celles peu solubles dans l'eau mais solubles dans les graisses passeront directement dans le sang au niveau des alvéoles. Pour les aérosols (poussières, brouillards, fumées), le processus d'absorption pulmonaire est plus complexe et déterminé par le diamètre aérodynamique et la solubilité. Ainsi, les particules de grand diamètre se déposent de façon prépondérante dans la région naso-pharynx d'où elles sont éliminées, celles de plus petit diamètre aboutissent dans la région trachéo-bronchique d'où elles peuvent être soit absorbées (si leur solubilité le permet), soit repoussées par les cils vibratiles et dégluties (absorption orale), et finalement celles de faible diamètre qui aboutissent dans les alvéoles où elles peuvent se déposer et être absorbées par dissolution ou par phagocytose.

La pénétration cutanée est certainement une voie d'exposition importante pour de nombreuses substances chimiques. La peau est constituée schématiquement de 2 éléments distincts : l'épiderme et le derme. Le premier est généralement celui qui détermine la vitesse de pénétration cutanée. Celle-ci peut être schématiquement décrite par 2 processus, un passage à travers les cellules (favorisé par la liposolubilité) et un passage intercellulaire (favorisé par l'hydrosolubi-

lité). On peut donc en première approximation estimer la vitesse de pénétration cutanée d'une substance par le flux FI

$$FI \text{ [mg/cm}^2 \text{ h]} = C_{\text{sat}} [0.0025 + 0.0102 \log P] e^{-0.016 PM}$$

C_{sat} : solubilité dans l'eau [mg/l]
 P : coefficient de partage octanol - eau [-]
 PM : poids moléculaire [g/mol]

L'absorption orale en milieu professionnel joue un rôle important pour les aérosols (fraction éliminée par les cils vibratiles et ensuite déglutie), et pour les cas d'ingestions accidentelles. Le système gastro-intestinal, tout comme les poumons, présente une importante surface de contact (surtout pour le petit intestin), mais en plus le temps de contact est élevé. La pénétration peut se faire par simple diffusion pour les substances non-ionisées. Dans ce cas le degré d'acidité de la substance (pKa) et du milieu (pH) jouent un rôle important (estomac pH 1-3, intestin pH 5-8). Dans d'autres cas, la pénétration se fait par des mécanismes actifs (picnocytose). Une fois absorbées, les substances atteignent la veine porte et passent par le foie où elles peuvent subir une transformation métabolique avant d'atteindre la circulation sanguine principale. Cet effet, appelé effet de premier passage hépatique, rend souvent l'absorption orale très différente de l'absorption pulmonaire, à dose équivalente.

Il faut aussi mentionner la voie d'entrée par injection pour certaines situations professionnelles, par exemple lors de piqûres ou de morsures, ou en présence de blessures.

Après absorption, les substances sont distribuées dans les différents tissus de l'organisme, en fonction de leur perfusion sanguine, de leur perméabilité et de leur capacité de stockage. La teneur en protéine et la proportion de graisses sont des facteurs déterminants : les métallothionéines accumulent certains métaux dans le foie et les reins, les graisses accumulent les solvants liposolubles, des pesticides (DDT), et les dioxines par exemple. Les os ont quant à eux une forte affinité pour le plomb, le fluor, et le strontium par exemple. Au cours de leur distribution, la plupart des substances subissent des transformations métaboliques, principalement au niveau du foie, mais aussi dans d'autres organes tels que la peau, le poumon, les intestins, le rein. Ces bio-transformations, classées en Type I (oxydation, réduction, hydrolyse) et Type II (conjugaison) font le plus souvent appel à des systèmes enzymatiques. Ceux-ci peuvent, lors d'expositions répétées, subir un phénomène d'induction qui favorise la bio-transformation. A l'inverse une exposition simultanée à plusieurs substances (autre toxique professionnel, médicament, alcool), peut aboutir à une inhibition par manque d'enzyme (saturation) ou par inactivation.

L'excrétion des substances peut se faire par plusieurs voies : l'urine, les fèces, la sudation, l'air expiré, et de façon moins fréquente le lait maternel et les cheveux. L'excrétion urinaire repose sur 2 mécanismes distincts, la filtration glomérulaire et le transport tubulaire (sécrétion ou réabsorption). De son côté, l'excrétion dans les fèces peut provenir de 2 sources. D'une part elle peut être due à la fraction non-absorbée d'une exposition orale, d'autre part elle peut provenir de la sécrétion dans la bile (provenant du foie) de la substance-mère ou d'un métabolite. Dans ce dernier cas, on peut parfois assister ensuite à une réabsorption au niveau de l'intestin, appelée recirculation entérohépatique.

D.1.2 Gaz, vapeurs

De nombreuses substances chimiques se retrouvent dans l'air sous forme de gaz ou vapeurs. Pour l'évaluation du risque on recourt à différentes techniques de mesure pour obtenir la concentration dans l'air qui est ensuite comparée à une norme ou à un autre critère de décision. Cette démarche de mesure est très technique et fait appel dans certains cas à une instrumentation sophistiquée. Elle peut aussi reposer, suivant les situations, sur une approche plus simple, accessible aux non-chimistes.

On considère les gaz et vapeurs comme étant un mélange homogène de molécules d'une substance gazeuse (point d'ébullition inférieur à 25°C à 760 mmHg) ou d'une vapeur (point d'ébullition supérieur à 25°C à 760 mmHg) dans l'air. Leur concentration se mesure soit en [mg/m³], soit le plus souvent en parties par million [ppm], c'est-à-dire en [cm³] de substance gazeuse par [m³] d'air. Pour passer d'une unité à l'autre on utilise la loi des gaz parfaits. Le volume gazeux V[cm³], à une température T [K] et une pression P [Pa], d'une masse donnée M [g] de substance ayant un poids moléculaire PM [g mol⁻¹] se calcule par la relation :

$$V = M \cdot R \cdot T / PM \cdot P$$

R: constante des gaz parfaits (68.31 J/mole K)

On a à 25°C et 101300 Pa (pression atmosphérique) la relation

$$V = M \cdot 24.45 / PM$$

Pour les mélanges, comme par exemple les produits de distillation du pétrole (essence, white spirit...) on utilise en principe les unités [mg/m³], puisque les mélanges n'ont pas de PM bien défini.

Le premier risque auquel on pense pour certains gaz et vapeurs est le risque d'explosion. Pour ceux-ci le critère d'évaluation est la Limite Inférieure d'Explosivité (LIE) qui est propre à chaque substance. Il existe des explosimètres qui mesurent spécifiquement ce paramètre en % de la LIE, et dont la calibration est généralement faite avec une bouteille métallique contenant du méthane et de l'air sous pression à une concentration connue (par exemple 50% LIE).

Pour la mesure des concentrations dans le domaine des risques pour la santé on recourt à 2 approches différentes :

- des instruments ou méthodes à lecture directe donnant de façon plus ou moins immédiate un résultat,
- des prélèvements d'échantillons d'air qui sont ensuite analysés en laboratoire.

Ces deux approches se complètent généralement, chacune ayant ses avantages et ses défauts. La mesure en lecture directe a l'avantage de donner un résultat immédiatement ce qui permet d'intervenir de suite. Elle peut renseigner aussi sur les pointes d'exposition, ce que les prélèvements ne permettent généralement pas puisqu'ils sont effectués sur une certaine période (par exemple 4h) donnant ainsi une concentration moyenne. Le désavantage des méthodes à lecture directe réside surtout dans leur difficulté à analyser des mélanges complexes. Lors de prélèvements par contre, cette limitation n'existe pas puisque l'on dispose en principe de toutes les possibilités analytiques d'un laboratoire. Un autre avantage des prélèvements tient à la petite

taille des pompes utilisées qui permettent de procéder à des prélèvements personnels, ce qui est souvent plus difficile pour les instruments à lecture directe.

Tubes colorimétriques. L'air est aspiré avec une pompe (manuelle ou automatique) à travers un tube colorimétrique contenant un granulé avec un indicateur qui change de couleur progressivement avec la substance présente dans l'air. Il s'agit d'une coloration soit de longueur variable, soit d'intensité variable, chacune d'elles permettant la détermination de la concentration. Les tubes colorimétriques sont calibrés d'usine et à usage unique. Ils sont spécifiques à une substance ou à un groupe de substances. La pompe nécessite un contrôle périodique de son fonctionnement. Il existe en Suisse deux fournisseurs principaux de ce matériel : Draeger AG, MSA AG.



Figure D.6: Système de mesure des gaz et vapeurs dans l'air par tubes colorimétriques. Pompes et tubes pour mesures instantanées, tubes passifs pour la mesure intégrée dans le temps.

On distingue dans cette approche de mesures, plusieurs types de produits : les tubes colorimétriques instantanés (durée de mesure environ 5min), les tubes colorimétriques longues durées (sur plusieurs heures) et les tubes colorimétriques passifs, c'est-à-dire ne nécessitant pas de pompe, mais où l'air est prélevé par diffusion de l'air.

Autres instruments à lecture directe. Il existe une multitude d'instruments sur le marché permettant de mesurer les gaz et les vapeurs, et basés sur des principes différents, dont quelques exemples sont données dans le tableau ci-dessous.

Principe	Substances mesurées	Exemples
Electrochimie	CO, NOx, phosgène, Cl ₂	Pac II et III (Draeger)
Photoionisation	nombreuses substances organiques	ToxiRAE
Spectrophotométrie IR	substances inorganiques et organiques	Saphir (Foxboro)
IR non-dispersif	CO ₂	Gas Data PCO ₂ (GD)
Chimiluminescence	ozone	Portable Ozone Detector (AID)
Combustion	substances inflammables	Microguard II (MSA)
Spectrophotométrie UV	ozone	Ozone Monitor (Dasibi)

Exemples d'instruments de mesure à lecture directe

Il est important de mentionner que chacun de ces instruments doit être calibré avant utilisation, ce qui implique dans certains cas des travaux et une infrastructure relativement importants.

Les instruments à lecture directe donnent des résultats pratiquement en continu et sont donc très souvent équipés de mémoires (data logger) permettant une analyse des données ultérieure après transfert sur un ordinateur (calculs statistiques, présentation graphique).

Prélèvements actifs. Différents dispositifs existent pour le prélèvement des gaz et vapeurs, allant de barboteurs contenant une solution d'absorption, à des tubes contenant des adsorbants solides, en passant par de simples sacs de prélèvement. Chaque dispositif est adapté à une utilisation particulière. Actuellement la plupart des méthodes de prélèvement reposent sur des tubes d'adsorbant, le plus souvent du charbon actif. Les tubes contiennent une quantité donnée d'adsorbant, fixant ainsi sa capacité. Puisque l'on ne sait pas à l'avance la concentration dans l'air, une zone de contrôle est prévue dans chaque tube afin de s'assurer que la première zone d'analyse n'a pas été saturée. Les prélèvements sont généralement faits à un débit entre 50 et 200 ml/min à l'aide d'une petite pompe calibrée.

Prélèvements passifs. Dans certains cas, on peut se passer de pompe en utilisant des dispositifs (badges) conçus pour utiliser la diffusion des gaz et vapeurs dans l'air (Figure D.7). Dans ce cas, le débit de prélèvement est assuré par la vitesse de diffusion qui est spécifique à chaque substance et qui est fournie par le fabricant.

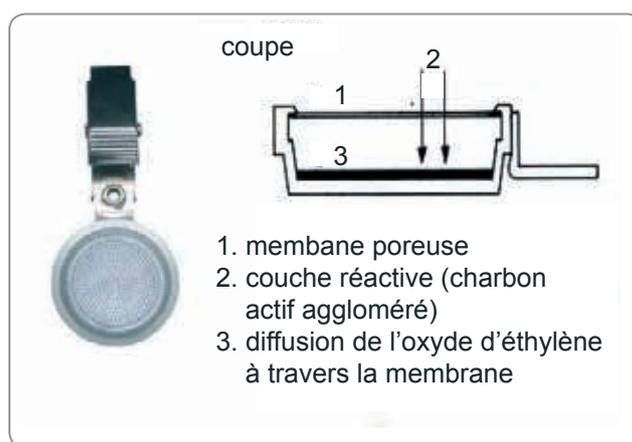


Figure D.7 : Dispositifs de prélèvement personnel pour les gaz et vapeurs.

Interprétation des résultats. Elle se fait généralement en premier lieu par comparaison avec les valeurs VME/VLE ou d'autres références équivalentes. Comme discuté lors de la définition de la stratégie de mesure, il faut prendre en compte la durée de la mesure dans cette comparaison, de même que les incertitudes inhérentes à la mesure elle-même et à la variabilité temporelle de l'environnement. Par ailleurs, on observe souvent des expositions à des mélanges de substances. Les normes étant faites pour des situations d'exposition pure, il est important de se poser la question des interactions toxicologiques des mélanges.

D.1.3 Aérosols

La mesure de l'exposition aux aérosols doit en principe tenir compte de la déposition de ceux-ci dans l'arbre respiratoire, puisque leur absorption et leurs effets dépendent de l'endroit des poumons où ils se déposent. On verra dans ce chapitre quels sont les mécanismes responsables de la déposition pour aboutir à une définition des fractions inspirables, thoraciques et respirables. La mesure des aérosols dans l'air peut se faire à l'aide de prélèvements suivis d'analyses en laboratoire, ou par l'emploi d'instruments à lecture directe.

On entend par aérosols l'ensemble des poussières (particules solides produites mécaniquement), fumées (particules solides produites par condensation ou combustion) et brouillards (particules liquides produites par condensation ou par pulvérisation) en suspension dans l'air. La Figure D.8 donne quelques exemples d'aérosols et de leurs grandeurs.

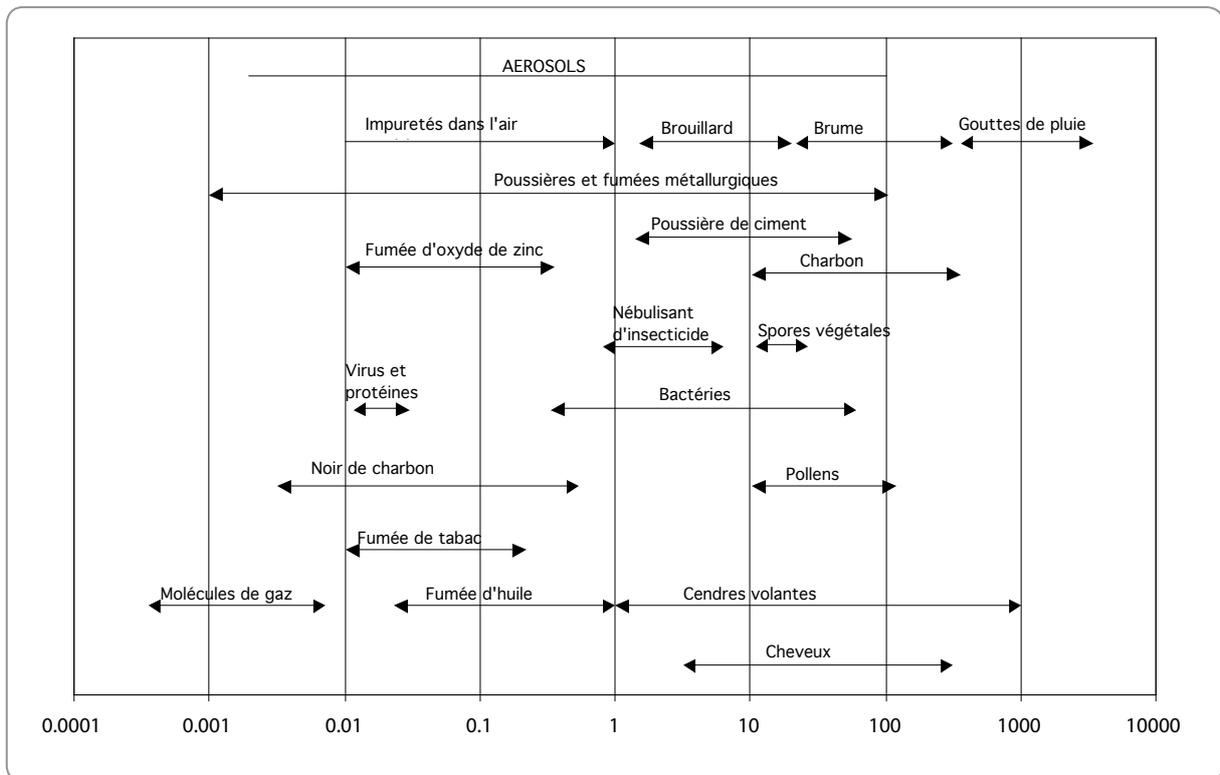


Figure D.8 : Exemples d'aérosols et leurs diamètres

Il est important de connaître quelques paramètres qui déterminent le comportement des aérosols dans l'air. En premier lieu la vitesse de sédimentation v (vitesse à laquelle les particules tombent dans de l'air tranquille) :

$$v = d^2 g (\rho_p - \rho_f) / 18 \eta$$

- d = diamètre de la particule [μm]
- g = constante de la gravitation (9.81 m/s^2)
- ρ = densité de la particule p et de l'air f [kg/m^3]
- η = viscosité dynamique ($183 \cdot 10^{-7} \text{ Pa s}$)

Par exemple une particule de 4 μm et de densité 1g/cm^3 (103 kg/ m^3) tombe à une vitesse de 0.5 mm/s. Pour une particule de même densité mais avec un diamètre de 20 μm , la vitesse de sédimentation sera de 1 cm/s.

Le diamètre est donc un paramètre important pour le comportement des aérosols dans l'air. Pour simplifier, on parle généralement de diamètre aérodynamique (ce qui élimine l'influence de la forme et de la densité de la particule), qui correspond au diamètre d'une particule sphérique virtuelle de densité 1 g/cm^3 et ayant la même vitesse de sédimentation que la particule réelle.

La déposition des aérosols dans les poumons est due à la mise en jeu de mécanismes différents suivant les diamètres des particules et les régions des poumons considérées. On peut distinguer :

- l'interception, surtout dans les voies respiratoires hautes,
- l'impaction, jouant un rôle prépondérant dans la région thoracique,
- la diffusion, importante pour les faibles diamètres et intervenant surtout au niveau alvéolaire.

Sur la base de ces principes physiques et de données concernant la déposition dans l'arbre pulmonaire, l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) a défini des conventions pour le prélèvement des aérosols à la place de travail, convention reprise par l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) et une Norme Européenne (EN). Cette convention est décrite dans la *Figure D.9*. Elle devrait être utilisée dans l'établissement de normes d'exposition, de même que pour la mesure des aérosols dans l'environnement professionnel.

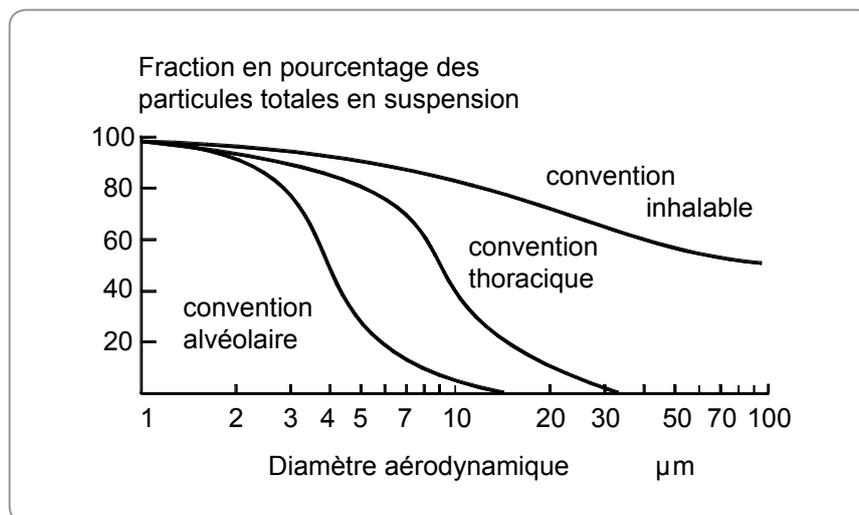


Figure D.9 : Convention ACGIH/ISO/CEN pour l'efficacité de prélèvement des aérosols, concernant les fractions inhalables, thoracique et alvéolaire

Du point de vue de l'instrumentation, les dispositifs actuels ne respectent pas tous ces exigences. Seule la mesure de la convention alvéolaire est bien développée, car ce concept a été utilisé depuis de nombreuses années (depuis 1952, Convention de Johannesbourg, avec des paramètres légèrement différents).

Instruments à lecture directe. Bien que plusieurs principes physiques différents soient mis en pratique pour la mesure des aérosols (précipitation thermique...), les instruments les plus importants se basent sur la diffusion de la lumière par les aérosols. Dans ce cadre on peut distinguer les compteurs de particules qui effectuent une numération des particules, généralement par catégories de taille, et les instruments néphélométriques qui mesurent la lumière diffusée par

l'aérosol, sans distinction de taille. Les premiers sont relativement peu utilisés en hygiène du travail puisque les critères d'évaluation sont actuellement toujours fixés en terme de concentrations massiques et non en nombre de particules dans l'air (exception faite de l'amiante pour laquelle un tel instrument existe sur le marché, FAM Mie USA). Il y a plusieurs instruments néphélométriques de petite taille sur le marché, permettant même de faire des mesures personnelles. On peut citer par exemple le Personal Data Ram (Mie USA) et le Hund (Draeger). Ces instruments ont une géométrie d'entrée qui réalise une certaine sélection granulométrique des aérosols, pas forcément compatible avec les données de la *Figure D.9*. Ils peuvent être équipés de pré-séparateurs adéquats le cas échéant.

De façon générale, on prélève souvent les aérosols dans l'air sur des filtres ou autres supports pour une analyse pondérale, chimique ou microscopique ultérieure. On utilise des pompes à débit constant associées à des supports de prélèvement.

Convention inhalable. Plusieurs têtes de prélèvement ont été récemment développées pour simuler la fraction inspirable et sont actuellement commercialisées (têtes IOM). Elles permettent de prélever l'air selon la convention ACGIH/ISO/CEN, ce qui est très important lorsque l'on est confronté à des aérosols de grands diamètres aérodynamiques (plus de >20 mm). Dans les autres cas, les supports de prélèvement standards (par exemple les cassettes Millipore 37 mm closed face) peuvent être utilisés sans introduire d'erreurs importantes.

Convention thoracique. Il existe peu de normes et aussi d'instruments se basant sur cette fraction particulière. Le principe de prélèvement repose ici sur le mécanisme d'impaction : impacteur virtuel pour l'appareil Respicon (Hund) à 3 étages pour les 3 fractions inhalable, thoracique et alvéolaire, et les impacteurs à étages (jusqu'à 8 étages selon les modèles) permettant par calcul d'estimer les 3 fractions.

Convention alvéolaire. Il s'agit de la fraction pour laquelle on dispose du plus d'expérience puisqu'elle est mesurée depuis plus de 40 ans (quoique avec une définition quelque peu différente). La tête la plus souvent utilisée est le cyclone, qui par effet centrifuge, élimine les poussières de grands diamètres (thoraciques et voies respiratoires hautes), pour ne collecter sur un support que celles satisfaisant à la convention alvéolaire.

Les prélèvements d'aérosols à l'aide de la tête choisie sont ensuite analysés gravimétriquement pour obtenir la concentration en mg/m^3 . Souvent cette mesure est suivie sur le même échantillon par une analyse plus spécifique faisant appel à diverses techniques de laboratoire, pour savoir par exemple le contenu en quartz, métaux lourds, hydrocarbures aromatiques polycycliques ou autres contaminants non-volatiles. Pour ce qui est des fibres, une approche sensiblement différente est utilisée pour aboutir à un comptage microscopique (optique ou électronique suivant la situation) du nombre de particules fibreuses.

D.1.4 Amiante

L'évaluation de l'exposition aux fibres fait appel, d'une part à l'identification de la source, d'autre part à la mesure proprement dite de l'exposition dans l'air. L'amiante étant souvent mélangé à d'autres matériaux fibreux, l'évaluation de l'exposition doit permettre de détecter spécifiquement les fibres d'amiante en plus des autres fibres. Les méthodes les plus couramment utilisées en Suisse sont présentées dans ce chapitre.

Analyse des matériaux

Il existe différentes méthodes pour détecter la présence d'amiante dans des matériaux. Les méthodes les plus employées en Suisse sont la microscopie à lumière polarisante (PLM) et la microscopie électronique par balayage (SEM). D'autres méthodes sont également employées, il s'agit de la diffraction par rayons-X (XRD), la spectroscopie infrarouge (IR) et la microscopie électronique par transmission (TEM), cette dernière méthode est largement utilisée en France.

La méthode EPA/600 « Method for determination of asbestos in bulk materials » (EPA/600/R-93/116, 1993) a été développée par l'agence de Protection de l'Environnement des Etats-Unis. Le cœur de la méthode est l'utilisation du microscope polarisant mais elle offre une large palette d'autres possibilités d'examens. La méthode contient des « examens obligatoires » et en supplément des « examens facultatifs ». L'examen au stéréomicroscope et au microscope polarisant du matériau incriminé est impératif. Les buts de l'examen sur le matériau sont qualitatifs en premier lieu puis quantitatifs, voici les priorités dans l'ordre d'importance :

- La classification : le matériau contient-il de l'amiante ?
- L'identification : quel type d'amiante se trouve dans le matériau ?
- L'estimation de la teneur : quel est le pourcentage d'amiante présent dans le matériau ?

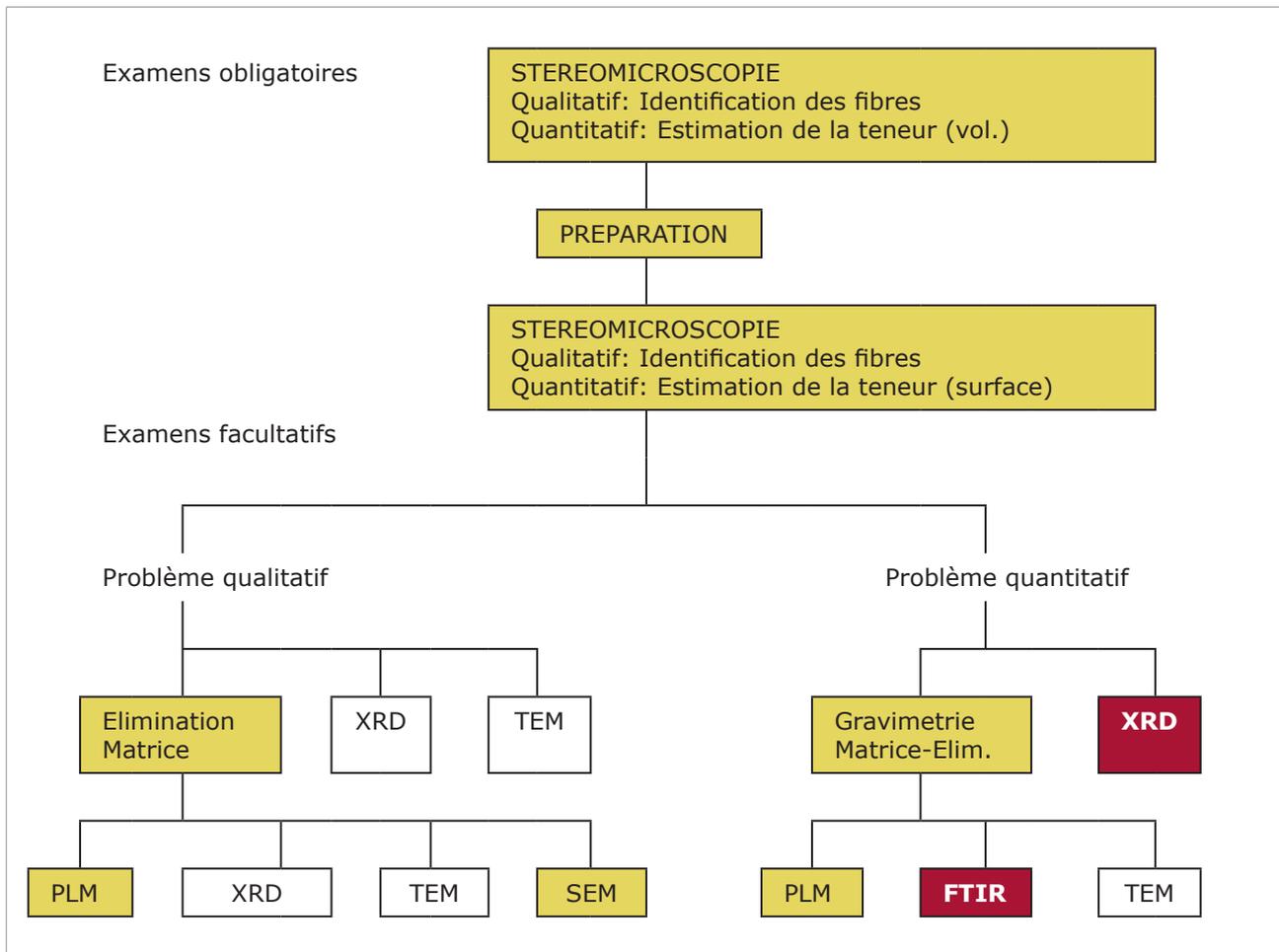


Figure D.10: Méthode EPA/600: L'organigramme de la méthode pour la détermination de l'amiante dans les matériaux d'après EPA/600 (1993). Les cadres jaunes indiquent les techniques analytiques employées à l'IST. Les cadres gris foncés rouges sont les méthodes de quantification actuellement développées à l'IST.

Quelques aspects théoriques : chaque type de fibre minérale naturelle est caractérisé par des propriétés optiques, déterminées grâce au microscope à lumière polarisante. Le microscope polarisant permet d'observer les particules se trouvant sur la lame en lumière normale, polarisée ou avec un comparateur de gypse.

L'analyse de fibres totales dans l'air

La détermination de la valeur limite grâce au nombre de fibres par volume d'air, comme c'est l'usage pour l'amiante et les fibres minérales artificielles, est associée à une procédure de mesure spécifique inhérente à cette détermination. La méthode couramment utilisée est la NIOSH 7400.

Cette procédure comprend deux étapes :

- Prélèvement d'échantillons aux postes de travail.
- Dénombrement des fibres par microscopie optique de contraste de phase (PCM), en laboratoire.

Lors du prélèvement d'échantillons, on recueille un volume d'air défini dans la zone de respiration des travailleurs avec une pompe munie d'un filtre à particules. L'échantillonnage doit être représentatif d'une journée à l'autre, les expositions peuvent en effet fortement varier en fonction

des activités et mouvements qui ont lieu à l'intérieur d'une même pièce. L'air est prélevé sur une membrane en ester de cellulose placée dans une cassette de prélèvement en polyéthylène. La méthode prévoit un prélèvement de 2 à 10 l/min. Le volume prélevé doit être au minimum de 400 litres dans une ambiance poussiéreuse et d'environ 3000 litres dans un endroit propre.



Figure D.11: Des mesures représentatives aux postes de travail impliquent le prélèvement d'échantillons sur des hommes/femmes. Pour cela, on utilise des pompes légères et portatives qui aspirent l'air de la zone de respiration à travers un filtre à particules.

Après une préparation préalable (vapeur d'acétone, goutte de triacétine), les fibres déposées sur le filtre sont comptées avec un microscope optique de contraste de phase. On ne compte que les fibres correspondant à la définition d'une fibre respirable, donc $L > 5 \mu\text{m}$, $D < 3 \mu\text{m}$ et $L/D > 3$.

Le grossissement de 400 fois permet de détecter des fibres avec un diamètre supérieur à environ $0.5 \mu\text{m}$. Il est à noter qu'une fibre isolée de chrysotile a un diamètre d'environ $0.02 \mu\text{m}$. Il n'est donc pas possible de voir toutes les fibres présentes dans l'air avec la méthode PCM. Par ailleurs il est important d'insister sur le fait que cette méthode ne permet pas de mesure spécifiquement les fibres d'amiante mais détecte toutes les fibres, quelque soit leur nature.

L'analyse de fibres d'amiante dans l'air

La détermination du nombre de fibres d'amiante par volume d'air peut être faite par SEM ou TEM. Une méthode SEM a été développée par le « Verein Deutscher Ingenieure » (VDI 3492 Blatt 2, « Messen von Innenraumluftverunreinigungen »).

Cette procédure comprend deux étapes :

- Prélèvement d'échantillons dans des locaux, donc à l'intérieur de bâtiments.
- Dénombrement et identification des fibres par microscopie électronique à balayage, en laboratoire.

La méthode était développée pour le contrôle de locaux à l'intérieur de bâtiments. Une des applications de cette méthode SEM est le contrôle de locaux suspectés de contenir des taux d'amiante trop élevés dans l'air. L'application qui est probablement la plus utilisée est celle du contrôle final d'un chantier d'assainissement d'amiante.

Lors du prélèvement d'échantillons, on recueille un volume d'air défini avec une pompe munie d'un filtre à particules. L'échantillonnage doit être représentatif. Il est important d'agiter l'air du local, p. ex. en soufflant avec un sèche-cheveux contre les murs et le sol. Ainsi, d'éventuelles fibres d'amiante déposées seront remises en suspension. L'air est prélevé sur un filtre en or placé dans une cassette de prélèvement en polyéthylène. La méthode prévoit un prélèvement de 8 l/min. pendant environ 8 heures. Ainsi, environ 4 m³ d'air sont prélevés en général.

Après une préparation préalable (ashing pour éliminer les fibres organiques), les fibres déposées sur le filtre sont comptées et identifiées avec un microscope électronique de balayage (SEM). L'analyse EDS (Energy Dispersive System) au SEM doit permettre l'identification de fibres avec un diamètre supérieur à 0.2 µm. (Remarque : même avec un agrandissement d'environ 2000 fois, des fibres isolées de chrysotile de 0.02 µm ne sont pas identifiables. Ces fibres ultrafines sont détectables uniquement à l'aide du TEM, donc du microscope électronique à transmission.

Selon les critères d'identification SEM, on peut distinguer 4 types de fibres:

- L'amiante chrysotile avec des spectres chimiques Si et Mg.
- L'amiante amphibole avec des spectres chimiques Si et Fe.
- Le gypse avec Ca et S.
- Les autres fibres inorganiques avec des spectres chimiques variés.

En général, la méthode SEM permet d'identifier les fibres d'amiante parmi une population de fibres variées. Mais du point de vue minéralogique, les critères d'identification de la méthode VDI 3492 (Blatt 2) ne sont pas assez bien développés. Les critères chimiques et morphologiques proposés ne tiennent pas compte de la complexité des différents types d'amiante et de minéraux parentés. Ainsi, des résultats erronés sont possibles (p.ex. talc fibreux identifié comme chrysotile).

D.1.5 Surveillance biologique

La surveillance biologique de l'exposition est un complément utile à l'évaluation de l'exposition par des mesures des substances chimiques dans l'air. Elle est un outil précieux pour l'hygiéniste du travail, ainsi que pour le médecin du travail, pour certaines substances telles que le plomb, le mercure, les solvants organiques, certains gaz tels que le monoxyde de carbone. En milieu professionnel, on utilise essentiellement des échantillons de sang, urine ou air expiré. L'application de la surveillance biologique repose d'une part sur une bonne connaissance de la toxicocinétique de la substance concernée et de ses métabolites, et d'autre part sur l'existence de relations dose-réponse qui servent à établir des valeurs biologiques tolérables (VBT).

La surveillance de l'exposition aux substances chimiques par mesure des concentrations dans l'air comporte un certain nombre de limitations qui justifient, dans certains cas, le recours à une autre méthode, la surveillance biologique de l'exposition.

1. Alors que la voie d'exposition principale est souvent l'inhalation, on sait que dans certaines situations l'exposition cutanée joue un rôle important. De même, on peut dans certains cas avoir une exposition orale non négligeable, lorsque les conditions d'hygiène laissent à désirer.
2. Lors de port de protections respiratoires, l'exposition réelle (due aux fuites de la protection) ne peut qu'être difficilement estimée par des mesures d'exposition externe.
3. Finalement on doit admettre que la mesure de l'exposition dans l'air est un indicateur très grossier de l'exposition de l'organe cible, par exemple en raison d'efforts physiques inhabituels (le passage du repos à un effort modéré (50 W) multiplie par 3 la ventilation alvéolaire), ou à cause de différences dans la distribution de la substance dans l'organisme, ou encore à cause de différences individuelles dans la bio transformation.

La surveillance biologique permet de pallier certaines des difficultés mentionnées ci-dessus. Elle est définie comme la mesure de la substance ou de ses métabolites dans un liquide biologique de l'organisme, par exemple le sang, l'urine ou l'air expiré. Mais elle peut aussi consister en la mesure d'une perturbation biochimique provoquée par la substance, mais n'ayant pas de signification clinique établie, par exemple l'augmentation de l'excrétion urinaire de l'acide delta aminolevulinique (ALA) suite à une exposition au plomb. La surveillance biologique de l'exposition doit être différenciée de la surveillance biologique des effets (par exemple mesure des enzymes hépatiques) et de la surveillance biologique de la susceptibilité à une exposition (par exemple mesure de l'alpha-antitrypsine dans le sang). Ces deux concepts font partie de la surveillance effectuée par le médecin du travail et ne visent pas une estimation de l'exposition, champ d'action de l'hygiène du travail.

Le tableau ci-dessous présente quelques exemples de surveillance biologique, avec une indication du milieu utilisé et de la demi-vie de l'indicateur qui joue, comme on le verra plus loin, un rôle important dans l'interprétation.

Substance	Indicateur biologique	Milieu	Prélèvement	Demi-vie [heures]
monoxyde de carbone	carboxyhémoglobine	sang	fin de travail	5
	monoxyde de carbone	air expiré	fin de travail	5
sulfure de carbone	acide 2-thiothiazolidine -4-carboxylique	urine	fin de travail	5
diméthylformamide	N-méthylformamide	urine	fin de travail	4
n-hexane	2,5-hexadione	urine	fin de travail	15
plomb	plomb	sang	pas important	900
	ALA	urine	fin de travail	
	zinc-protoporphyrine	sang	pas important	500
chrome	chrome	urine	fin de travail	7
cadmium	cadmium	urine	pas important	20 ans
trichloroéthylène	trichloroéthanol	sang	fin de travail	12
	acide trichloroacétique	urine	fin de travail	75
1,1,1-trichloroéthane	1,1,1-trichloroéthane	air expiré	avant le travail	32
	1,1,1-trichloroéthane	sang	avant le travail	32

Exemples de quelques indicateurs biologiques de l'exposition, avec le milieu biologique utilisé, le moment de prélèvement et la demi-vie de l'indicateur.

Puisque l'exposition professionnelle est intermittente, avec un cycle 8 heures d'exposition/16 heures sans exposition pendant 5 jours suivi de 2 jours sans exposition pour le schéma traditionnel, les concentrations dans les liquides biologiques vont varier au cours du temps. L'ampleur de ces fluctuations est conditionnée par le comportement cinétique de l'indicateur biologique, que l'on caractérise souvent par la demi-vie. On voit dans le tableau ci-dessus que celle-ci change fortement d'un indicateur à l'autre. La *Figure D.12* illustre l'influence que la demi-vie et l'horaire d'exposition peuvent avoir sur les taux biologiques. La *Figure D.13* montre l'influence de la demi-vie sur la représentativité des indicateurs biologiques.

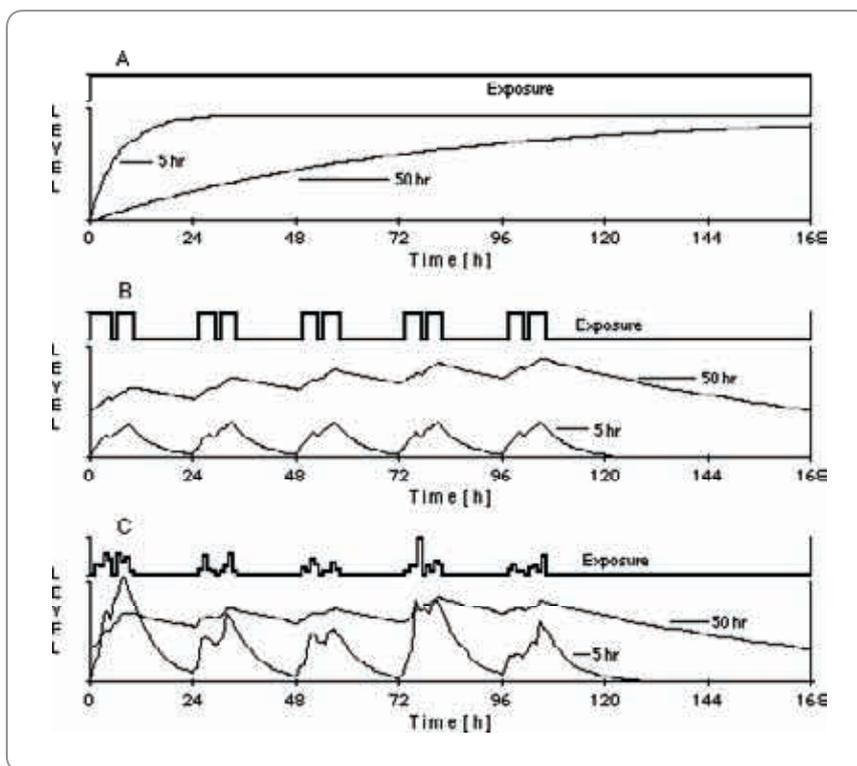


Figure D.12^[1]: Comportement de 2 indicateurs biologiques (demi-vies de 5 et 50 heures) pour une exposition continue (A), une exposition intermittente constante (B) et une exposition variable (C).

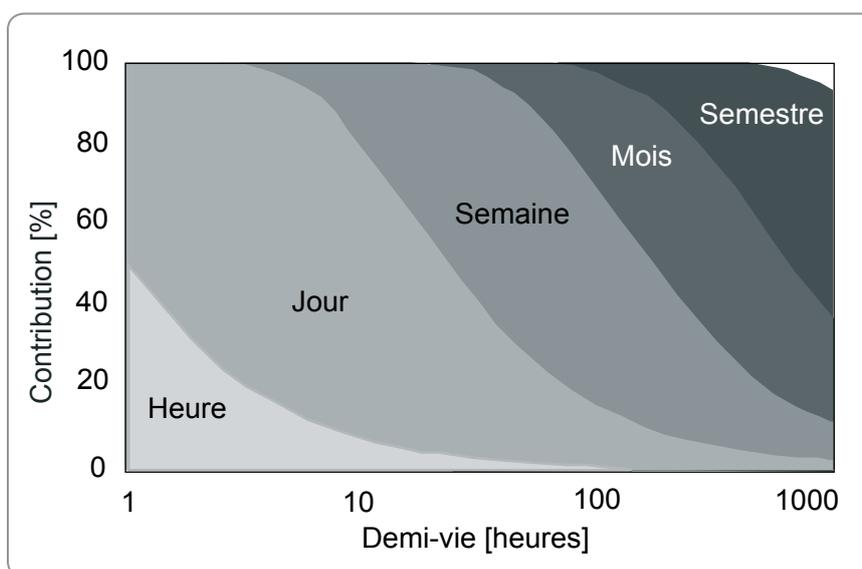


Figure D.13^[1]: Représentativité d'un échantillon biologique en fonction de sa demi-vie. Le graphique indique la contribution de l'exposition de chaque période indiquée sur le résultat de la surveillance biologique.

On se rend rapidement compte qu'une petite demi-vie signifie une forte influence des variations de l'exposition, et une représentativité d'une petite période d'exposition. A l'inverse les indicateurs biologiques avec une demi-vie longue permettent d'explorer l'exposition dans le temps, et sont peu sensibles aux fluctuations d'exposition. On se rend aussi facilement compte que le moment de prélèvement est déterminant pour les résultats obtenus.

¹ d'après Droz et coll., Appl. Occup. Environ. Hyg. 7 (9), 574 (1992)

Les concentrations urinaires des contaminants et de leurs métabolites sont fortement influencées par la dilution de l'urine, qui elle-même varie fortement au cours du temps et d'un individu à l'autre (notamment en fonction de la diète, de l'exercice, de la température...). Ainsi il est important d'en tenir compte. Ceci se fait le plus souvent en exprimant les excrétions urinaires par rapport à celle de la créatinine, une substance endogène provenant du métabolisme du muscle et excrétée à vitesse plus ou moins constante, ou en mesurant la densité de l'urine et en corrigeant linéairement à une valeur fixe, le plus souvent 1.020. Pour les indicateurs qui subissent une importante réabsorption tubulaire, par exemple le méthanol, on ne procède généralement à aucune correction.

Les mesures dans le sang présentent l'avantage de ne pas être entachées directement par la variabilité liée à l'excrétion urinaire. Par contre la mesure est invasive et nécessite obligatoirement un personnel spécialisé pour le prélèvement. On peut se contenter de prendre le sang capillaire, mais il faut s'en méfier lorsqu'il s'agit de substances volatiles, ou lorsqu'il y a possibilité d'exposition cutanée. Il est aussi important pour un prélèvement sanguin de considérer la distribution erythrocytes - plasma. Les mesures se font le plus souvent sur le sang complet. Par contre les mesures sanguines présentent le désavantage d'être invasives. Elles peuvent introduire un risque d'infection (HIV, hépatite B) si un control strict ne peut être garanti comme cela est le cas dans certaines parties du monde.

L'emploi de l'air expiré est en principe la méthode de choix pour les indicateurs biologiques volatils. Toutefois sa simplicité apparente cache des difficultés d'ordre technique importantes au niveau du prélèvement et du stockage de l'échantillon. L'hyper- ou hypo-ventilation au moment du prélèvement peuvent ainsi fortement influencer les résultats.

L'interprétation des résultats de surveillance biologique se fait généralement par comparaison avec des Valeurs Biologiques Tolérables (VBT) édictées par la SUVA, ou d'autres valeurs de référence telles que les Biological Exposure Indices (BEI) de l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), les Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte (BAT) de la Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), ou encore celles trouvées dans la littérature scientifique. Pour chaque cas il est important de connaître les conditions d'application de ces normes, notamment en ce qui concerne le moment et les modalités de prélèvement, et la variabilité attendue. Lorsque la surveillance biologique complète des mesures dans l'air, il ne faut pas systématiquement s'attendre à un accord entre ces 2 approches. Les nombreux facteurs mentionnés précédemment peuvent être à l'origine de divergences, ce qui donne un intérêt supplémentaire à leur emploi simultané. Finalement il est important de mentionner que des valeurs de référence ne sont disponibles que pour un nombre limité de substances.

D.1.6 Laboratoires

L'évaluation de l'exposition aux nuisances chimiques, tant gaz, vapeurs que poussières, requiert souvent l'assistance d'un laboratoire spécialisé. Dans celui-ci, les échantillons prélevés sont préparés et ensuite analysés suivant des procédures bien établies. Même si la personne qui prélève n'est pas impliquée dans les analyses, il est essentiel qu'elle en comprenne les principes afin d'éviter des erreurs grossières. De même, pour l'interprétation des résultats, il est important de connaître la qualité de ceux-ci: spécificité, sensibilité et reproductibilité notamment.

Très souvent, l'évaluation de l'exposition aux nuisances chimiques ne peut se baser sur des instruments à lecture directe. Par exemple, (1) ils n'existent pas, (2) ils ne sont pas suffisamment sensibles, ou surtout spécifiques, ou (3) ils ne sont pas suffisamment portables pour représenter l'exposition personnelle. Dans ces cas on procède à des prélèvements, qui sont ensuite transférés dans un laboratoire pour analyse. Il est alors essentiel de connaître les procédures, les exigences, la qualité et les limitations du laboratoire, pour obtenir des résultats utilisables en pratique. Par exemple, il est très important de connaître la limite de quantification du laboratoire afin de définir le volume de prélèvement nécessaire pour avoir une sensibilité finale suffisante (par exemple être capable de mesurer un dixième ou un quart de la VME). Il est aussi primordial de savoir quel échantillonneur utiliser pour quel contaminant.

Gravimétrie

L'analyse des contaminants présents sous forme de poussières est très fréquemment faite par détermination gravimétrique à l'aide d'une balance analytique. Cette technique est non-spécifique (elle ne mesure pas spécifiquement le plomb dans la poussière par exemple), mais souvent utilisée. Elle s'applique notamment à la poussière inerte, la farine, le bois, etc. La sensibilité de cette méthode est relativement faible (0.1 à 0.01 mg par échantillon suivant la balance utilisée), mais elle a l'avantage d'être très simple. La fiabilité du résultat est influencée par tout ce qui pourrait affecter le poids, notamment l'hygrométrie et l'électricité statique. On effectue généralement la pesée dans des conditions hygrométriques standardisées (par exemple 0% RH, ou 60% RH).

Méthodes chromatographiques

L'analyse par chromatographie recouvre un grand nombre de techniques analytiques différentes applicables pour la mesure de composés organiques principalement (solvants, aldéhydes, isocyanates...). Elle implique une première étape de séparation par interaction entre une phase mobile (gaz ou liquide) contenant les contaminants et une phase stationnaire (liquide ou solide) ayant une affinité variable pour ceux-ci. En fonction de leur affinité pour la phase stationnaire, les contaminants sortent séparés de la colonne contenant la phase stationnaire. Ils sont ensuite mesurés avec un système de détection basé sur différents principes. On a par exemple pour la chromatographie en phase gazeuse (GC) l'utilisation d'un détecteur à ionisation de flamme (FID) qui répond à tous les produits combustibles. Pour les substances halogénées on utilise la capture d'électron (ECD) qui a une très forte sensibilité. De plus en plus souvent on utilise aussi un détecteur de masse qui permet en même temps une identification des composés présents. Dans le cas de la chromatographie liquide à haute pression (HPLC), les systèmes de détection les plus utilisés sont la fluorescence et la détection UV. De façon générale les substances volatiles sont mesurées par GC, alors que pour les autres on utilise en principe les techniques HPLC. Pour les substances qui peuvent être sous forme ionique après dissolution (exemple : HCl, HNO₃), on

utilise la chromatographie ionique. Dans certains cas, des substances volatiles sont transformées (dérivation), souvent lors du prélèvement lui-même, en composés plus lourds et donc mesurés par HPLC.

Comme pour beaucoup de méthodes d'analyse, la réponse du détecteur doit être calibrée pour la substance dosée dans les conditions utilisées. Ceci est réalisé par injection de quantités connues, soit directement, soit sur l'échantillonneur. La comparaison de ces 2 résultats donne une idée du rendement de l'extraction de la substance à doser à partir de l'échantillonneur. Des tests à plusieurs niveaux de concentration permettent de juger de la linéarité de la réponse.

Contaminant	Echantillonneur	Analyse	Détection
Solvants organiques	Tubes de charbon actif	GC	FID
Solvants halogénés	Tubes de charbon actif	GC	ECD
Aldéhydes	Tubes imprégnés (dérivation)	GC	FID
Isocyanates	Filtres imprégnés (dérivation)	HPLC	UV
Benzopyrène	Filtres de verre	HPLC	fluorescence

Quelques exemples de mesures par chromatographie

Méthodes photométriques

De nombreux contaminants de l'air peuvent être mesurés, sans séparation préalable, par photométrie soit en solution, soit en phase gazeuse. Dans le premier cas, les prélèvements sont faits dans la solution directement ou à l'aide d'un échantillonneur qui est extrait avec la solution. Suivant le contaminant, l'analyse se fait ensuite en observant l'absorption de la lumière à une certaine longueur d'onde qui peut se situer dans le domaine IR, visible ou UV. La préparation de solutions de concentrations connues permet d'établir une courbe de calibration.

Pour la mesure des métaux, on utilise aussi souvent l'absorption atomique (AA). Dans ce cas le métal, présent en solution, est transformé en phase vapeur par chauffage à l'aide d'une flamme ou à l'aide d'un four à graphite. Le métal sous forme vapeur est alors mesuré par absorption de la lumière d'une source ayant une longueur d'onde caractéristique. Comme ci-dessus, une courbe de calibration est établie pour le dosage quantitatif. L'emploi de la technique Induced Coupled Plasma (ICP) pour mettre le métal sous forme vapeur permet de mesurer l'émission des métaux dans un mélange et ainsi de doser plusieurs métaux simultanément.

Méthodes microscopiques

La microscopie a depuis longtemps été utilisée pour l'observation des poussières. Du point de vue quantitatif, elle est actuellement utilisée uniquement pour la mesure des fibres dans l'air (fibres de verre, amiante...), ou pour le comptage des bioaérosols. Pour les fibres, on compte les poussières ayant une forme (généralement un rapport longueur/largeur 3 :1) et une dimension définie (longueur supérieure à 5 µm) sur une surface précise du filtre sur lequel l'air a été prélevé. On procède généralement à un scanning sur tout le filtre afin de prendre en compte les éventuelles inhomogénéités de déposition sur le filtre. La quantité totale de fibres dans le volume d'air prélevé est ensuite estimée en tenant compte de la surface de comptage et de celle de la totalité du filtre.

Une des limitations des mesures par microscopie optique réside dans son relativement faible pouvoir de résolution. A un grossissement de 500X avec une optique à contraste de phase, le pouvoir de résolution est de l'ordre de 0.2 μ m. Les fibres fines dont le diamètre est inférieur à cette valeur ne peuvent donc pas être observées et comptées. L'observation par microscopie optique ne permet pas non plus d'identifier les fibres observées. Lorsque l'on a à faire à des mélanges (fibres de verre et amiante par exemple), seule la concentration totale de fibres peut être estimée.

L'emploi de la microscopie électronique permet de résoudre certaines des limitations ci-dessus. La limite de détection peut être fortement abaissée par la microscopie électronique à transmission (TEM) (mais pas à balayage SEM). L'identification des fibres peut être faite avec la microscopie électronique à balayage (SEM), de même qu'avec la microscopie à transmission (TEM), principalement en se servant de la microanalyse des RX.

Assurance qualité

Une interprétation utile pour l'évaluation de la place de travail ne peut se faire que sur la base de résultats de qualité. Il est donc essentiel de s'assurer que le laboratoire possède un programme d'assurance qualité. Ceci implique notamment d'avoir une politique de qualité, de disposer de personnel compétent et formé, d'avoir des procédures de travail écrites, de participer à des échanges inter laboratoire d'échantillons, et d'avoir un programme d'audit. Il existe des normes internationales qui sont généralement utilisées comme cadre de travail pour garantir une certaine qualité. Pour les laboratoires de mesure, la norme la plus utilisée est maintenant la norme ISO 17025, qui remplace EN 45001.

Pour l'utilisateur des services d'un laboratoire, quelques paramètres sont importants à connaître

pour chaque contaminant : la limite de détection (généralement définie par rapport au bruit de fond du système de mesure), la limite de quantification (définie par la gamme de calibration appliquée par le laboratoire) et la précision qui donne l'incertitude sur le résultat (généralement exprimée en coefficient de variation).

Bibliographie

- **NIOSH**, *Manual of Analytical Methods*, vol 1-3, 4^{ème} édition, CDC 1994
- **IRSST**, *Méthodes Analytiques*, vol 1-3
- **EN 482**, *Workplace atmospheres. General requirements for the performance of procedures for the measurement of chemical agents*, 1994

D.2 Risques physiques

D.2.1. Le bruit

Le bruit peut provoquer des effets irréversibles sur l'ouïe. La perte auditive due au bruit est une des maladies professionnelles les plus répandues. En plus de ces effets physiologiques, le bruit provoque la baisse de la compréhension verbale et de la perception des signaux, ce qui peut engendrer un risque d'accident accru. Le bruit touche également le bien-être et peut avoir des conséquences sur le psychisme, sur le système nerveux et sur le système végétatif. Pour toutes ces raisons, il sera important de pouvoir mesurer cette nuisance pour évaluer l'exposition à la place de travail et mettre en place la prévention qui s'impose.

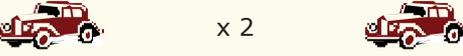
L'audition

Le domaine audible de l'oreille humaine intacte se situe entre 20 Hz et 20 kHz. En dessous de cette plage commence le domaine des infrasons, en-dessus celui des ultrasons.

L'oreille humaine est capable de percevoir des pressions acoustiques de 20 mPa, jusqu'au seuil de douleur qui correspond à 20 Pa. Cette plage d'un rapport 1 à 1 million est difficile à gérer et ne correspond pas à la perception humaine de l'intensité sonore. C'est pourquoi, on utilise le niveau de pression acoustique ou niveau sonore L_p en décibel (0.1 Bel), qui correspond au logarithme du rapport de la pression mesurée à la pression de référence (seuil d'audition), multiplié par un facteur 20. Avec cette nouvelle échelle, le seuil de douleur se situe entre 120 et 130 dB et le seuil d'audition à 0 dB. L'Equation 1 présente la définition du niveau de la pression acoustique.

$$[dB] = 20 \cdot \log \frac{P}{P_0}$$

P : pression acoustique mesurée
 P_0 : pression acoustique de référence = $2 \cdot 10^{-5}$ Pa (seuil d'audition)

Perception de l'augmentation	Niveau sonore	Puissance acoustique ou nombre de sources identiques	Pression sonore
2 x plus fort	+ 10 dB	 x 10	x 3.0
Nettement plus fort	+ 6 dB	 x 4	x 2.0
Juste perceptible	+ 3 dB	 x 2	x 1.4
Référence	0 dB	 x 1	x 1.0

Le tableau ^[1] présente des exemples de différences de niveau et la multiplication de la puissance acoustique correspondante.

Ainsi en présence de deux sources sonores de puissance acoustique identique, le niveau acoustique augmente de 3 dB.

La transmission du son à l'oreille interne n'a pas la même efficacité à toutes les fréquences. Les basses et les hautes fréquences sont fortement amorties. La transmission est optimale entre 1 kHz et 6 kHz et maximale autour de 4 kHz. Pour cette raison, on introduit dans la mesure des niveaux sonores un filtre qui atténue les pressions acoustiques de fréquences basses de manière à peu près similaire à la courbe physiologique. Par convention, on appelle ce filtre le filtre A et on parle de dB(A).

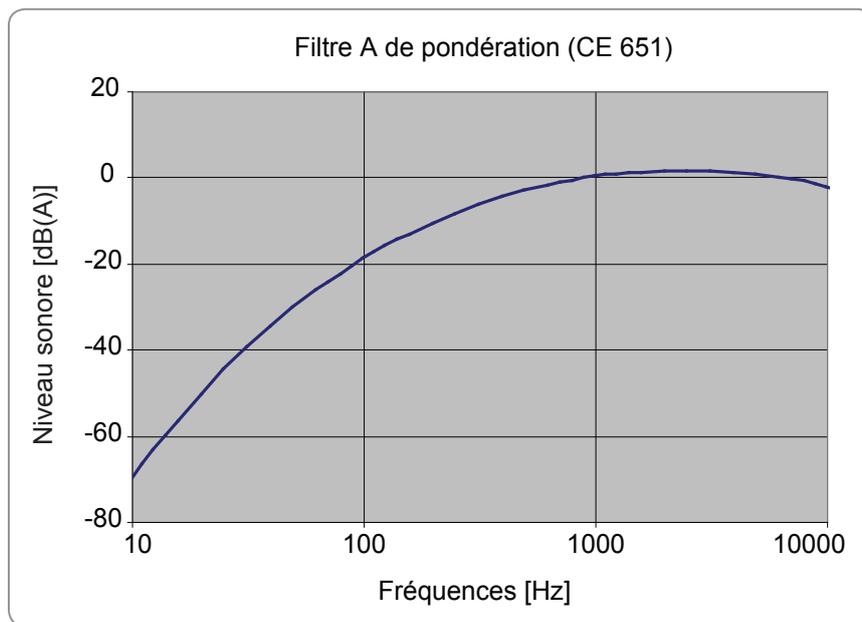


Figure D.14: Courbe de pondération du filtre A en dB.

Technique de mesures

Il existe de nombreux appareils pour mesurer le niveau de bruit. Ils sont tous munis d'un microphone qui simule l'oreille humaine. Le paramètre de mesure le plus utilisé est le niveau sonore moyen L_m en dB(A). Lorsque le bruit varie au cours du temps, on a recours à une intégration qui permet d'obtenir une moyenne pondérée au cours du temps et que l'on appelle niveau équivalent (Léq). Un autre paramètre important est la dose de bruit. Une dose de bruit de 100%, correspond à une exposition à 85 dB(A) pendant 8 heures.

Le niveau d'exposition sonore SEL (Sound Exposure Level) représente un niveau sonore énergétique moyen dans lequel le temps de référence est toujours fixé à 1 seconde, indépendamment du temps réel de la mesure.

Pour les mesures de bruit courantes, on utilise un sonomètre. Il en existe de très simple et bon marché qui ne peut être utilisé que comme indication et non pour l'appréciation de l'exposition. Par contre, les sonomètres intégrateurs qui satisfont aux normes CEI, mesurent simultanément le niveau de crête, le niveau sonore maximum et le L_{eq} avec différentes pondérations en fréquence.

¹ Suva, publ. 44057f, 1996

Les dosemètres sont des sonomètres qui mesurent également la dose de bruit. Des appareils plus sophistiqués, appelés analyseurs de fréquence, sont utilisés pour analyser simultanément le signal dans les différentes bandes d'octaves ou tiers d'octave (analyse spectrale). Ces appareils sont nécessaires par exemple pour mesurer les ultrasons.

Précisons encore que la plupart des appareils de mesure doivent être calibrés avant chaque mesure avec des sources sonores étalons.

Autres notions fondamentales d'acoustique

En présence d'un obstacle, le bruit est en partie absorbé, en partie réfléchi; alors que le reste le traverse ou le contourne (transmission et déflexion). Ces différents phénomènes dépendent en premier lieu de la longueur d'onde du signal acoustique. La qualité acoustique des locaux de travail peut être décrite par le coefficient moyen d'absorption acoustique. Il indique la capacité d'absorption des ondes sonores d'un matériel. Il est déterminé de manière expérimentale dans un local réverbérant et représente la moyenne de toutes les fréquences.

Quant aux réflexions, qui forment ensemble la réverbération, elles diminuent progressivement après l'arrêt de la source sonore. Le temps écoulé jusqu'à ce que le niveau sonore ait diminué de 60 dB est appelé le temps de réverbération et est l'une des caractéristiques importantes de l'acoustique des locaux. Il permet d'évaluer le pouvoir absorbant d'un local.

Un autre facteur d'appréciation de la qualité acoustique d'un local est la décroissance du niveau sonore par doublement de la distance, ceci dans une zone d'éloignement moyen. C'est certainement la meilleure méthode pour apprécier la qualité acoustique d'un local, car elle prend en compte la propagation effective du bruit dans le local (absorption et dispersion). Sans réflexion et lors d'une source ponctuelle, la diminution maximale du niveau de pression acoustique est de 6 dB quand la distance est doublée.

Législation, normes

En Europe, la directive 2003/10/CE du Parlement européen et du Conseil concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (bruit) a été adoptée en 2003. Cette directive doit être transposée dans le droit national de tous les États membres avant le 15 février 2006. L'article 5, paragraphe 1, de la directive dispose que, en tenant compte du progrès technique et de la disponibilité de mesures de maîtrise du risque à la source, «les risques résultant de l'exposition au bruit sont supprimés à leur source ou réduits au minimum». La directive fixe également une nouvelle valeur limite d'exposition de 87 dB(A). Il incombe également aux fabricants de machines et d'autres équipements de réduire les niveaux sonores. En vertu de la directive 98/37/CE, une machine doit être «conçue et construite pour que les risques résultant de l'émission du bruit aérien produit soient réduits au niveau le plus bas».

En Suisse, c'est la Suva qui publie les valeurs limites tolérables aux postes de travail pour des substances chimiques ainsi que pour les agents physiques. En 2005, les valeurs limites de la Suva concernant l'exposition au bruit étaient les suivantes:

- Si le niveau de pression sonore continu équivalent L_{eq} calculé pour une journée de travail de 8 heures atteint ou dépasse 85 dB(A), l'analyse de risque doit être approfondie et les mesures nécessaires doivent être prises.

- Si le niveau de pression sonore de crête (Peak) dépasse 140 dB(C), une analyse de risque basée sur le niveau d'exposition sonore SEL en dB(A), additionné sur une heure, doit être effectuée et les mesures nécessaires doivent être prises. Le filtre C donne le même poids à toutes les composantes comprises entre 100 Hz et 4'000 Hz. Dans la plupart des cas, les niveaux mesurés en pondération C et en pondération linéaire donnent des valeurs à peu près égales.

Dans l'état actuel des connaissances, les ultrasons (20-100 kHz) ne devraient pas causer de lésions tant que le niveau sonore maximum n'atteint pas 140 dB et le niveau sonore moyen sur 8 heures 110 dB. De même, les infrasons (2-20 Hz) ne devraient pas causer de lésions lorsque le niveau énergétique moyen, rapporté sur 8 heures par jour, se situe en dessous de 135 dB, et le niveau maximum au-dessous de 150 dB.

Ces normes protègent contre les atteintes irréversibles de l'ouïe. Il faut encore tenir compte du bruit gênant à la place de travail: les directives d'application de l'Ordonnance 3 de la loi sur le travail fixent des valeurs indicatives à un niveau jugé non contraignant par la majorité des personnes exposées, ceci suivant l'activité et suivant les bruits étrangers au local:

Activités	Exigence normale Leq [dB(A)]	Exigence accrue Leq [dB(A)]
Activités industrielles; arts et métiers	< 85	≤ 75
Travaux de bureaux et activités comparables	≤ 65	≤ 55

Local	Exigence normale Leq [dB(A)]	Exigence accrue Leq [dB(A)]
Petit bureau jusqu'à 3 personnes	≤ 40	≤ 35
Grand bureau	≤ 45	≤ 40
Laboratoire	≤ 50	≤ 45
Locaux de repos	≤ 40	≤ 35
Salle de commande	≤ 70	≤ 65

Recommandations de l'ordonnance 3 relative à la Loi sur le Travail^{[1][2]}

Réduction et contrôle du bruit

En fonction de l'évaluation des risques, il faudra mettre en place les mesures nécessaires pour empêcher ou contrôler l'exposition au bruit et enfin réaliser un suivi régulier de l'efficacité des mesures.

Le programme de mesures comportera par ordre d'importance les éléments suivants :

- L'élimination des sources de bruit;
- Le contrôle du bruit à sa source;
- Les mesures de contrôle collectives destinées à modifier l'organisation du travail et l'aménagement de l'espace de travail, y compris en marquant et en limitant l'accès aux zones de

¹ Exigence normale: valeur de référence à respecter

² Exigence accrue: valeur de référence à suivre pour atteindre les objectifs de réduction du bruit

travail dans lesquelles les travailleurs sont susceptibles d'être exposés à des niveaux sonores supérieurs à 85 dB(A);

- En dernier ressort, l'introduction des équipements de protection individuelle.

Des informations et formations doivent être données aux travailleurs pour les aider à comprendre et gérer les risques liés au bruit.

Bibliographie

- **SuvaPro**, "Ouvrages concernant le bruit", No 86001.f
- **SuvaPro**, "Dangers du bruit pour l'ouïe à l'emplacement de travail", No 44057.f, 1997
- **SuvaPro**, "Les valeurs limites et valeurs de référence acoustiques", No 86048.f, 2002
- **INRS**, "Extrait de la collection hygiène industrielle", technique de l'ingénieur, A8630a, 1997
- **SuvaPro**, "Lutte contre le bruit dans l'industrie", No 66076.f, 1997
- **Seco**, "Commentaire de l'Ordonnance 3 relative à la loi sur le travail", No 710.250f, chapitre 2, section 2, article 22, 1995
- **WHO**, "Occupational exposure to noise: evaluation, prevention and control, 2001, ISBN 3-89701-721-0
- **Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail**, "Introduction à la question du bruit au travail, Les conséquences du bruit au travail, Réduction et contrôle du bruit", fact-sheets no 56, 57 et 58, <http://agency.osha.eu.int>

D.2.2 Les vibrations

On distingue deux types de vibrations: les vibrations transmises au corps entier et les vibrations transmises au système main-bras. Contrairement à d'autres risques, il n'existe pas d'équipement de protection individuelle contre les vibrations, d'où l'importance des mesures techniques pour les réduire.

Quelques définitions

Les oscillations mécaniques comprennent entre autre les secousses et les vibrations. Le premier terme est utilisé principalement pour les bâtiments, le deuxième pour les machines et appareils.

Une oscillation peut être décrite par le nombre de mouvements par unité de temps (fréquence) qui se mesure en hertz. On peut aussi décrire une vibration par le chemin parcouru par le corps à partir de sa position initiale (amplitude de l'oscillation), par la vitesse de l'oscillation et ses variations dans le temps. C'est souvent cette dernière valeur (l'accélération) qui va nous permettre d'apprécier les effets sur la santé. On peut l'estimer de la manière suivante:

$$A = (2\pi f)^2 D$$

A = accélération [m/s^2],
 f = fréquence [Hz],
 D = déplacement [m]

Il existe des vibrations périodiques se répétant toujours après un certain temps, d'autres que l'on nomme stochastiques ou aléatoires lorsque l'impulsion est irrégulière (par exemple lors de conduite d'un véhicule).

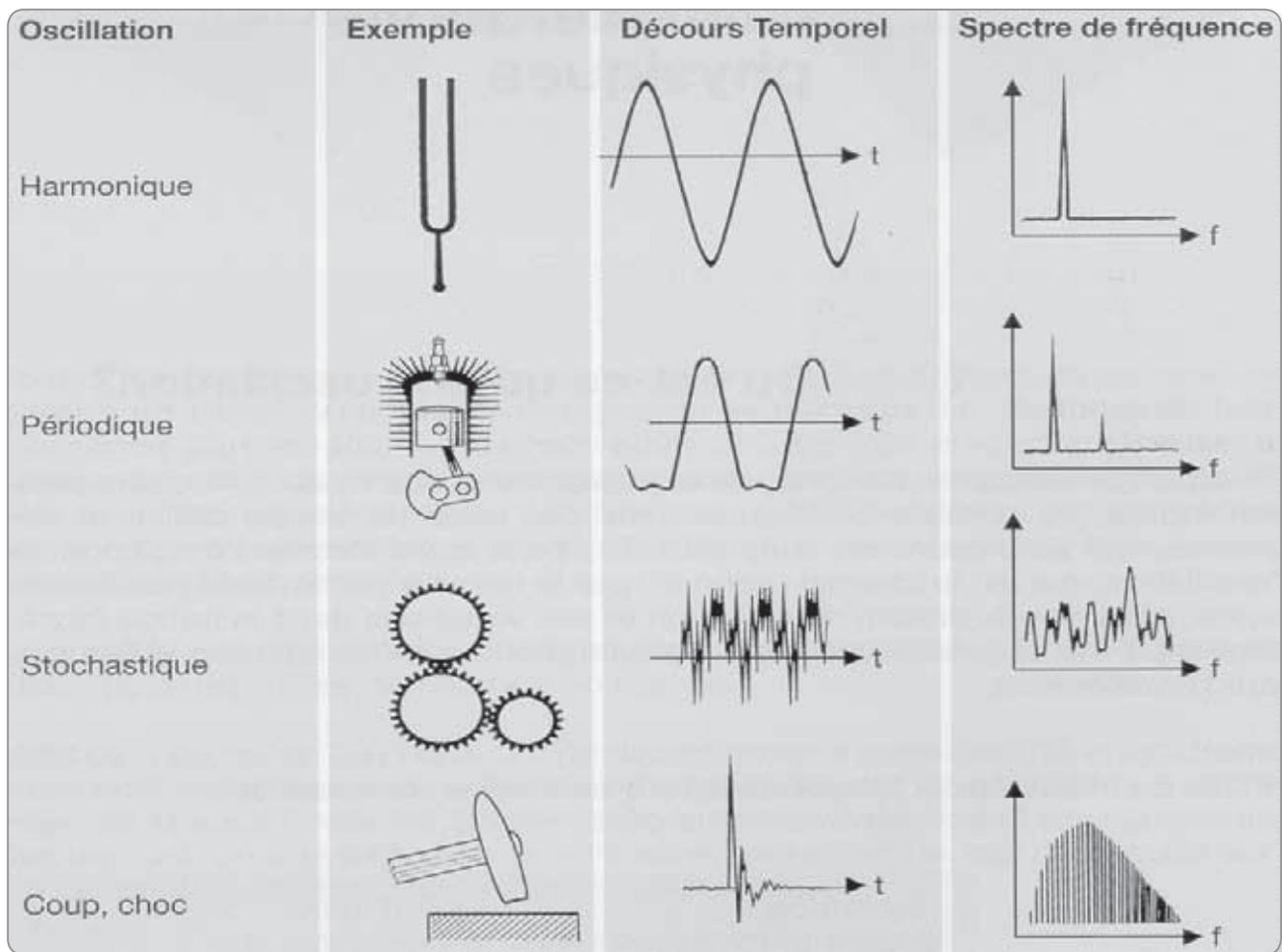


Figure D.15^[1]: Les différents types de vibration

On distingue deux types de transmission des vibrations:

- Les vibrations du corps entier transmises par un siège ou une surface d'appui. On les subit dans les véhicules, les chariots élévateurs, etc. La bande de fréquence se situe principalement entre 1 et 80 Hz.
- Les vibrations transmises aux membres supérieurs par l'intermédiaire de poignée ou de surface de contact. Elles sont provoquées par de nombreux outils ou petites machines frappeurs ou rotatifs, par exemple marteaux piqueurs, tronçonneuses, burins pneumatiques, etc. La bande de fréquence se situe principalement entre 6 et 1250 Hz.

Effets et manifestations

Les effets des oscillations sur l'être humain peuvent être préjudiciables à son bien-être ou même dommageables à son organisme.

La nature des lésions dépend en partie de la fréquence des vibrations. Les vibrations de basse fréquence (0,5 à 16 Hz) peuvent provoquer des lésions de la colonne vertébrale et des troubles neurovégétatifs. Des vibrations de fréquence moyenne (16-80 Hz) peuvent provoquer des lésions ostéo-articulaires des membres supérieurs. Quant aux vibrations de haute fréquence (60-1000 Hz et plus), elles peuvent être à l'origine de troubles vasomoteurs (syndrome de Raynaud ou doigts morts) et des lésions neuromusculaires. A noter également que l'énergie vibratoire péné-

¹ Suva, Médecine du travail no 2869/16, 1993

tre dans les tissus d'autant plus profondément qu'ils sont rigides. Plus on tient un objet serré, moins les muscles sont souples et plus les vibrations agissent en profondeur.

La direction des vibrations joue un rôle lors des vibrations du corps entier. En effet l'organisme semble plus sensible aux vibrations longitudinales. Les effets vont également dépendre de la durée de l'exposition.

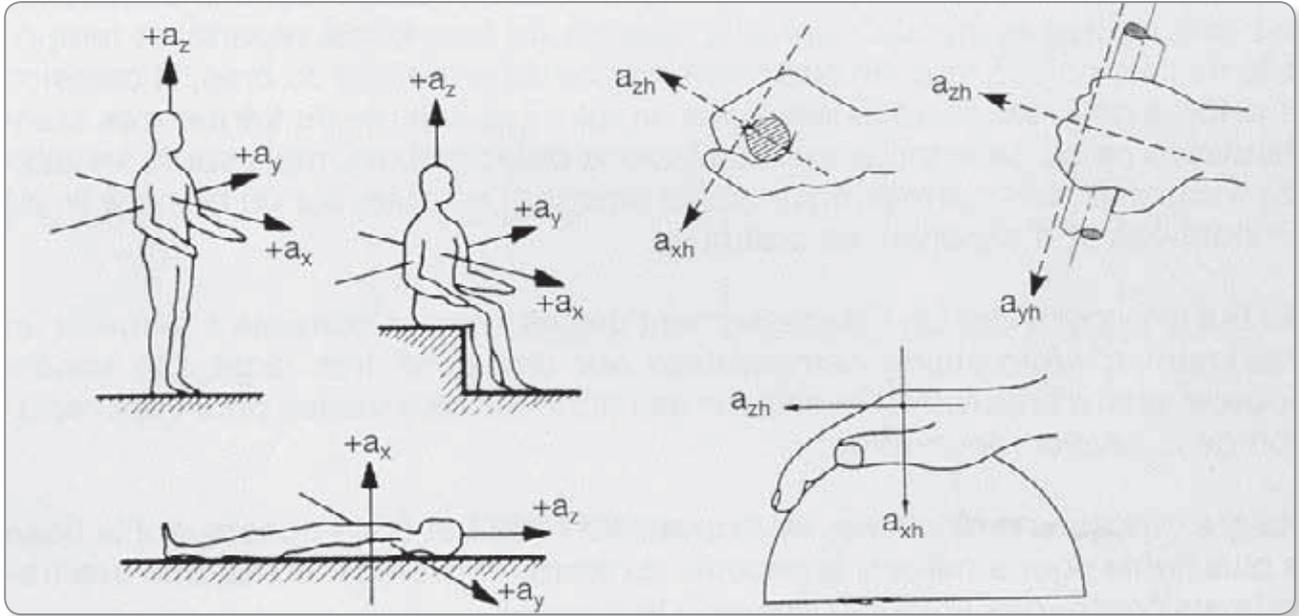


Figure D.16^[1]: Direction des vibrations pour le corps entier

Technique de mesures

Pour apprécier l'exposition, on mesure la fréquence et l'accélération selon les différents axes. Le spectre de fréquence va de 1-80 Hz pour les vibrations du corps entier et de 6-1250 Hz pour les membres supérieurs.



Figure D.17: Exemple d'une mesure de vibration sur un marteau pneumatique

Les appareils de mesure comportent des accéléromètres, des préamplificateurs, des filtres passe-bande de fréquences et des intégrateurs. Pour les investigations plus poussées, on fait appel à des enregistreurs et à des analyseurs de fréquences.

¹ Suva, Médecine du travail no 2869/16, 1993

Normes

Il n'existe pas encore de valeurs limites reconnues internationalement. Les normes ISO 2631 et 5349 constituent la base de réflexion pour protéger la majorité des travailleurs contre les atteintes à leur santé. La première comprend les bases d'appréciation concernant les vibrations du corps entier, avec une courbe différente suivant les axes. La deuxième présente des abaques pour l'appréciation des vibrations du membre supérieur.

Mesures préventives

Pour améliorer les conditions des opérateurs exposés aux vibrations, il y a lieu :

- De réduire les intensités des vibrations en choisissant des machines ou des techniques moins génératrices de vibrations.
- D'entretenir les outils (surtout les systèmes anti-vibrations).
- D'optimiser les conditions ergonomiques.
- De réduire les durées d'exposition en agissant sur l'organisation du travail, endroits pour se réchauffer.
- De sensibiliser les utilisateurs aux risques pathologiques et à l'intérêt des moyens de prévention : ne pas appuyer les machines contre le corps, ne pas serrer plus que nécessaire les poignées des machines, porter des gants, s'habiller chaudement, ne pas fumer.

Bibliographie

- **Brüel & Kjaer**, « *Mesures de vibrations* », 1983
- **SuvaPro**, « *Troubles de santé dus aux vibrations* », No 2869/16, 1993
- **INRS**, « *Hygiène industrielle* », Techniques de l'ingénieur, No A 8630 a, 1997
- **OFIAMT**, « *Commentaire de l'Ordonnance 3 relative à la loi sur le travail* », No 710.250f, chapitre 2, section 2, article 22, 1995

D.2.3 Les radiations ionisantes

Les rayonnements ionisants sont utilisés dans de nombreuses activités industrielles pour la fourniture d'énergie (réacteurs, traitements des minerais et des combustibles), pour le marquage en biochimie, la production de couleur en horlogerie, pour le contrôle des matériaux en génie civil et à des fins médicales diagnostiques ou thérapeutiques (radiologie, radiothérapie, curiethérapie et médecine nucléaire).

On appelle ionisante une radiation qui a suffisamment d'énergie (> 12.9 eV) pour libérer un ou plusieurs électrons de leur atome ou même pour scinder totalement un atome ou une molécule, produisant ainsi des particules électriquement positives ou négatives (ions). Une telle radiation se dégage soit au cours de la désintégration de noyaux atomiques, soit lorsque des électrons sont freinés (rayon X).

Il existe deux sortes d'émissions radioactives :

- Le rayonnement corpusculaire: Rayonnement α (rassemblement de deux protons et de deux neutrons), rayonnement β (transformation d'un neutron en proton et électron, éjection de l'électron).
- Le rayonnement électromagnétique: Rayonnement γ (libération d'un trop plein d'énergie sous forme d'un photon), rayons X (même nature et propriétés que les rayonnements γ , mais origine différente : interaction avec des électrons).

Une feuille de papier suffit pour arrêter les rayonnements α pour les rayonnements β une vitre en plexiglas (1cm) est nécessaire. Quant aux rayonnements γ et aux rayons X, il est nécessaire d'utiliser du plomb (5 cm) ou une épaisseur de béton (25 cm) pour réduire leur intensité.

Sources et modes d'exposition

Lorsque la radioactivité provient de corps existants dans la nature, elle est dite radioactivité naturelle (rayonnement cosmique, rayonnement terrestre, radiations intracorporelles, radon). Celle engendrée par bombardement d'éléments naturels par des particules provenant de réacteur ou émises par des sources radioactives est dite artificielle. Cette irradiation artificielle est principalement engendrée par les applications médicales, les irradiations dans le domaine technique et enfin les irradiations professionnelles.

Les sources radioactives artificielles sont soit des sources ouvertes ou des sources fermées (ou scellées).

- Sources ouvertes : elles contiennent des substances radioactives qui peuvent s'en échapper et provoquer ainsi une contamination.
- Sources scellées : elles sont construites de façon qu'il soit impossible que des substances radioactives s'en échappent dans les conditions d'utilisation ordinaires.

Si la source du rayonnement est extérieure à l'organisme on parle d'exposition externe. Si la source se situe à distance de la personne on parle d'irradiation externe, si la source se trouve au contact de la peau de contamination externe. L'exposition externe provient essentiellement des sources scellées.

Les rayonnements peuvent être émis par des radioéléments à l'intérieurs de l'organisme, il s'agit alors d'exposition interne. L'absorption interne peut se faire par voie respiratoire, par voie cutanée lors de blessures ou encore plus rarement par voie digestive. Ce type d'exposition survient surtout lors de l'emploi de sources ouvertes.

Grandeurs caractéristiques

- **Période radioactive ou demi-vie** : temps au bout duquel le nombre d'atomes radioactifs restants est égal à la moitié du nombre initial. Ce temps varie de milliards d'années à des milliardièmes de secondes.
- **Activité de la source** : le Béquerel : unité utilisée pour définir le nombre de noyaux qui se désintègrent par seconde. Une quantité de substance radioactive a une activité de 1 Bq lorsque 1 noyau se désintègre par seconde. Autrefois on utilisait le Curie (Ci) correspondant à la radioactivité d'un gramme de radium dans lequel se produisent 37 milliards de désintégrations par seconde (1 Ci = 37 GBq).
- **La dose d'énergie**, le Gray (Gy) : seule l'énergie absorbée par les tissus produit des lésions. L'unité de l'énergie absorbée est le Gray. C'est la quantité d'énergie délivrée par des rayonnements ionisants à l'unité de masse de la substance irradiée.
- **Equivalent de dose**, le Sievert (Sv) : malgré une absorption d'énergie identique, les dégâts tissulaires varient en fonction du type de rayonnement (α , β , γ , x). Pour tenir compte de la particularité propre à chaque rayonnement et pouvoir les comparer, on introduit un facteur qualitatif (coefficient d'efficacité). En multipliant la dose d'énergie en Gray par ce facteur, on obtient l'équivalent de dose en Sievert. Pour les rayonnements β , γ et x, le coefficient d'efficacité est égal à 1, pour les rayons α , le facteur est de 20.
- **Débit de dose**, Gy/s : pour évaluer le risque, il sera également nécessaire de connaître le temps d'exposition, on parle alors de débit de dose, c'est-à-dire la dose reçue par unité de temps.

L'exposition annuelle moyenne de la population suisse aux radiations est de 4.88 mSv (3.68 mSv d'irradiation naturelle et 1.20 mSv d'irradiation artificielle (Rapport de la Commission Fédérale pour la surveillance de la radioactivité de 1985 à 1986, du 9.11.88).

Effets biologiques

Lorsqu'un individu est irradié, l'ionisation des atomes peut provoquer l'altération ou la mort des cellules touchées. Selon la dose et la durée de l'irradiation, l'action sur l'organisme varie :

- Aux hautes doses, l'effet est soit immédiat (aigu), soit retardé. Il intervient de manière certaine pour chaque individu irradié à une dose supérieure au seuil d'apparition de l'effet, dit déterministe. On parle d'effets non stochastiques. Les effets d'une irradiation aiguë dépendent de la dose reçue. Il peut s'agir de la destruction temporaire ou définitive de la moelle osseuse (dès 2 Sv), de la destruction de la muqueuse intestinale (dès 10 Sv) ou encore d'un dérèglement général du système nerveux central (dès 50 Sv). Ces trois formes d'irradiations aiguës présentent des effets communs: nausée et vomissement, malaise et fatigue, température, modification de la formule sanguine. L'irradiation aiguë de la peau produit dès 3 Sv une rougeur que l'on appelle érythème. A des doses plus élevées, l'irradiation produit successivement, en fonction des doses reçues: la pigmentation, l'épilation, l'ulcération et la nécrose. Une irradiation des testicules produit une stérilisation temporaire. Plus la dose est élevée, plus la période de stérilité est longue (plusieurs années pour une dose de 6 Sv). Une irradiation des ovaires à une dose supérieure à 10 Sv produit également une stérilisation. L'irradiation de l'œil engendre une cataracte dès 4 Sv (effet retardé).

- Aux faibles doses, l'effet est retardé et n'apparaît pas obligatoirement pour chaque individu irradié. On parle alors d'effets stochastiques. C'est un phénomène statistique pour lequel il n'existe pas de seuil d'apparition. Sur un ensemble de personnes irradiées, un certain nombre subissent l'effet, d'autres pas. Les effets peuvent se manifester après un temps de latence situé entre 5 et 30 ans après l'irradiation. Le principal effet des faibles doses est l'induction de cancers. Le taux de cancers induits par l'irradiation d'une population à 1 mSv est d'environ 4 cas pour 100'000 personnes. Le deuxième effet des faibles doses est l'induction de malformations dans la descendance de la personne irradiée. On admet que le risque de mutation génétique conduisant à une malformation est de 1 cas pour 100'000 parents exposés à une dose de 1 mSv.
- L'embryon est particulièrement radiosensible. Les atteintes produites dépendent du stade de développement. Pendant la période de l'organogenèse (formation des organes, 8^{ème} au 60^{ème} jour de gestation) l'irradiation peut induire des malformations. Plus tard, le risque de malformation diminue, mais un risque de retard de développement mental apparaît, principalement pour des irradiations intervenant entre la 8^{ème} et la 17^{ème} semaine.

Législation et limites d'exposition

La loi suisse a été modifiée au 1^{er} octobre 1994 avec l'entrée en vigueur de la nouvelle Ordonnance sur la radioprotection ORaP qui autorise les expositions suivantes :

Art 35

- la dose effective reçue par les personnes exposées aux rayonnements dans l'exercice de leur profession ne doit pas dépasser la valeur limite de 20 mSv par année. L'article 36 est réservé.
- chez les personnes exposées aux rayonnements dans l'exercice de leur profession la dose équivalente reçue par les organes ci-après ne doit pas dépasser les valeurs limites suivantes : a. cristallin, 150 mSv par année ; b. peau, mains, pieds, 500 mSv par année.

Art 36

- la dose effective reçue par les personnes exposées aux rayonnements dans l'exercice de leur profession, âgées de 16 à 18 ans, ne doit pas 5 mSv par année.
- dans le cas des femmes enceintes, la dose équivalente à la surface de l'abdomen ne doit pas dépasser 2mSv et la dose effective résultant d'une incorporation de 1 mSv depuis le moment où la grossesse est connue jusqu'à son terme.

Mesures de rayonnement

Les doses reçues par les personnes soumises à une exposition externe sont mesurées à l'aide d'un dosimètre photographique sur la poitrine. Ils sont utilisables pour les photons X et γ ainsi que pour les électrons β d'énergie supérieure à 1 MeV. D'autres dosimètres peuvent être portés pour donner des indications complémentaires (irradiation des doigts, de la tête).

Pour mesurer l'exposition externe d'ambiance au voisinage de sources, on utilise des débitmètres (appareils à chambre d'ionisation, compteurs Geiger-Muller ou appareils de détection et de mesure de neutrons). L'unité utilisée est le Sv/h. Pour la contamination des surfaces, l'unité utilisée est le Bq/cm². Les principaux types de détecteurs sont les suivants : compteur Geiger-Muller,

compteur proportionnel à fenêtre mince ou à circulation de gaz, scintillateur activé. Le choix du type d'appareil dépendra du type de radiations à mesurer.

Prévention

Les principes de prévention tendent à diminuer les expositions au-delà du strict respect des valeurs limites. Ils sont les suivants :

- Toute irradiation doit avoir un résultat utile qui la justifie.
- Toute irradiation justifiée doit être aussi faible que cela est raisonnablement possible (ALARA)
- Pour chaque individu, certaines doses limites ne doivent pas être dépassées.

Dans les techniques de radioprotection, il existe principalement trois manières de se protéger des irradiations externes : en limitant le temps d'irradiation, en s'éloignant de la source ou encore en absorbant le rayonnement par l'interposition d'un écran. Pour se protéger d'une contamination interne, deux éléments sont importants : la décontamination systématique des objets et des personnes et la protection personnelle.

La prévention est complétée par une surveillance médicale (formule sanguine, atteinte de la peau et des ganglions lymphatiques) et par les contrôles périodiques (mesures physiques).

Bibliographie

- **AIHA**, «*The Occupational Environment - its Evaluation and Control*», 1997
- **INRS**, «*Extrait de la collection: Hygiène industrielle*», Techniques de l'ingénieur, Doc. A 8630a, 1997
- **SuvaPro**, «*Les radiations ionisantes*», 2869/4.f, 1989
- **IRA**, «*Cours de formation en radioprotection destiné aux services d'intervention et du cours de formation destiné aux experts en radioprotection*», Institut universitaire de radiophysique appliquée, 1007 Lausanne
- "Loi fédérale sur la radioprotection du 22 mars 1991 (LRaP)", RS 814.50, "Ordonnance sur la radioprotection du 22 juin 1994 (ORap)"; RS 814.501

D.2.4 Rayonnement optique et lasers

Bien connu pour ces effets bénéfiques, le rayonnement optique solaire présente aussi des risques d'atteinte à la santé non négligeables. Les "trous" présents dans la couche d'ozone ont d'ailleurs largement contribué à sensibiliser le public à ce problème. Dans le domaine professionnel, le rayonnement solaire ne constitue qu'une des nombreuses sources d'exposition aux rayonnements optiques. En effet, les sources de rayonnements artificielles, comme les lasers, présentent du fait de leur intensité des risques particuliers.

Introduction

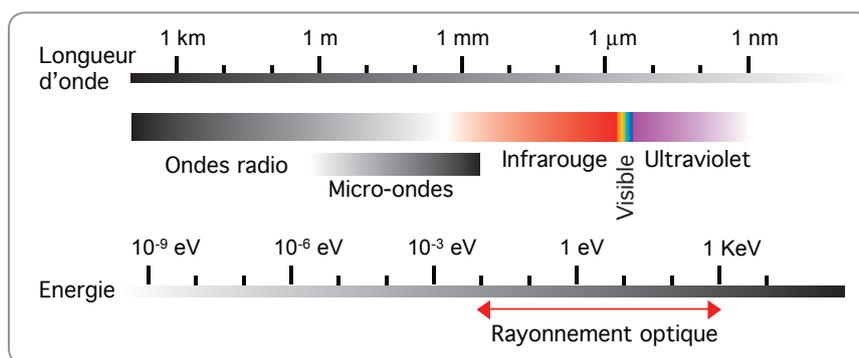


Figure D.18: Les radiations non-ionisantes

Les radiations non-ionisantes sont les ondes électromagnétiques qui n'ont pas une énergie suffisante pour transformer les atomes en ions. Les radiations de longueur d'onde inférieure à 100 nm (UV-C) sont dans le domaine des ionisants.

Spectre électromagnétique

Les longueurs d'onde des rayonnements optiques sont comprises entre 1 nm et 1 mm. Ce domaine couvre la partie visible du spectre (comprise entre 400 et 800 nm), mais aussi le domaine infrarouge et ultraviolet. L'énergie du rayonnement est inversement proportionnelle à sa longueur d'onde. On notera que les ultraviolets lointains, de haute énergie, sont déjà dans le domaine des rayonnements ionisants.

Dangers des radiations non-cohérentes

D'une façon générale, plus la fréquence d'une onde électromagnétique est élevée, plus son énergie est élevée et plus le risque pour la santé est grand. Ainsi, le rayonnement UV est beaucoup plus dangereux pour la santé que le rayonnement infrarouge. Le rayonnement ultraviolet peut provoquer brûlures, cataractes et cancers, alors que le principal effet du rayonnement infrarouge sur l'organisme est d'élever la température des tissus. Pour cette raison, nous nous concentrons ici sur les effets des rayonnements visibles et UV, l'effet des rayonnements infrarouges étant déjà abordé dans les documents relatifs au stress thermique.

Les UV présents dans le rayonnement solaire constituent la principale source de danger liée au rayonnement optique. La plupart des rayons ultraviolets atteignant la peau sont absorbés par

l'épiderme. Dans l'œil, la plus grande partie des UV est absorbée par la couche de larmes, la cornée et le cristallin. Les rayons de longueur d'onde supérieure à 295 nm peuvent toutefois parvenir jusqu'à la cornée (UV-A).

Les rayonnements UV ont deux types d'effets sur l'homme. Les effets non-stochastiques, d'une part, dépendant de la dose reçue, tel que les coups de soleil (érythème) ou la conjonctivite. Les effets stochastiques, d'autre part, tel que le cancer de la peau, qui se manifestent souvent de façon différée. Pour ces derniers effets, c'est la probabilité d'occurrence du dommage plutôt que sa gravité qui est fonction de la dose de rayonnement.

Lasers



La particularité des lasers (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) est d'émettre un faisceau de lumière cohérente et dirigée. Lorsqu'un rayon laser touche un objet, l'énergie de rayonnement est concentrée sur un minuscule point d'impact. Les lasers peuvent émettre de la lumière dans l'ensemble du spectre lumineux, allant de l'infrarouge lointain à l'ultraviolet lointain (180 à 10^6 nm).

Ces dernières années, l'utilisation des lasers dans le domaine médical et scientifique a connu une expansion importante. La capacité des faisceaux lasers de focaliser une grande quantité d'énergie sur une petite surface provoque des effets intéressants. Selon l'exposition provoquée, il est par exemple possible de coaguler des tissus, de couper ou de vaporiser des matériaux. Les lasers sont par exemple utilisés en chirurgie, en métallurgie ou en télémétrie.

Dangers propres aux rayonnements lasers

Les rayons lasers peuvent provoquer des brûlures graves en cas d'exposition des yeux. Du fait de la concentration importante du faisceau lumineux, de faibles puissances (quelques milliWatts) suffisent à provoquer des dommages. Le rayonnement laser infrarouge, invisible à l'œil nu, est particulièrement dangereux pour les yeux. Les lasers utilisés dans le domaine médical peuvent provoquer des dommages de la peau allant de la brûlure légère à l'incision profonde. Les longueurs d'onde UV-B,C et IR-B,C sont celles qui présentent le plus de risques pour la peau.

Danger	Classe	Dangers
	1	pas de danger, intrinsèquement sûr
	2	faible, le réflexe des paupières protège les yeux, puissance limitée
	3A	modéré, en l'absence d'instruments d'optique (p.ex lentilles), les dommages possibles sont limités
	3B	important, le rayonnement peut causer des lésions oculaires, même après un bref temps d'exposition
	4	critique, le rayonnement direct ou réfléchi est très dangereux pour la peau et les yeux

Les lasers sont classés en quatre classes, par ordre croissant de niveau de danger. Les lasers de classe 3B et 4 présentent des risques inhérents de brûlure des yeux. Dans le cas des lasers de classe 3A, ce risque existe lorsque des instruments optiques sont utilisés (p.ex. lentilles, jumelles).

Mis à part les dommages directs engendrés par l'impact direct du faisceau sur l'homme, les lasers peuvent provoquer des dommages indirects: l'impact des rayons lasers de puissance importante (>0,5 W, classe 4) sur certaines matières peut libérer des substances toxiques (dégagement d'acide fluorhydrique par impact sur le téflon); le traitement des tissus biologiques provoque des fumées irritantes et potentiellement nocives, l'impact des rayons lasers de forte puissance (>5 W) sur certains matériaux peut provoquer des incendies.

Enfin, du fait des hautes tensions nécessaires à leur fonctionnement, les équipements lasers présentent des risques d'électrocution. Ceci en particulier lors d'une intervention inappropriée sur l'appareil.

Populations exposées aux rayonnements optiques

Les populations principalement exposées aux dangers des rayonnements optiques sont: les travailleurs en plein air (en particulier en altitude où le rayonnement est plus fort) ou les personnes travaillant à proximité d'une source artificielle de rayonnement UV. Outre les lasers, les postes de soudage à arc, les installations de stérilisation, ou certains procédés de reproduction graphique peuvent constituer des sources d'émissions d'UV. Il existe aussi de nombreuses sources de rayonnement infrarouge dans le domaine industriel (corps chauds, flammes, lampes à incandescence,...).

Mesures préventives

Il est relativement facile de se protéger du rayonnement solaire, qui est arrêté par la plupart des vêtements. En cas d'exposition importante, on utilisera des crèmes et des lunettes de protection solaires pour limiter l'exposition des parties découvertes. La prévention contre les sources de rayonnements UV artificielles, souvent plus intenses, nécessite des mesures plus importantes: lunettes de protection spécifiques au spectre d'émission de la source, habits couvrants, écrans de protection...

Mesures propres aux lasers

La sécurité des lasers fait l'objet de nombreuses règles et recommandations au niveau national et international. Ces équipements font notamment l'objet d'une norme européenne (EN 60825-1). Sans entrer dans le détail de ces recommandations, il convient de mentionner que les exigences en matière de sécurité dépendent essentiellement de la classe du laser utilisé. Alors que seules des mesures de prévention de type organisationnel sont nécessaires jusqu'aux lasers de classe 2, l'utilisation des lasers de classe supérieure, en particulier des classes 3B et 4, nécessite des équipements de protection particuliers (restriction d'accès à la zone, lunettes de protection, lutte contre les réflexions...).

Bibliographie

-
- **OMS**, *La protection contre les rayonnements non ionisants*. 2^{ème} édition, série européenne n° 25. 1988.
 - **OMS**, *Rayonnement ultraviolet. Critères d'hygiène de l'environnement No 14*, 1980.
 - **EN 60825-1**, *Sécurité des appareils à laser*, 1994.
 - **INRS**, *Le point des connaissances sur ...les lasers*. ED 5009., 2004.
 - **INRS. Dyevre P.; Merelau P.**, *Effets sur la santé de l'exposition professionnelle aux rayonnements ultraviolets*, Dossier médico-technique, TC 48, 1994.

D.2.5 Radiofréquences et rayonnements de basse fréquence

Il n'existe pas de certitude à l'heure actuelle quant aux véritables effets chroniques des champs électromagnétiques. Ce sujet, encore à l'étude, fait en effet l'objet de nombreuses controverses. Les implications économiques et sociales importantes mises en jeu contribuent d'ailleurs à obscurcir le débat. Bien que seuls les effets biologiques directs des champs soient connus avec certitude, ces considérations ont conduit à l'introduction de normes d'exposition au niveau national et international.

Introduction

Depuis de nombreuses années, les effets des champs électromagnétiques (CEM) sur la santé font l'objet d'un débat scientifique intense. Le sujet de controverse principal réside dans l'éventualité d'effets mutagènes, tératogènes et cancérigènes suite à une exposition à long terme aux CEM, particulièrement à ceux de basse fréquence (typiquement 50 Hz).

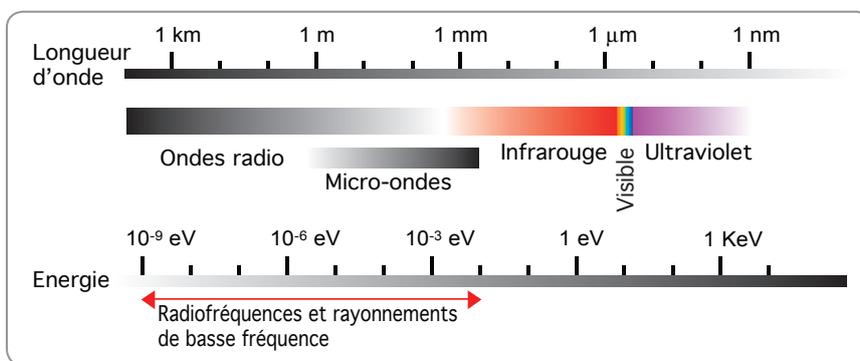


Figure D.19: Les radiations non-ionisantes

Les sources de CEM abondent, que ce soit dans l'environnement public ou professionnel (lignes à haute tension, sous-stations électriques, antennes émettrices, appareils médicaux, ordinateurs, téléphones mobiles, ...). Les enjeux économiques sont considérables et on comprend dès lors les débats animant ce sujet. Les préoccupations relatives aux nuisances électromagnétiques ont conduit à l'introduction de valeurs limites dans de nombreux pays et à des recommandations sur le plan international.

Champ électrique et magnétique

La présence de charges électriques suffit à créer un champ électrique **E** [Volts/mètre]. Le champ magnétique **H** découle quant à lui du déplacement des charges électriques, donc d'un courant électrique. Ce dernier champ peut être exprimé de deux manières: comme champ magnétique **H** [Ampère/mètre] ou comme champ d'induction magnétique **B** [Tesla]. Ces deux grandeurs sont liées par la relation:

$$B = \mu_0 H$$

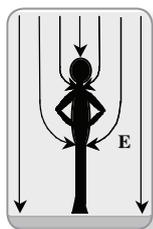
μ_0 : Perméabilité magnétique du vide

Mécanismes d'interaction

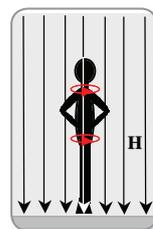
Les champs magnétiques et électriques interagissent avec des éléments chargés ou présentant simplement une polarité. L'organisme humain est largement pourvu en molécules électriquement chargées ou polaires (ions Ca^{++} , Na^+ , H_2O , protéines,...). Les interactions possibles entre ces espèces et les champs H et E sont donc susceptibles de «perturber» le fonctionnement normal du métabolisme.

Exposition aux CEM

Les effets dépendent du type de tissus ainsi que de la fréquence et du type de champ.



*Corps humain plongé dans un champ électrique.
Les lignes de champ sont déformées.*



*Corps humain plongé dans un champ magnétique.
Les lignes de champ ne sont pas déformées.*

Comme la conductivité électrique du corps humain est beaucoup plus grande que celle de l'air, les lignes de champ de E sont distordues. Seule une infime fraction du champ électrique pénètre à l'intérieur de l'organisme (intensité du champ réduite d'un facteur 10^6). Les courants induits par E sont si faibles que toute détérioration des cellules peut être exclue.

La perméabilité magnétique des tissus vivants étant très proche de celle de l'air, H pénètre à l'intérieur de l'organisme et les lignes de champ ne sont pas perturbées. Des courants électriques internes apparaissent, particulièrement au niveau du cou et de la taille.

Absorption d'énergie provenant des CEM

Bande de fréquence	Type d'absorption
<100 kHz	pas d'absorption
100 kHz – 20 MHz	Absorption dans le tronc, le cou et les jambes
20 MHz – 300 MHz	Haute absorption dans le corps entier Fréquence de résonance (entre 70 et 100 MHz pour l'homme selon sa taille)
300 MHz – 10 GHz	Absorption non-uniforme
10 GHz	Absorption en surface

Les différents types d'absorption selon la fréquence du champ électromagnétique.

Une absorption d'énergie significative ne peut être atteinte qu'avec des champs électromagnétiques de fréquence supérieure à 100 kHz. On observe alors une augmentation de la température de certains tissus.

Effets biologiques

De nombreuses études épidémiologiques tentent d'établir un lien entre une exposition à long terme aux CEM de basse fréquence (jusqu'à 100 kHz) et un risque accru de cancer (ex. : Possibilité d'un accroissement du taux de leucémies, particulièrement chez les enfants, pour les habitations situées sous des lignes HT). Cependant, à l'heure actuelle, aucun résultat concluant n'a été obtenu.

Les études portant sur un éventuel accroissement du risque de cancer lié aux champs de hautes fréquences (100kHz-300GHz) ne sont pas significatives pour le moment (résultats incohérents et controversés). Des expériences d'exposition à des champs intenses, effectuées sur des volontaires, ont toutefois permis de mettre en évidence des effets biologiques (stimulation nerveuse, stimulation musculaire, échauffement des tissus, déficience oculaire, lipoperoxydation...)

Les recherches effectuées jusqu'à ce jour montrent que la réponse biologique à des champs pulsés est importante (effets auditifs, effets sur la vision). On entend par « champ pulsé » un champ dont la durée du pic d'intensité est inférieure à 0.1 seconde. On envisage également la possibilité d'effets fenêtré, limités à des bandes de fréquence étroite.

Directives pour limiter l'exposition aux CEM

Les effets chroniques des CEM n'étant pas démontrés, les normes d'exposition actuelles sont basées sur les effets biologiques immédiats connus (stimulation nerveuse et musculaire, élévation de la température des tissus, etc.). A ces **limites fondamentales**, dont les critères diffèrent selon la fréquence du champ, sont ajoutées des marges de sécurité plus ou moins importantes pour tenir compte de la suspicion d'effets chroniques. La population exposée n'étant pas la même, les normes d'exposition des travailleurs diffèrent sensiblement de celles du grand public.

Fréquence	H [kA/m]	B [mT]	E [kV/m]
Statique	163	200	40
Fréquence [Hz]	H [A/m]	B [mT]	E [kV/m]
16 2/3	1200	1.5	20
50	400	0.5	10
400	50	0.062	1.25
30'000	24.4	0.0307	0.61
Fréquence [MHz]	H [A/m]	B [μ T]	E [V/m]
13.56	0.16	0.20	61
27.12	0.16	0.20	61
40.68	0.16	0.20	61
433.92	0.17	0.21	62.5
900	0.24	0.30	90
1800	0.34	0.42	127
2450	0.36	0.45	137
5800	0.36	0.45	137
24125	0.36	0.45	137

Valeurs de référence pour l'exposition aux CEM à la place de travail (normes fixées par la SUVA)

En Suisse, l'exposition publique aux CEM est régie par l'Ordonnance sur la protection contre les radiations non-ionisantes (ORNI) alors que les limites d'exposition professionnelles sont fixées par la SUVA (pour les sources de CEM associées aux processus de travail). On notera que l'ORNI fixe, à titre de précaution, une valeur limite de 1 μ T pour les champs de 50 Hz.

En règle générale, des dépassements des limites d'exposition professionnelle ne peuvent être observées qu'à proximité de sources intenses (centrales électriques, installations médicales particulières, soudage haute fréquence...)

Bibliographie

- **OMS**, *La protection contre les rayonnements non ionisants. 2ème édition*, série européenne n° 25. 1988.
- **OMS**, *Instauration d'un dialogue sur les risques dus aux champs électromagnétiques*, (en préparation).
- **SuvaPro**, *Valeurs limites d'exposition aux postes de travail 2001. Règles N° 1903.f*, éd. février 2001.
- *Ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant*, (ORNI) RS 814.710
- **IRSST. Levallois P.; Gauvin D.; Lajoie P.; Saint-Laurent J.**, *Bilan des normes et recommandations d'exposition aux champs électromagnétiques (0 à 300 GHz) et au rayonnement ultraviolet. Rapport B-047*, 1996.
- **INRS**, *Champs électriques. Champs magnétiques. Ondes électromagnétiques. Guide à l'usage du médecin du travail et du préventeur.*, ED 785, 1995.

D.2.6 Le stress thermique

Les ambiances thermiques conduisent à des astreintes physiologiques se manifestant sous diverses formes. L'exposition à la chaleur peut, à l'extrême, aboutir à des syndromes d'hyperthermie très graves. A l'opposé, l'exposition au froid a le plus souvent pour conséquences des pathologies locales de type engelures ou gelures. Il convient donc de savoir mesurer les différents termes de la charge thermique imposée à un travailleur, de façon à pouvoir proposer des moyens de protection adaptés.

Introduction

La connaissance des effets sur l'homme des ambiances thermiques a beaucoup progressé lors de ces trente dernières années. Parmi les différents acquis, on peut citer la mise au point de modèles fiables de prévision de l'astreinte à partir de la mesure de la contrainte thermique. Pourtant certaines situations particulières de travail, telles les ambiances radiantes très hétérogènes ou les expositions brèves et répétées à des ambiances sévères, se prêtent mal à la modélisation. Les mesures physiologiques restent alors indispensables.

Effets physiologiques

Les ambiances thermiques peuvent avoir des effets sur la santé (hypothermie ou hyperthermie) mais aussi sur la sécurité du travailleur (altération des performances mentales et physiques). Lors de l'analyse d'un environnement thermique, il convient en outre de tenir compte des fortes variations physiologiques interindividuelles.

Ambiances froides: les pathologies aiguës sont représentées par le refroidissement de tout le corps (hypothermie) ou le refroidissement local excessif (gelure, engelure). Le refroidissement des mains a déjà comme conséquence une diminution de la dextérité. D'une manière chronique, on admet que le froid est un facteur de risque favorisant certaines affections respiratoires et vasculaires.

Ambiances chaudes: Les deux pathologies aiguës dues à une exposition trop longue ou trop sévère au chaud sont l'hyperthermie (augmentation de la température corporelle) et la déshydratation (sudation trop importante). D'une manière chronique il semblerait que l'infarctus, les affections gastro-intestinales et certaines maladies de la peau soient favorisées par le travail à la chaleur.

La balance thermique

L'homme dispose d'un système de thermorégulation qui lui permet de garder constante sa température centrale pour des productions de chaleur de son organisme et des conditions thermiques du milieu ambiant, variables entre certaines limites. On dit que l'homme est un homéotherme.

Quand la température corporelle est stable, les échanges thermiques avec le milieu extérieur se font suivant l'équation:

$$M + K + C + R + E = 0$$

M = flux d'énergie produit par le métabolisme des organes (toujours positif)

K = flux d'énergie perdu par conduction

C = flux d'énergie perdu par convection

R = flux d'énergie perdu par rayonnement

E = flux d'énergie perdu par évaporation (toujours négatif)

Le bilan thermique doit être égal à zéro, sinon il y a échauffement progressif (ou refroidissement) de l'organisme. Dans le cas de l'activité musculaire même modérée, la déperdition thermique par l'organisme pendant le travail est insuffisante et il y a augmentation de la température centrale. Les possibilités de l'organisme pour assurer la déperdition thermique dépendent des conditions thermiques ambiantes. Les échanges thermiques basés sur la conduction sont très limités chez l'homme. Dans le cas des échanges par rayonnement, les sources étant le plus souvent plus intenses que le corps humain, ceux-ci se font dans le sens d'un apport de chaleur à l'opérateur.

Les échanges par convection sont très dépendants de la température de l'air. Si celle-ci dépasse la température cutanée, les échanges par convection vont, eux aussi, entraîner une élévation de la température corporelle.

En ambiance chaude, il ne reste donc comme possibilité d'évacuation de chaleur vers l'extérieur, que les échanges thermiques par évaporation. Ceux-ci sont essentiellement dépendants de l'humidité ambiante (aucune évaporation n'est possible si l'air est saturé en humidité) et de l'eau corporelle disponible.

Le calcul des échanges thermiques se révèle difficile et riche en approximation, aussi un certain nombre de normes d'évaluation du confort thermique ont-elles vu le jour, facilitant l'analyse de la situation de l'opérateur vis-à-vis de l'ambiance thermique

Métérologie

Pour calculer un bilan thermique, il est nécessaire de mesurer les grandeurs liées à l'environnement physique et au sujet (métabolisme et isolement thermique du vêtement).

Grandeurs physiques: Les 4 grandeurs fondamentales sont la **température sèche de l'air (t_a)** en °C mesurée à l'aide d'un thermomètre à mercure, une sonde à résistance ou un couple thermoélectrique, **l'humidité absolue (p_a)** en kPa mesurée à l'aide d'un psychromètre ou une sonde à chlorure de lithium, la **vitesse de l'air (V_a)** en ms^{-1} mesurée à l'aide d'un anémomètre et la **température moyenne de rayonnement (t_g)** en °C mesurée à l'aide d'un globe noir. Ensuite, la grandeur dérivée la plus utilisée est la **température humide naturelle (t_{nw})**, en °C mesurée à l'aide d'un thermomètre humide ventilé naturellement qui intervient dans le calcul de l'indice WBGT.

Métabolisme: l'activité physique entraîne une production de chaleur. Pour mesurer ce métabolisme on utilise la fréquence cardiaque et surtout l'estimation du métabolisme (décomposition de la tâche en gestes et postures élémentaires).

Isolement thermique des vêtements: le vêtement offre une résistance à l'écoulement de chaleur entre la peau et l'environnement. L'unité usuelle de mesure de l'isolement thermique des vêtements est appelée le **clo**:

$$1 \text{ clo} = 0.155 \text{ } ^\circ\text{C m}^2 \text{ W}^{-1}$$

La norme ISO 9920 permet d'estimer l'isolement thermique des vêtements.

Evaluation

A partir de ces différentes grandeurs, il est possible de calculer des indices empiriques ou analytiques capables de décrire grâce à une valeur simple la contrainte thermique. Deux indices empiriques seront présentés: Le **Wind Chill Index (WCI)** pour les expositions froides, et le **Wet Bulb Globe Temperature (WBGT)** pour les expositions chaudes. Ainsi qu'un indice analytique: le **Sudation Requisite (SW_{req})** pour les contraintes chaudes.

Wet Bulb Globe Temperature (WBGT)

$$\text{WBGT} = 0.3 t_g + 0.7 t_{nw}$$

Pour les expositions à l'intérieur du bâtiment

$$\text{WBGT} = 0.2 t_g + 0.7 t_{nw} + 0.1 t_a$$

Pour les expositions extérieures

Sudation Requisite (SW_{req}). Cet indice calcule le débit sudoral nécessaire au maintien de l'équilibre du bilan thermique. Lorsque cet équilibre n'est pas possible ou si le maintien impose une sudation excessive, l'indice permet de calculer une durée limite d'exposition.

Dans certaines conditions, l'application des indices est délicate (expositions brèves, variabilité, contrainte importante, etc.). Dans ces cas, la surveillance médicale sera nécessaire.

Dans les cas où l'appareillage ou les compétences font défaut, il peut s'avérer utile de disposer d'outil simplifié d'évaluation (voir référence no 8, Travailler à la chaleur...Attention!, CSST, Canada).

Réglementation

La résistance à la chaleur variant fortement d'un individu à l'autre, il est impossible d'indiquer des valeurs limites d'exposition. La SUVA considère qu'une activité est nuisible pour la santé si elle provoque une élévation de la température corporelle au-dessus de 38°C. D'autres critères peuvent être pris en considération par le médecin du travail: fréquence cardiaque, quantité de sueur produite. Pour juger de la chaleur à laquelle l'organisme est soumis, la SUVA propose de mesurer les facteurs climatiques (température, humidité, mouvements de l'air et rayonnement calorifique) et les facteurs individuels de la charge (durée, difficulté, habillement, acclimatation, etc.). Pour apprécier les résultats, la norme EN 27243 est citée.

Métabolisme M		Valeurs repères du WBGT			
Rapporté à l'unité de surface cutanée (W/m ²)	Total pour une surface cutanée moyenne de 1,8 m ² (W)	Personne acclimatée à la chaleur		Personne non acclimatée à la chaleur	
		T(°C)		T(°C)	
M ≤ 65	M ≤ 117	33		32	
65 < M ≤ 130	117 < M ≤ 234	30		29	
130 < M ≤ 200	234 < M ≤ 360	28		26	
200 < M ≤ 260	360 < M ≤ 468	Aucun mouvement perceptible de l'air	Mouvements perceptibles de l'air	Aucun mouvement perceptible de l'air	Mouvements perceptibles de l'air
		25	26	22	23
M > 260	M > 468	23	25	18	20

Valeurs repères basées sur l'indice WBGT (norme EN 27243)

Bibliographie

- **Norme internationale ISO 7243 deuxième édition 1989-08-01**, "Ambiances chaudes – Estimation de la contrainte thermique de l'homme au travail, basée sur l'indice WBGT
- **INRS**, "Extrait de la collection: Hygiène industrielle", Techniques de l'ingénieur, Doc. A 8630a, 1997
- **Ministère fédéral de l'Emploi et du Travail**, "Ambiances thermiques de travail, stratégie d'évaluation et de prévention des risques", Bruxelles, 1998
- **SuvaPro**, "Valeurs limites d'exposition aux postes de travail", 1903.f
- **SuvaPro**, "Prophylaxie médicale lors des travaux souterrains en ambiance chaude et humide", réf. 2869/26, 2002
- **Seco**, "Commentaire des ordonnances 3 et 4 relatives à la Loi sur le travail", 710.250, 1995
- **EP EPA-OSHA**, Guide relatif à la contrainte thermique en agriculture, 1993, A guide to heat stress in agriculture, mai 1993
- **CSST**, Travailler à la chaleur...Attention ! La prévention j'y travaille, Canada, DC100-1125 (2004-05), http://www.csst.qc.ca/portail/fr/publications/DC_100_1125.htm
- **Stratégie Sobane appliquée aux ambiances thermiques de travail**, Belgique, <http://www.sobane.be/fr/chaleur.html>

D.2.7 Environnements hypo- et hyperbares

Bien que peu répandus, les environnements hypobares ou hyperbares présentent des risques potentiels importants chez les populations exposées, comme les plongeurs professionnels. Ces derniers s'exposent aux risques physiologiques immédiats liés à une variation brutale de pression, aux effets insidieux d'un séjour prolongé en milieu hyperbare mais aussi aux effets retardés de la maladie de décompression

Introduction

Les environnements en surpression ou en sous-pression, respectivement appelés hyperbares et hypobares, présentent des dangers particuliers. Bien qu'une population limitée de travailleurs soit exposée à des gradients de pression suffisamment importants pour être dommageables, les dangers de ces environnements sont particuliers et leur maîtrise nécessite des connaissances spécifiques.

Les plongeurs professionnels sont les travailleurs les plus couramment exposés au milieu hyperbare. Depuis quelques années, les environnements hyperbares sont aussi rencontrés dans le domaine des ouvrages souterrains, du fait de l'apparition des boucliers à pression de boue sur les tunneliers. Enfin, des chambres hyperbares sont aussi utilisées dans le domaine médical, notamment pour contrecarrer les effets secondaires des accidents de plongée.

A l'exception des cosmonautes, l'exposition aux milieux fortement hypobares est, elle, généralement accidentelle. Ce type d'exposition peut survenir dans des installations industrielles ou scientifiques présentant de larges volumes sous vide ou lors de décompressions accidentelles dans le domaine aéronautique (aviation civile ou militaire). On notera que l'environnement hypobare lié au travail en altitude peut aussi conduire à des atteintes à la santé (acclimatation à l'altitude), le niveau de basse pression atteint dans ces environnements est toutefois beaucoup plus limité que dans le cas de l'aérospatiale.

Effets physiologiques

La plupart des dommages associés à la pression proviennent généralement d'une variation trop rapide de pression, plutôt que de la pression ambiante proprement dite. Les principaux effets des environnements hypobares ou hyperbares sont décrits ci-dessous :

L'hypoxie

Dans les environnements fortement hypobares, la pression partielle en oxygène (PO₂), n'est pas suffisante pour permettre un processus de respiration normal. Cet effet, qui commence généralement à se manifester à des pressions de l'ordre de 0,8 atm, devient d'autant plus aigu que la pression est basse. Incapacitante (diminution des réflexes, des facultés de concentration, essoufflement) à des niveaux de pression de l'ordre de 0.65, l'hypoxie peut conduire, en l'absence de contre-mesures rapides à la perte de conscience et au décès à des seuils de pression plus bas.

L'hyperoxygénation

Des concentrations élevées en oxygène, comme c'est le cas dans les milieux hyperbares du fait de la pression partielle élevée en oxygène (PO₂), peuvent avoir des effets nuisibles sur la santé,

notamment sur le système nerveux. L'hyperoxygénation peut avoir deux types d'effets : une atteinte pulmonaire (alvéolite chronique), appelée effet Lorrain-Smith qui peut se manifester à des PO_2 relativement modérées (>40 kPa), et un effet neurotoxique, appelé effet Paul Bert, qui se manifeste par une crise d'épilepsie et qui peut survenir lorsque l'oxygène est respiré sous pression (>200 kPa).

La maladie de décompression

On appelle maladie de décompression, l'ensemble des symptômes liés aux effets d'une chute de la pression ambiante sur les gaz dissous dans l'organisme. Les cas de maladies de décompression se rencontrent généralement chez les plongeurs (professionnels ou non-professionnels) qui ont subi une remontée en surface trop rapide.

Lors d'une diminution de pression, la quantité d'azote dissout dans l'organisme va progressivement s'abaisser sous l'effet de la diffusion. La dénitrogénéation des tissus est cependant un processus relativement lent. En cas de variation rapide de la pression (>10 Pa/s), l'élimination de l'azote n'est plus suffisante. Lorsque la chute de pression est importante ($>$ facteur 2), des bulles de gaz peuvent se former dans l'organisme sous l'effet de la sursaturation en azote. Ces bulles peuvent soit s'accumuler dans les tissus (déformation mécanique) soit se déverser dans le sang et provoquer des interruptions de la circulation (notamment dans les capillaires), ainsi qu'une augmentation de la viscosité du sang. Les symptômes de la maladie de décompression sont : douleurs articulaires, manifestations nerveuses, malaises pouvant se manifester de 3 minutes à plusieurs heures après l'exposition. Sans traitement adéquat en chambre hyperbare médicale, ces effets peuvent conduire à des séquelles importantes, voire au décès.

Les barotraumatismes

Lors d'une diminution de la pression extérieure, tous les gaz contenus dans les cavités fermées ou semi-fermées de l'organisme subissent une expansion de volume (loi de Boyle-Mariotte). Dans les cavités fermées ou dans les cavités munies d'un orifice insuffisant de communication avec l'extérieur (lorsque la vitesse de fuite du gaz n'est pas suffisante pour compenser la chute de pression extérieure), l'expansion des gaz internes provoque une déformation mécanique de ces cavités qui est à l'origine des barotraumatismes. Il existe plusieurs formes de barotraumatismes (intestinaux, pulmonaires, aérodontalgies, sinusites barotraumatiques, barotraumatismes de l'oreille interne).

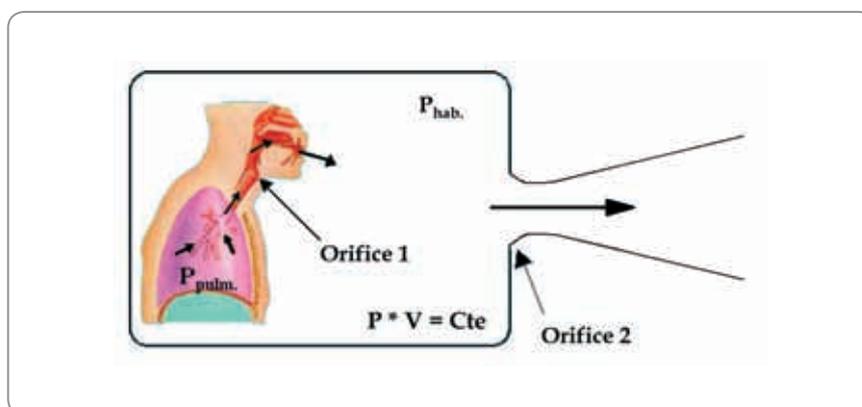


Figure D.20: Mécanisme du barotraumatisme pulmonaire

Les surpressions pulmonaires sont les barotraumatismes les plus graves. Une diminution brutale de la pression externe provoque une expansion des gaz contenus dans les poumons. La variation de pression est partiellement compensée par une expansion de la cage thoracique (relativement flexible) pouvant aller jusqu'à une expansion d'un facteur 2. Au-delà de ce point, c'est la pression interne des poumons qui croît. Lorsque la surpression intrapulmonaire dépasse 70-80 hPa, de graves lésions pulmonaires peuvent survenir (aéroembolie).

Le cas particulier de l'otite barotraumatique, pouvant survenir, à l'encontre des autres barotraumatismes, lors d'une augmentation de pression, doit être mentionné. La différence de pression entre l'oreille interne et externe peut en effet provoquer la contraction de la trompe d'Eustache, empêchant ainsi l'équilibrage entre ces deux compartiments. Cette situation, qui ne peut souvent être corrigée que par une réduction de la pression externe, peut conduire à une rupture du tympan.

Le risque de feu en milieu hyperbare

La pression partielle élevée en oxygène PO_2 présente dans les milieux hyperbares réduit l'énergie nécessaire à l'ignition et augmente la vitesse de propagation du feu. Ce phénomène est présent même lorsque l'air n'est pas enrichi en oxygène. La seule augmentation de la pression ambiante est suffisante pour favoriser les conditions de développement d'un incendie. Pour cette raison, des mesures préventives particulières doivent être prises dans les environnements hyperbares pour éviter tout risque d'ignition. Cela est particulièrement vrai lors de l'utilisation d'un mélange enrichi en oxygène, comme c'est le cas dans certains traitements thérapeutiques. En effet, dans ce type de milieu la vitesse de propagation de la flamme peut être suffisamment élevée pour provoquer un feu \leq éclair \leq et conduire à l'explosion de la chambre du fait de l'augmentation brutale de température et de pression.

Mesures de maîtrise du risque

La prévention de risques liés aux environnements hypo- ou hyperbares se fait essentiellement par des mesures techniques et organisationnelles. Les principes de cette prévention sont similaires d'un domaine à l'autre, il s'agit d'une part de réduire l'occurrence des situations dangereuses (décompression, ignition,...) et d'autre part d'en réduire les conséquences en limitant : (1) la vitesse de variation de la pression, (2) le niveau de surpression ou de dépression atteint et (3) la durée d'exposition au milieu hypo- ou hyperbare.

Les mesures spécifiques entreprises pour atteindre ces objectifs varient en revanche considérablement d'un domaine à l'autre, tant les situations techniques peuvent être différentes. D'une façon générale, ces mesures font l'objet de recommandations précises, propres à chaque domaine auxquelles elles s'appliquent. Ainsi, il existe des normes techniques relatives à la protection incendie en milieu hyperbare, à la prévention des décompressions accidentelles dans l'aviation, aux procédures de retour en pression normale lors d'une plongée, etc. Compte tenu de la complexité du domaine et des risques encourus, les entreprises confrontées à ce type de risque doivent autant que possible faire appel à des outils et compétences spécialisés.

Bibliographie

- **Nicogossian A. E., Hunton C. L., Pool S. L.**, *Space Physiology and Medicine*. 3rd ed. Lea & Febiger, Philadelphia, 1994.
- **Geraut C.**, *L'essentiel des pathologies professionnelles.*, Ellipses, Paris, 1995.
- **INRS**, *Plongée dans le risque hyperbare.*, Travail et sécurité , n° 586, juillet-août 1999.

D.3 Les risques biologiques

Depuis les années 70, les risques biologiques sont de nouveau sous les feux des projecteurs. On pense en priorité aux maladies infectieuses, mais ce domaine touche aussi le risque d'allergie, d'intoxication et même le risque de cancer. De nombreux secteurs professionnels sont concernés: des professions de la santé à l'agriculture en passant par la voirie. En France, une étude a montré qu'un travail sur dix était concerné par les risques biologiques !

Introduction

Différentes circonstances ont remis les risques biologiques sous les feux de l'actualité: la réapparition de maladies comme la tuberculose, l'émergence de résistances aux antibiotiques, l'identification de nouvelles maladies telles le SIDA et l'hépatite C et enfin, des épidémies de maladies peu connues du public comme la Listériose, la maladie d'Ebola ou la légionellose.

Les risques infectieux ne sont pas les seuls risques liés à l'exposition à des agents biologiques. D'autres pathologies font l'objet de nombreuses recherches: les pathologies respiratoires liées à l'exposition à des moisissures, des bactéries ou à tout autre matériel biologique (asthme, alvéolites allergiques extrinsèques, poumon du fermier, bronchite chronique, syndrome toxique de poussières organiques), les intoxications liées aux endotoxines (syndrome des égoutiers) et le risque de cancer lié à l'ingestion de mycotoxines ou à l'exposition à des virus oncogènes.

On entend donc par agents biologiques, les micro-organismes, y compris les organismes génétiquement recombinés, les parasites, les cultures cellulaires ou encore les fragments de cellules susceptibles de provoquer une infection, une allergie ou une intoxication.

On distingue deux groupes de secteurs d'activités présentant des risques biologiques: les activités où l'utilisation d'agents biologiques est délibérée (laboratoires de recherche, installations de production des industries biotechnologiques, techniques de dépollution, etc.) et les activités où l'exposition est potentielle (travail en milieu de soin, laboratoire d'analyses, agriculture, voirie, industrie agro-alimentaire, etc.)

Gestion du risque

Pour qu'il y ait une pathologie, quatre conditions sont suffisantes et nécessaires: il doit y avoir présence d'un réservoir assez important d'un agent biologique. Ces agents doivent être capables de se disperser vers un nouvel hôte, de trouver une porte d'entrée chez cet hôte qui doit être susceptible à l'agent en question. La gestion du risque va donc consister à rompre un des liens de la chaîne de l'infection (voir *Figure D.21*).

Pour qu'il y ait infection, six conditions sont suffisantes et nécessaires: il doit y avoir présence d'un agent pathogène, d'un réservoir assez important en nombre pour que l'organisme puisse y vivre et s'y reproduire, l'agent doit être capable de quitter le réservoir, de se mouvoir dans l'environnement, il doit y avoir une porte d'entrée et le nouvel hôte doit être réceptif à l'agent. La gestion du risque va donc consister à rompre un des liens de la chaîne de l'infection (voir *Figure D.21*).

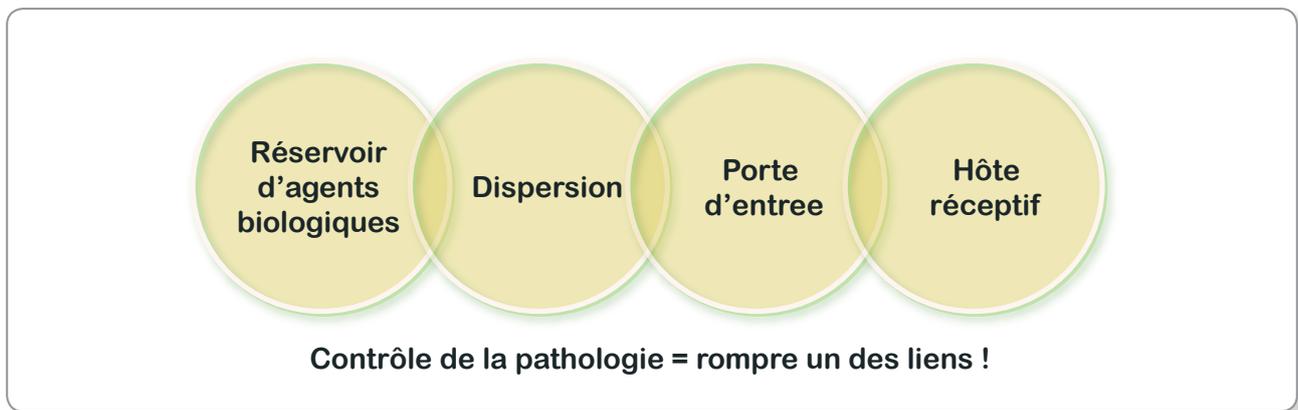


Figure D.21: Chaîne de l'infection

La première phase de gestion du risque va consister à identifier les réservoirs et les différents modes de transmission. Les modes de contamination sont les suivants: par inhalation, par ingestion ou par voie cutanée ou muqueuse (peau lésée ou par piqûre).

La méthode d'évaluation du risque biologique est différente de celle utilisée pour les agents chimiques ou physiques. En effet, les prélèvements d'air et la recherche systématique de micro-organismes sont rarement utilisés et il n'existe pas de limites d'exposition (un seul micro-organisme est capable de se multiplier et de provoquer une infection). L'évaluation sera surtout basée sur l'estimation qualitative des facteurs de risque liés à la nature de l'agent biologique, à la susceptibilité individuelle de l'hôte et aux conditions environnementales. Les facteurs de risque sont les suivants:

- Agent biologique: pathogénicité, résistance aux antibiotiques, virulence, etc.
- Transmission dans l'environnement: conditions climatiques, vecteurs, densité de population, etc.
- Porte d'entrée: état de la peau, protection personnelle, dose reçue, etc.
- Hôte: statut vaccinal, état immunologique, grossesse, etc.

La démarche de prévention primaire pour l'exposition délibérée est relativement simple. En effet, le danger est clairement identifié et une réglementation stricte existe (mesures de confinement, infrastructure, équipement et protections personnelles). Pour l'exposition potentielle, l'idéal est d'agir au niveau du réservoir, ce qui n'est pas toujours possible. Il s'agira le plus souvent de mettre des barrières entre le réservoir et l'homme (mesures d'hygiène, hottes de sécurité, protections personnelles). La dernière étape consiste à pratiquer des vaccinations qui visent à renforcer les défenses de l'individu susceptible d'être infecté. Il faut cependant garder en mémoire qu'il n'existe pas de vaccins contre toutes les maladies et que les employés ne sont que rarement exposés à un seul agent infectieux.

Réglementation

Que ce soit dans le Manuel II sur la prévention des accidents majeurs (OFEFP) ou dans les directives pour les travaux avec des organismes génétiquement modifiés de la Commission interdisciplinaire Suisse pour la Sécurité Biologique dans la recherche et la technique (CSSB), la

classification des micro-organismes en 4 classes découle de la directive européenne UE 90/679 abrogée et remplacée par la 2000/54/CE du 18.09.2000.

- Groupe 1: pas de maladie chez l'homme.
- Groupe 2: maladie chez l'homme, propagation improbable, traitement efficace (tétanos, rubéole, rougeole, etc.).
- Groupe 3: maladie chez l'homme, propagation possible, traitement efficace (hépatite C, HIV, tuberculose, etc.).
- Groupe 4: maladie chez l'homme, risque élevé de propagation, pas de traitement (virus des fièvres hémorragiques africaines, Ebola, etc.).

Pour chaque classe, un ensemble de mesures techniques, organisationnelles et de comportement est décrit.

Cette classification appelle plusieurs commentaires : Tout d'abord, il s'agit de micro-organismes connus, donc pour des activités où l'utilisation des agents biologiques est délibérée. Pour les activités où l'exposition est potentielle, la SUVA édicte des recommandations pour certains domaines d'activités (secteur sanitaire, laboratoires, etc.). Ensuite, les mesures de confinement préviennent les risques de dissémination aérienne dans l'environnement et les différents modes de transmission n'interviennent pas dans le classement. Enfin, il ne s'agit que de micro-organismes pathogènes infectieux. Les autres risques ne sont donc pas pris en compte.

Il n'existe aucune norme concernant les expositions aux agents biologiques dans l'air. Toutefois, la SUVA recommande de ne pas s'exposer à des concentrations plus élevées que : 10'000 UFC/m³ (unité formant colonie par mètre cube d'air) pour les bactéries totales, 1'000 UFC/m³ pour les bactéries Gram négatives et les champignons cultivables et 1'000 UE (unité d'endotoxines/m³) pour les endotoxines. Ces valeurs sont utiles pour l'évaluation de l'exposition dans les milieux agricoles, les métiers de l'environnement ou encore pour la qualité de l'air intérieur. Quant aux allergènes et aux toxines biologiques, il n'existe aucune recommandation.

Bibliographie

- **AIHA**, "The Occupational Environment - its Evaluation and Control", 1997
- **INRS**, "Le point des connaissances sur...Risques biologiques en milieu de travail", ED5002, 1999
- **SuvaPro**, "Prévention des maladies infectieuses transmises par voie sanguine dans le secteur sanitaire", 2869/30.f, 1998
- **SuvaPro**, "Prévention des maladies professionnelles dans les laboratoires de microbiologie diagnostique", 2869/27.f, 1995
- **SuvaPro**, "Tuberculose dans le cadre professionnel: risques et prévention", 2869/35.f, 2000
- **ACGIH**, « Bioaerosols : assessment and Control », Janet Macher, Editors, ISBN : 1-882417-29-1

D.4 Facteurs généraux liés à l'ambiance

Les facteurs d'ambiance regroupent une multitude de paramètres dont l'incidence directe sur la santé n'est pas nécessairement quantifiable (relation dose-effet insuffisamment connue) et qui ne sont en partie pas non plus mesurables. C'est par excellence un territoire de rencontres ou de recouvrements avec l'ergonomie, la psychologie du travail ou la physiologie. C'est aussi le lieu où convergent les problèmes dont l'origine est extérieure au poste de travail proprement dit.

Un des premiers déterminants de l'ambiance est évidemment donné par le lieu de travail. Dans leur immense majorité, les places de travail sont situées dans des bâtiments. Certains des agents en cause recourent des nuisances "classiques", rencontrées en association directe avec d'autres activités (bruit, aérosols, gaz et vapeurs, agents biologiques). Mais les niveaux sont généralement très inférieurs et suscitent donc d'autres effets. Certains paramètres caractérisant le milieu constituent des critères de qualité de l'ambiance de travail (éclairage, microclimat, qualité de l'air). Les valeurs cibles et les écarts par rapport à ces valeurs sont au départ des altérations du confort et, à ce titre, sujettes à d'importantes variations interindividuelles. Conjointement aux problèmes de stress au travail, elles participent au glissement des atteintes de santé dues au travail vers une prédominance des problèmes musculo-squelettiques et mentaux. Au niveau personnel, des facteurs psychosociaux peuvent intervenir dans la manière dont les occupants se sentent atteints ou menacés par leur environnement de travail. Ces facteurs sont des déterminants incontournables de la santé au travail et, lorsqu'ils interviennent, ils influencent aussi les chances de succès d'une intervention. L'hygiéniste du travail doit en tenir compte, même s'il lui est parfois inconfortable de se dégager de sa démarche analytique pour aborder de telles dimensions "molles" et essentiellement qualitatives. L'accent du travail propre de l'hygiéniste est néanmoins très souvent sur la qualité de l'air.

Les bâtiments ont à la base une fonction de protection et de séparation vis-à-vis d'influences extérieures (intempéries, bruit, indiscretion, agressions, etc.). L'espace enclos dans un bâtiment est qualifié d'intérieur, en anglais "**indoor**". Les sources d'agents aéroportés pouvant altérer la santé des usagers d'un bâtiment sont essentiellement :

- les occupants eux-mêmes (contagion, apport d'allergènes sur les vêtements, métabolisme),
- les matériaux de construction et d'équipement (COV = composés organiques volatils, fibres, aérosols),
- la contamination de parties du bâtiment ou de son équipement (agents microbiens, moisissures, allergènes),
- les activités humaines (tabagisme, processus de travail, entretien et nettoyage, travaux sur l'enveloppe ou l'aménagement des locaux),
- l'air extérieur (pollution, micro-organismes, autres allergènes).

Des recommandations ont vu le jour pour que l'air intérieur soit au moins aussi **salubre que l'air extérieur** et pour que la plupart des usagers se trouvent en situation de confort. En second lieu, on cherche à atteindre un plancher arbitraire d'insatisfaction de la part des usagers, p.ex. **pas plus de 20% de personnes insatisfaites**. Quelques exemples de contaminants chimiques rencontrés fréquemment dans les environnements construits sont présentés ci-dessous. Pour maîtriser ceux-ci, on recommande généralement un apport d'air frais de 15-30 m³/h par personne, augmenté à 30-70 m³/h par personne si l'on fume dans le local. Le renouvellement d'air minimum doit être de 1-3 fois par heure en l'absence de toute pollution particulière. En cas de ventilation naturelle seule, les orifices d'aération doivent représenter au moins 3 % de la surface au sol.

Polluant	Source	Valeur-guide	Remarques
CO ₂	Homme, combustion	600-1000 ppm	400 ppm air extérieur
CO	Combustion	5-10 ppm	
NO ₂	Combustion fossiles	50 ppb	moins qu'extérieur
SO ₂	Aucune	100 µg/m ³	moins qu'extérieur
Fumée de tabac	Fumeurs	aucune	régi par des règles
Aérosols	Variables	50-150 µg/m ³	
Fibres minérales	Isolations diverses	0.5 f/ml	
Ozone	Systèmes électriques, photocopieurs, air extérieur	0.05 ppm	irritant et producteur d'irritants secondaires
Formaldéhyde	Résines, colles	0.1 ppm	irritant/cancérogène
VOC	Divers matériaux	1 mg/m ³	

Exemples de polluants dans les milieux construits

Nous qualifierons de **maladies liées au bâtiment** (abréviation anglo-saxonne BRD pour building related disease) les affections présentant des manifestations cliniques objectives et associées à l'occupation d'un bâtiment déterminé. On peut discerner principalement cinq types de BRD : les maladies d'hypersensibilité (fièvre des humidificateurs, asthme, rhume des foins, rhinite et alvéolite allergiques), les maladies infectieuses (légionellose), les maladies contagieuses (grippe, refroidissements, tuberculose), les toxicoses (CO, oxydes d'azote, COV, fumée de tabac, endotoxines) et les risques de cancer du poumon (radon, fumée passive). Plus largement, les faisceaux de symptômes perçus par les occupants en association avec le bâtiment seront regroupés sous l'expression **symptômes liés au bâtiment** (BRI pour building related illness, BRS pour building related symptoms). Cette notion est en partie plus large que la précédente, en ce sens qu'elle inclut des perceptions qui peuvent être infra-cliniques ou des répercussions de gênes sensorielles. Les symptômes non-spécifiques liés au bâtiment comprennent en premier lieu le syndrome du bâtiment malade, dont l'équivalent anglais «**sick building syndrome**» (SBS) est déjà passé dans le langage courant. Ce syndrome réunit un faisceau de symptômes subjectifs d'irritation des muqueuses (nez, gorge, yeux), des maux de tête, des états de lassitude, des dessèchements de la peau et des yeux, occasionnellement des vertiges et des nausées.

Le SBS semble affecter principalement des bâtiments ventilés mécaniquement et surtout climatisés dans lesquels l'apport d'air extérieur frais est insuffisant. Les installations de traitement d'air peuvent constituer des sources de polluants, en particulier des COV, des fibres et autres particules et abriter des réservoirs de polluants biologiques. L'ensemble d'un réseau de ventilation doit être conçu, réalisé, exploité et entretenu selon de strictes normes d'hygiène. La position des prises d'air doit éviter la capture de polluants extérieurs localisés et la reprise de l'air vicié du bâtiment. Elles doivent être protégées contre la pluie, la neige et les contaminations animales ou végétales qui constituent des milieux de culture pour des contaminants biologiques. L'eau est l'ennemi N° 1 dans toute installation de pulsion en favorisant le développement de contaminants biologiques (condensateurs, humidificateurs, mousses, tours de refroidissement).

Les interventions sur plainte posent le problème de la vraie signification de la plainte. Mesurer n'importe quoi "pour voir" n'est jamais innocent, c'est le plus souvent contre-productif. La plainte parvient à l'hygiéniste après une phase d'élaboration qu'il ne maîtrise pas : amplification

psychogène, confusion des facteurs, influences externes. Dans la règle, la plainte n'est donc pas l'expression directe d'une relation de causalité entre une nuisance et un effet, mais celle d'un dommage perçu par la personne, qu'il soit réel ou simplement redouté.

Un des buts premiers de toute investigation sur plainte sera d'explorer le lien symptôme/bâtiment. Dans les troubles psychogènes de masse, le faisceau des symptômes tendra à être inhomogène et le profil de la propagation dans le temps et dans l'espace peut donner d'utiles indices d'une "contagion" de personne à personne plutôt que d'un problème inhérent au bâtiment ou à ses installations. Ainsi, on ne se contentera pas, dans la plupart, des cas, de procéder à des mesures des nuisances, mais on mettra tout d'abord l'accent sur l'origine et le développement des difficultés perçues. Cela fera appel notamment à une approche par visite, par interview et par questionnaires. Les mesures physico-chimiques ou biologiques seront ensuite interprétées dans ce contexte. Par exemple les mesures de CO₂ peuvent aider à mieux caractériser la ventilation.

D.5 Aspects ergonomiques

D.5.1 Généralités

L'automatisation et l'informatisation éloignent de plus en plus le travailleur des sources d'énergies mécaniques dangereuses et des nuisances physico-chimiques. Parallèlement, une augmentation considérable des contraintes mentales, psychosociales et physiques s'exerce sur lui. Les répercussions de ces transformations sur la santé se manifestent par des symptômes non spécifiques, comme des psychopathologies ou encore des troubles musculo-squelettiques. Dans un tel contexte, l'ergonomie a un rôle de premier plan à jouer. L'objet premier de l'ergonomie est l'activité et c'est par l'analyse de cet objet qu'elle apporte sa contribution au diagnostic des atteintes physiques et psychiques d'origine professionnelle.

Définition et but de l'ergonomie

L'ergonomie est une science pluridisciplinaire s'occupant de l'interaction entre l'être humain et ses conditions de travail. Le but principal de l'ergonomie est d'adapter le travail et les conditions de travail aux capacités et caractéristiques de la personne active. L'ergonomie ne se préoccupe pas seulement de la dimension des moyens de travail, elle s'intéresse aussi à l'organisation, au contenu et à l'environnement du travail. Dans ce sens, ses théories s'inspirent de la physiologie et de l'anthropométrie, mais aussi de la psychologie et de l'ingénierie.

Il existe deux courants complémentaires de l'ergonomie. « L'ergonomie est la mise en œuvre de connaissances scientifiques relatives à l'homme et nécessaires pour concevoir des outils, des machines et des dispositifs qui puissent être utilisés par le plus grand nombre avec le maximum de sécurité, de confort et d'efficacité » (définition de la Société d'Ergonomie de Langue Française – S.E.L.F). Il s'agit ici d'ergonomie de conception.

Mais il existe aussi de nombreuses situations de travail pour lesquelles il serait souhaitable d'améliorer la sécurité, le confort et l'efficacité. On utilise alors une ergonomie dite de correction.

Dans les deux cas, le but de la démarche ergonomique est, à partir de l'analyse de l'activité de travail, l'établissement de conditions de travail sûres et confortables pour l'ensemble des travailleurs et efficaces pour la production.

Toutes les formes de situations de travail sont susceptibles de faire l'objet d'une analyse ergonomique. L'ergonomie propose une investigation rigoureuse qui évite de se précipiter sur un seul aspect des conditions de travail et prend en compte la situation de travail dans sa globalité.

Travail prescrit, travail réel

L'ergonomie se caractérise aussi par le fait qu'elle fait clairement la distinction entre ce que doit faire théoriquement le travailleur (travail prescrit) et ce qu'il fait effectivement (travail réel).

Le travail prescrit constitue la référence théorique formalisée à laquelle l'entreprise rapporte la performance des travailleurs. Son analyse fait partie intégrante de la démarche ergonomique. Pour l'effectuer, il faudra rassembler les descriptions de postes, normes, consignes et procédures. Bref, tout ce qui est donné à l'opérateur pour définir, organiser, réaliser et régler son travail.

Mais travailler ce n'est pas appliquer un programme. C'est arbitrer entre ce que l'on demande et ce que ça demande. L'opérateur ajuste constamment son activité (il anticipe, corrige, inter-

prête,...). *Il y a toujours une différence entre le travail prescrit et le travail réel.* C'est lors de la gestion des incidents qu'apparaît le plus clairement cette différence. Il est donc important d'observer et d'analyser sur place les postes de travail.

Les déterminants de l'activité de travail

Une situation de travail peut-être décrite comme une confrontation de divers éléments. Décrire une situation de travail, c'est donc répondre à une série de questions sur les objectifs, les moyens et les conditions d'exécution.

Les objectifs du travail :

- *Pour quoi faire ?* productions à assurer, services à assurer, contrôles à effectuer

Les moyens mis en œuvre pour atteindre l'objectif :

- *Qui fait le travail ?* âge, sexe, qualification, formation, expériences professionnelles, ancienneté, statut. L'ergonomie prend en compte la variabilité inter-individuelle pour proposer des aménagements souples qui puissent s'adapter aux particularités de chacun.
- *Avec qui ?* organisation des équipes (collaboration, polyvalence, etc.), hiérarchie
- *Avec quoi ?* matériaux, matériels, outils

Les conditions d'exécution :

- *Où ?* cadre architectural, espaces de travail, espaces de circulation et de stockage, flux de matières et personnes, ambiances physiques
- *Quand ?* durée du travail, horaires, rythme de travail, cadences
- *Comment ?* technologies, modes opératoires, autonomie

L'ensemble de ces éléments représente les déterminants de l'activité parmi lesquels on distingue ceux qui ont pour source les caractéristiques des personnes et ceux qui ont pour source les caractéristiques de l'entreprise.

Les contraintes

Tous ces différents déterminants et leurs interactions peuvent représenter différentes charges sur le travailleur. Ces différentes charges peuvent être séparées en quatre grandes catégories. En voici les principaux indicateurs :

- Charge physique :
 - Statique : posture, aménagement de l'espace
 - Dynamique : déplacements, gestes répétitifs, vitesse d'exécution de la tâche, port de charge
- Charge psychosociale :
 - Exigences relationnelles élevées : relation clientèle, patients
 - Manque de reconnaissance au travail
 - Confrontation avec la souffrance humaine ou avec la mort
 - Mobbing, harcèlements
 - Relations hiérarchiques autoritaires

- Charge mentale :
 - Contraintes temporelles, pression sur les rythmes : délais courts
 - Complexité de la tâche : concentration et compétences exigées, minutie
 - Diversité de la tâche, polyvalence
 - Autonomie, marge de manœuvre : contrôles, choix des rythmes, dépendance aux clients ou à la machine
 - Responsabilités : conséquences des erreurs
 - Clarté des consignes : cahiers des charges, procédures
- Gêne sensorielle : conditions sonores, climatiques, visuelles, lumineuses, odeurs, poussières

Les effets (astreintes)

Toutes ces différentes charges peuvent avoir comme conséquences des effets sur la santé. Il s'agit souvent de symptômes non spécifiques tels que fatigue, troubles digestifs, maux de dos, troubles musculo-squelettiques, maux de tête, stress, etc.

Décrire une situation de travail, c'est aussi relever les indicateurs des effets de ces différents éléments sur les travailleurs (taux d'accidents, taux d'absentéisme, modification des compétences, etc.) et sur la production (taux d'engagement des machines, fréquence de pannes, délais de livraison, etc.).

Les techniques d'investigation

Observation (du travail réel), entretien (individuel ou collectif), analyse des traces (documents produits par l'entreprise, statistiques) sont les trois techniques complémentaires de recueil des données privilégiées par l'ergonomie. Enfin le recours à des questionnaires ne sert pas à décrire l'activité mais permet de connaître les représentations qu'ont les opérateurs des contraintes qu'ils subissent.

Bibliographie

- **Cazamian Pierre**, *«Leçons d'ergonomie industrielle, une approche globale»*, 1974
- **de Montmollin Maurice**, *«L'ergonomie»*, 1986
- **Grandjean Etienne**, *«Précis d'ergonomie»*, 1983
- **INRS**, *«Analyse du poste de travail et démarche ergonomique»*, enseigner la prévention des risques professionnels, 1996
- **Noulin, M.**, *«Ergonomie»*, Techniplus, 1992
- **SuvaPro**, *«L'ergonomie : un facteur de succès pour toutes les entreprises»*, 44061.f, 1996
- **Seco**, *«Ergonomie»*, Santé au travail, feuillet d'information no 100, 1998

D.5.2 Charge physique

De nombreux accidents ont pour origine la manipulation de charges. On doit apprendre à les manipuler en sécurité, mais il ne faut pas perdre de vue que l'homme intervient physiquement tout au long de sa journée de travail. De mauvaises positions dans un travail statique sont aussi néfastes que des efforts plus spectaculaires mal conduits.

Quelques notions d'anatomie.

La colonne vertébrale est formée d'un assemblage de 32 à 34 vertèbres. Elle peut se diviser en cinq régions :

La région cervicale (7 vertèbres), la région dorsale (12 vertèbres), la région lombaire (5 vertèbres), la sacrum (5 vertèbres soudées et reliées au bassin), le coccyx (3 à 5 vertèbres atrophiées).

Chaque vertèbre se compose d'une partie massive (le corps vertébral), en arrière duquel se trouve un arc osseux autour d'un orifice circulaire (le trou vertébral). La superposition de ces trous vertébraux forme le canal rachidien renfermant la moelle épinière. Les vertèbres s'articulent entre elles grâce aux apophyses articulaires. Entre les vertèbres, se situe le disque intervertébral. Il se compose d'un anneau formé de cartilage fibreux et d'un noyau interne mou et gélatineux composé de 90 % d'eau. Le disque est pourvu de nerfs sensitifs à sa périphérie. Les cellules constituant le disque cessent d'être alimentées par le sang en fin de croissance. Toute lésion est donc irréversible chez l'adulte.

Rôle du disque intervertébral et pathologies dorsales

Le disque intervertébral sert à transmettre et répartir la pression qui s'exerce sur la colonne. Ce sont les disques de la région lombaire qui sont le plus mis à contribution. Lors de mouvements de flexion de la colonne, le noyau est chassé de sa position centrale par les vertèbres. La répétition de mouvements imposant au disque intervertébral des efforts anormaux peut conduire à sa détérioration. En particulier les lamelles de l'anneau fibreux risquent de se détendre ou de se craqueler. Lors du redressement, une partie du noyau peut alors se retrouver coincer dans ces lamelles. Les nerfs sensitifs irrités provoquent une douleur violente entraînant par réflexe un blocage musculaire en position fléchie. C'est la première forme d'accident de la colonne : le lumbago aigu. Peut survenir ensuite la sciatique (déformation du noyau plus importante, celui-ci vient toucher le nerf sciatique) et plus grave encore la hernie discale (rupture de l'enveloppe, atteinte du nerf sciatique et de la moelle épinière).

Les facteurs aggravants sont :

- le vieillissement naturel du disque : le noyau se dessèche et devient granuleux, les lamelles perdent de l'élasticité.
- La manipulation de charge : charge cinq fois plus importante lorsque celle-ci est portée dos rond et loin du corps.
- Les déformations permanentes : la scoliose, la cyphose ou la lordose.

Les différentes pathologies lombaires peuvent être d'origine mécanique (déclenchées par un effort musculaire), d'usure (installation progressive suite à des « petites » manœuvres inadéquates) ou encore de mal-être (exprimant une insatisfaction dans la vie). Ne dit-on pas d'ailleurs « j'en ai plein le dos » ! Les populations à risque sont les personnes de faible constitution, les

femmes et adolescentes, les femmes enceintes, les personnes âgées et enfin les personnes non formées et non expérimentées.

Principes de sécurité physique et d'économie d'effort : lever et porter des charges

La première question à se poser lors de manutention de charge est peut-être bien celle-ci : est-il nécessaire de porter ou de déplacer cette charge ? Si oui, est-il nécessaire de le faire à bras ? Lorsque la réponse est positive il faudra au maximum s'assurer que les courbures naturelles de la colonne vertébrale soient respectées lors du soulèvement de la charge. Rappelons que toute flexion ou rotation est néfaste.

La tâche de manutention va être conditionnée par les caractéristiques de la charge (poids, taille, prises), mais aussi par la trajectoire (mouvement du corps, cadence), l'espace disponible, la nature du sol et l'équipement dont dispose l'opérateur.

D'une manière générale, on veillera à :

- **Se rapprocher de l'objet à manipuler** : le corps humain peut être imagé par une grue. Plus le bras de levier est long, plus l'effort au point d'articulation est important. Il en va de même avec la colonne vertébrale. Il faut donc serrer la charge au plus près de façon que le centre de gravité de la charge soit le plus rapproché possible de celui de l'homme.
- **Rechercher l'équilibre** : celui-ci dépend principalement de la position des pieds. Les pieds sont écartés raisonnablement, encadrant la charge et légèrement décalés.
- **Fixer la colonne vertébrale** : en effaçant les épaules, en cambrant les reins et en levant légèrement la tête.
- **Eviter les torsions en charge** : lever d'abord, puis tourner ensuite.
- **Eviter de soulever une charge le dos rond, utiliser la force des jambes** : plier les jambes en conservant un angle ouvert entre la cuisse et la jambe.
- **Faire travailler les bras en traction simple** : les bras doivent être allongés. Ils servent à maintenir la charge non la soulever.
- **Assurer la prise des mains** : utiliser la paume de la main et la base des doigts. La prise doit être large.
- **Utiliser le principe de limitation des efforts** : utiliser la réaction des objets (ne pas s'opposer au mouvement), utiliser la vitesse acquise, le déséquilibre et le ballant, utiliser la tendance à la chute, la déformation temporaire de l'objet, choisir la direction de poussée d'une charge.
- **Rechercher les points d'appui**
- **Utiliser le poids du corps**
- **Passer rapidement sous la charge**
- **Rythmer l'effort** : réduire la durée du travail musculaire intense, ne pas prolonger le travail musculaire statique, travailler en souplesse pour faire agir différents groupes musculaires

Le poste de travail

Il existe deux types de travail musculaire différents :

- **Le travail musculaire dynamique.** Il consiste en une succession de contractions et de relâchements. Lors de la contraction, le muscle brûle l'oxygène et le glucose. Lors du relâchement, le sang évacue les déchets sous forme d'acide lactique. Il est donc important que ce cycle soit équilibré. Il faut mentionner ici la question du travail répétitif à l'origine de nombreux troubles musculo-squelettiques (TMS) tels que les tendinites, le syndrome du tunnel carpien, les épicondylites qui sont en constante augmentation. L'organisation du travail doit donc permettre d'éviter des efforts trop intenses et favoriser des temps de repos suffisants. Elle doit également privilégier des activités polyvalentes afin de diversifier les mouvements. Une réflexion doit être également conduite sur des formes d'organisation du travail favorisant la coopération, pour la mise en œuvre de stratégie opératoire pour prévenir les TMS, et le soutien social.
- **Le travail musculaire statique.** Il se différencie du précédent par l'absence de période de relâchement. Le muscle épuise rapidement l'énergie disponible et accumule les déchets. Ce qui déclenche des douleurs aiguës. Il faudra donc réduire voir éviter tout travail statique.

Poste de travail debout

Les inconvénients de la position debout sont : le ralentissement de la circulation dans les jambes, la surface restreinte sur laquelle repose le poids du corps, la tension musculaire pour maintenir le corps en équilibre et enfin la diminution de l'habileté manuelle. Il faudra donc être attentif aux règles suivantes :

- Plan de travail au niveau des coudes, mais variant suivant la nature du travail
- Rapprochement maximum au poste de travail (prévoir un dégagement pour positionner les pieds)
- Usage éventuel d'un siège assis-debout même si ce dernier ne permet pas une position correcte, il permet de temps en temps de soulager le travail des jambes

Poste de travail assis

Il faudra être attentif aux éléments suivants :

- Hauteur du plan de travail à hauteur des coudes
- Liberté de mouvement pour les jambes
- Siège réglable en hauteur, avec appui lombaire réglable en hauteur et profondeur, stable, rembourré mais pas trop moelleux, d'une surface suffisante, profondeur limitée, avec système de réglage simple
- Repose-pied réglable, incliné, d'une surface suffisante

Zone de travail

La zone de travail optimale s'obtient en décrivant sur le plan de travail des arcs de cercle ayant pour rayon, la longueur de l'avant bras.

La zone de préhension maximale ne doit pas dépasser l'arc de cercle de rayon égal à l'avant-bras tendu (poing fermé). Elle ne doit en aucun cas dépasser la hauteur des épaules.

Il est à noter qu'un plan de travail incliné augmente ces deux zones, diminue la fatigue visuelle et favorise le maintien correct de la colonne.

Le poste de travail qui permet la meilleure adaptation est le poste où il est possible de rester debout ou de s'asseoir à la convenance de l'utilisateur. Ce poste est donc haut avec un siège approprié.

Bibliographie

- **BES**, « Grille d'identification des facteurs de risques dorso-lombaires », Belgian Ergonomics Society, Cahiers d'ergonomie no 9, 1995
- **Conférence romande et tessinoise des offices cantonaux de protection des travailleurs**, « Effets des conditions de travail défavorables sur la santé des travailleurs et leurs conséquences économiques », 2001
- **CHUV**, « Le mal de dos à bon dos », éditions du Moulin, Lausanne
- **Ecole du dos, division de rhumatologie, Hôpital cantonal universitaire Genève**, « histoire dos », Georg éditeur S.A.
- **Gendrier Michel**, « L'ergomotricité », Collection Grenoble Sciences, 1988
- **INRS**, « Les risques liés à l'activité physique », enseignement à distance no 9, 1992
- **INRS**, « Ergonomie et prévention », la ligne prévention, 1993
- **INRS**, « Le dos mode d'emploi », la ligne prévention, 2000
- **INRS**, « Gestes et postures de sécurité dans le travail », manuel de l'animateur, 1991
- **Peninou G., Monod H., Kapitaniak B.**, "Prévention et ergonomie", Dossiers de kinésithérapie no 13, Masson, 1994
- **Seco**, « Ergonomie », feuillet d'information no 100, 710.067f, 2001
- **Seco**, « Travailler assis », feuillet d'information no 103, 710.068f, 2001
- **Seco**, « Travailler debout », feuillet d'information no 105, 710.077f, 1999
- **Suva**, « Le transport des charges à bras », CSST 132.f, 1996

D.5.3 Organisation du travail

Au sens très général, l'expression « Organisation du travail » se réfère à toutes les prescriptions édictées, plus ou moins formellement, au sein des entreprises, concernant l'activité des travailleurs, l'organisation de la production, la planification et les modalités de contrôle et les modes de gestion du personnel. L'Organisation du travail apparaît donc avec le début de l'industrialisation et trouve sa première théorisation avec les travaux de Taylor au début du 20^{ème} siècle.

Nous décrivons ici 4 grands courants qui apparaissent comme ayant eu le plus d'impact sur l'activité des travailleurs et sur leur santé. Il faut également noter que si ces courants se sont développés historiquement les uns après les autres, ils coexistent encore très largement aujourd'hui. Ces différentes formes d'organisation renvoient à une certaine conception de l'homme et déterminent la place qui lui est attribuée, les contenus et les conditions de son travail.

Le taylorisme

Au début du 20^{ème} siècle, FW. Taylor propose une méthode scientifique de direction des ateliers, l'organisation scientifique du travail (OST) communément appelée taylorisme^[1].

Pour concevoir rationnellement les tâches, il convient de les découper en mouvements élémentaires que l'on analyse, répertorie et chronomètre en vue de supprimer tous les gestes inutiles. L'exécution est simplifiée à l'extrême pour pouvoir être assurée par du personnel sans qualification et avec un apprentissage rapide. On peut également prédire avec exactitude la production dans un temps donné et payer le travailleur en fonction de son rendement. Cette analyse est réalisée par la Direction qui définit les méthodes et les temps d'exécution. Il y a une coupure entre conception et exécution du travail et aucun espace n'est laissé à la négociation puisque, la méthode étant scientifique, elle donne LA meilleure solution (« the one best way »).

Selon ce mode de gestion, l'être humain est vu comme une personne seulement dotée d'une énergie physique et musculaire et mue uniquement par des motivations d'ordre économique. L'organisation est considérée comme une machine et les hommes et les femmes qui travaillent comme les rouages de cette machine.

Ce principe est systématisé par Ford dans ses usines de production automobile, sous la forme du travail à la chaîne, où chaque segment d'opérations est confié à des personnes différentes qui interviennent les unes après les autres. Cette parcellisation des tâches s'est également développée dans le secteur administratif surtout avec l'arrivée massive de l'informatique, c'est pourquoi on parle de néo-taylorisme.

Une variante de cette forme d'organisation se développe sous le nom d'école des relations humaines.

Cette approche prend naissance dans les années 1920 à partir des travaux de E. Mayo pour la Western Electric Company aux USA.

Elle se fonde sur une critique du taylorisme en insistant sur le fait que la motivation du travailleur ne s'arrête pas à l'argent mais que chacun demande à être considéré, respecté et surtout à se sentir appartenir à un groupe. Les recherches portent sur le fonctionnement du groupe et ses incidences sur les comportements individuels.

¹ Cette méthode a été généralisée dans les usines de voiture Ford, c'est pourquoi on parle aussi de « fordisme ».

Cette approche ne remet cependant pas en question les fondements même du taylorisme (parcellisation et division des tâches) mais préconise des compensations sous forme d'avantages matériels. Il s'agit d'une même approche mécaniste de l'homme au travail, sauf que dans ce cas c'est le groupe qui devient le rouage essentiel du système. On peut le connaître scientifiquement pour le faire réagir dans le sens voulu, mais sans lui conférer aucune capacité de décision ou de négociation.

Le système technobureaucratique

Les caractéristiques de ce mode de gestion ont été décrites par Max Weber. Cette forme d'organisation a émergé en premier dans la sphère étatique pour se répandre ensuite dans d'autres structures de grande taille.

Elle se caractérise par une pyramide hiérarchique développée, une division du travail parcellisée et l'omniprésence d'une réglementation écrite. Dans ce système, une large place est faite aux experts et aux techniciens avec des systèmes de contrôle très élaborés. Le pouvoir est centralisé et la communication passe peu entre les paliers hiérarchiques. Dans ce type d'organisation, le droit d'expression et l'espace de négociation sont limités. C'est autour d'une éthique du bien commun que s'organisent la rationalité et la finalité de l'organisation (« on fait de cette manière, parce que c'est comme cela que ça se fait »).

Dans un tel mode de gestion, l'être humain est avant tout assujéti à l'empire des règles. Il est vu comme un être rationnel, dépourvu de passion et l'entreprise comme une machine rationnelle dont on peut éliminer tous les imprévus.

Le mode de gestion fondé sur l'idée de compétitivité

Ce mode de gestion englobe les nouvelles pratiques managériales qui se sont répandues depuis le début des années quatre-vingt au nom de la compétitivité. En effet les entreprises vivent aujourd'hui sous la contrainte du marché qui impose la production de séries ou des services de plus en plus particularisés, avec des délais très courts et une grande exigence de qualité. Cela implique une transformation du mode d'organisation et une autre conception de l'homme au travail. Il s'agit dans ce mode de gestion de mobiliser et de développer les capacités de travail de l'homme. L'homme au travail n'est plus un rouage mais une ressource. Tout le système tourne autour de l'idée de faire mieux que les concurrents. Il met l'accent sur le primat de la réussite, la survalorisation de l'action, l'adaptabilité permanente, la mobilité et l'obligation d'être fort. Une plus grande autonomie et responsabilité est donnée au personnel à qui l'on demande par ailleurs une mobilisation totale au service de l'organisation. Ce n'est plus seulement sa force physique qui est engagée mais également son énergie psychique et affective.

L'organisation se veut « excellente » regroupant une équipe de « battants » prête à réagir à tous les défis et dans les plus brefs délais. On assiste alors à un essor de la flexibilité des formes de travail comme de l'emploi, avec le développement à une grande échelle des formes atypiques de travail et de la sous-traitance.

Le mode de gestion participatif

Ce mode d'organisation regroupe plus ou moins toutes les expériences de gestion qui font participer le personnel à des degrés divers (tant au niveau de l'organisation, des décisions, de la production).

On retrouve ce mode de fonctionnement dans des formes coopératives ou associatives, mais également dans le secteur privé (par exemple dans les ateliers semi-autonomes tels qu'expérimentés dans des usines de voiture en Allemagne ou en Scandinavie).

Il part du principe que l'être humain est une personne responsable à qui l'on doit donner toute l'autonomie nécessaire à la réalisation de la tâche.

D.6 Instruments de mesure

La démarche d'évaluation des nuisances à la place de travail consiste d'une part à estimer ou à mesurer le niveau de cette nuisance, et ensuite à comparer les résultats obtenus avec un critère de décision tel qu'une norme par exemple. Alors que dans certains cas l'hygiéniste du travail est à même de juger (par son expérience, par l'expérience d'autres, par modélisation) de l'ampleur de l'exposition, il est souvent nécessaire de procéder à des mesures afin d'objectiver l'exposition. Il existe de nombreux instruments sur le marché, de complexités diverses, pour effectuer ces mesures. Ce chapitre présente une liste des instruments qui peuvent être utiles pour des organismes ne disposant que de peu d'infrastructure.

Un des critères de choix est d'avoir des instruments autonomes, c'est-à-dire ne nécessitant pas le support d'un laboratoire d'analyse pour l'obtention des résultats. Les instruments choisis sont donc tous à lecture directe. Ils sont par ailleurs faciles d'emploi, robustes et petits, pouvant ainsi être facilement amenés sur les places de travail, et dans certains cas même portés par les travailleurs afin d'estimer leur exposition personnelle. En contrepartie, ces instruments ont bien sûr un certain nombre de limitations, par rapport à une technologie plus sophistiquée. Ces limitations se font sentir de façon différente suivant les instruments. Par exemple, dans plusieurs cas, ils sont non-spécifiques (poussière), c'est-à-dire qu'ils répondent de la même manière à des nuisances différentes, ayant des critères d'évaluation différents. Ceci doit donc être pris en compte dans l'interprétation, ou alors une solution plus sophistiquée doit être trouvée. Le tableau ci-dessous donne la liste des instruments faisant partie du kit de base de la valise de l'hygiéniste.

Genre d'instrument	Modèle / référence	paramètre mesuré
Dosemètre/sonomètre	Bruel&Kjaer 4436 www.bkhome.com	niveau sonore en dB(A) et dose de bruit
Heat Stress Monitor	Wibget RSS-214 www.quest-technologies.com	stress thermique (T sèche, globe et humide, WBGT)
Luminancemètre	Minolta T-1 www.minoltaeurope.com/ii/industrial_instruments.html	niveaux d'éclairage en lux
Pompe de prélèvement	MSA Escort Elf www.msa.ch	poussières, vapeurs
Pompe et tubes colorimétriques	Draeger Accuro www.draeger.com	diverses substances chimiques selon les tubes choisis
Tyndalomètre	Mie PDM-3 www.thermo.com	aérosols
Explosimètre/détecteur O ₂	MSA Microgard II www.msa.ch	degré d'explosivité et concentration d'oxygène
Détecteur CO	Draeger Comopac www.draeger.com	monoxyde de carbone
Détecteur à photoionisation	ToxiRAE www.raesystems.com	solvants et autres produits facilement ionisables
Anémomètre	Velocichck TSI 8330 www.tsi.com	vitesse de l'air et ventilation, température de l'air
Psychromètre	Maglia	humidité et température de l'air

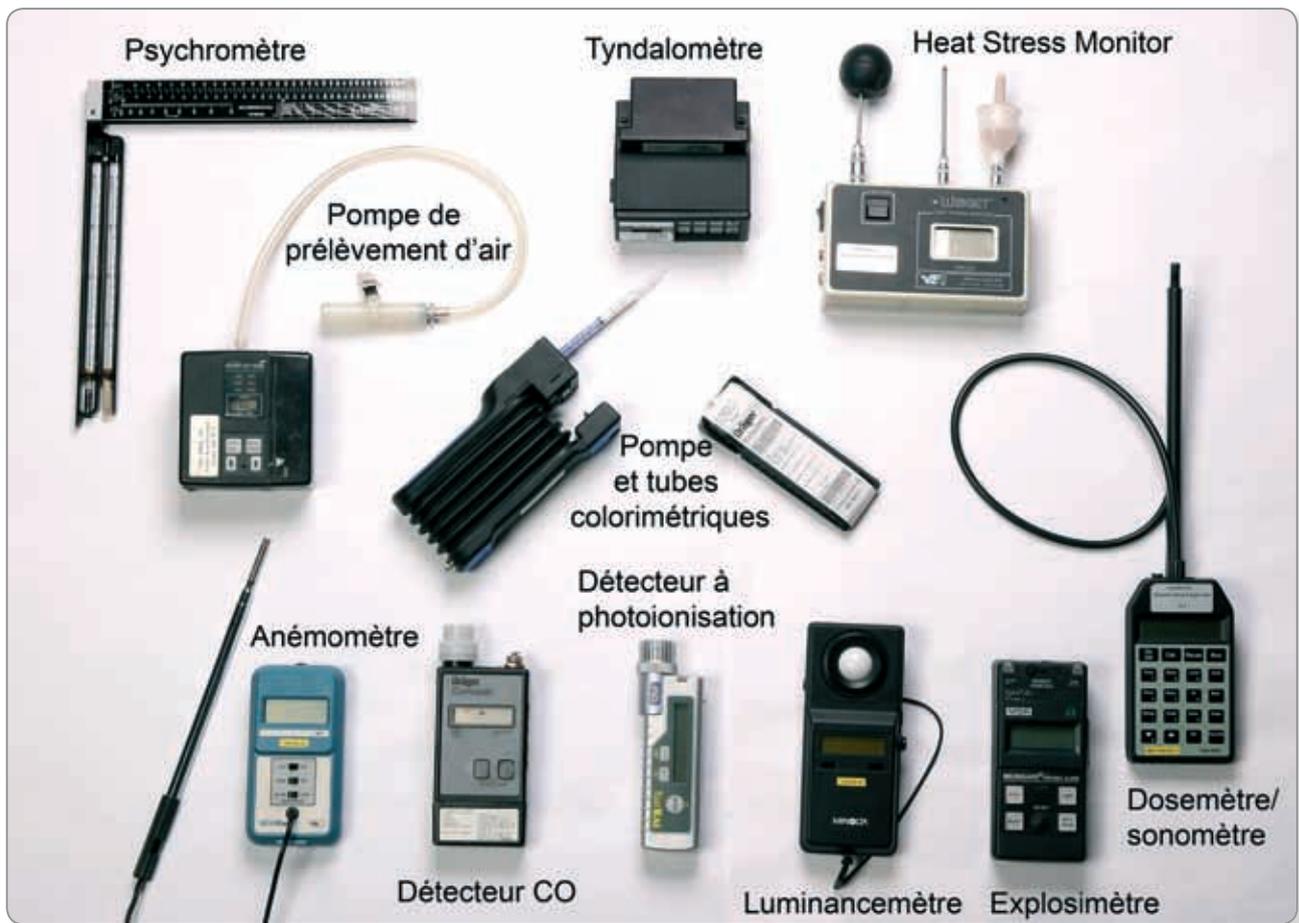


Figure D.22 – Contenu typique de la « Valise » de l'Hygiéniste du travail

Plusieurs pays d'Afrique francophone avec lesquels l'IST collabore disposent de ces instruments, et les utilisent dans diverses activités telles que formation, inspection des conditions de travail, conseils auprès des entreprises. Ces instruments tiennent aisément dans une petite valise et peuvent donc être pris sans problème lors de visites d'entreprises. Le coût de l'ensemble de la valise d'hygiène du travail est d'environ 20'000.- Euro.

Bruit: L'instrument est en fait un dosemètre en premier lieu. Il permet de mesurer la dose de bruit reçue sur une période donnée, mais il garde aussi en mémoire l'ensemble des mesures de niveaux sonores. Il permet donc de mesurer et enregistrer les niveaux sonores dans une situation. La combinaison de celui-ci avec un ordinateur permet une analyse fine des niveaux sonores (distributions statistiques).

Stress thermique: L'instrument proposé est prévu pour la mesure de l'indice Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) qui donne une idée du risque d'un environnement chaud pour la santé. Il intègre la température de l'air, la température radiante, l'humidité, et les courants d'air.

Confort thermique: Alors qu'une analyse détaillée des paramètres déterminant le confort thermique est compliquée, le choix a été fait de mesurer seulement la température et l'humidité, qui renseignent déjà sur la qualité de l'ambiance de travail.

Eclairage: Seul l'éclairage est pris en compte ici. L'appareil permet de mesurer la quantité de lumière sur une zone de travail. L'intensité d'une source ne peut pas être mesurée ici.

Produits chimiques: En première approche, ce domaine complexe peut être abordé à l'aide de tubes colorimétriques appropriés. Ceux-ci ont une spécificité limitée et doivent donc être choisis en fonction de la situation. Un second instrument est prévu, qui permet des mesures en continu de certains produits chimiques dans l'air sous forme de vapeur ou de gaz. Il s'agit d'un détecteur à photo ionisation qui est non-spécifique. Une large gamme de substances peut être détectée (solvants, certains gaz). L'instrument permet un enregistrement des données et un retraitement par ordinateur.

Aérosols: Les aérosols englobent les poussières, fumées et brouillards. Ils peuvent tous être mesurés de façon non spécifique par tyndallométrie. L'instrument choisi mesure de façon préférentielle les poussières respirables et donne une réponse en mg/m^3 . Les résultats obtenus toutes les 10 secondes peuvent être mémorisés et retraités ensuite par ordinateur.

Explosion: Le degré d'explosibilité est mesuré par un explosimètre calibré avec du méthane et qui donne des résultats en fraction de la limite inférieure d'explosibilité (% LEL). Le même instrument mesure aussi la concentration d'oxygène dans l'air, en raison de la possibilité de faux négatifs dans une atmosphère pauvre en oxygène.

Monoxyde de carbone: Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz largement répandu, surtout dans les situations impliquant des processus de combustion. Par ailleurs il est inodore ce qui rend sa détection sans moyen de mesure délicate. L'instrument sélectionné fonctionne par électrochimie et donne une réponse instantanée en ppm de CO dans l'air.

Courants d'air et ventilation: L'anémomètre permet de mesurer non pas une nuisance, mais la qualité d'un moyen préventif mis en œuvre : la ventilation. Il s'agit d'un anémomètre à fil chaud qui mesure la vitesse de l'air à partir de laquelle on peut estimer le débit d'une aspiration en m^3 par heure.

La mesure de paramètres de l'ambiance de travail présuppose que l'on dispose ensuite de critères d'évaluation des résultats. Ceux-ci font souvent défauts dans les textes légaux de certains pays d'Afrique. Il est donc nécessaire d'utiliser d'autres sources, provenant soit des réglementations d'autres pays, soit de la littérature scientifique internationale. Le tableau ci-dessous donne quelques exemples de critères établis par les organes d'exécution des lois en Suisse et utilisés par l'IST.

Instrument	Critère ^[1,2]	Norme	Commentaire
BK 4436	Niveau sonore	85 dB(A) 65 dB(A) 50 dB(A)	surdité professionnelle fatigue, pour travaux de bureau fatigue, pour travaux de grande concentration
Wibget RSS-214	WBGT	30 °C 26.7 °C 25 °C	exposition continue - travail léger, exposition continue - travail moyen exposition continue - travail lourd
Minolta T-1	Eclairage	500 lux 200 lux	travaux fins - travaux sans exigences particulières
Draeger Accuro	Exemple de produits chimiques	50 ppm	valeur moyenne d'exposition (toluène)
Mie PDM-3	Exemples d'aérosols	6 mg/m ³ 2 mg/m ³ 1.5 mg/m ³ 0.15 mg/m ³ 0.1 mg/m ³	poussière inerte bois durs coton silice cristalline (composition !) plomb (composition !)
MSA Microgard II	Degré d'explosivité Oxygène	10% LEL 19%	
Draeger Comopac	Monoxyde de carbone	30 ppm 60 ppm	VME VLE (4 x 30 min / jour)
VelociCal Plus TSI	Vitesse de captage	0.5 m/s	à l'endroit d'émission du polluant ou sur la face ouverte d'un captage enveloppant

Voici quelques sources d'information présentant des critères d'évaluation utiles :

- <http://www.cdc.gov/niosh/npg> pour les risques chimiques (en anglais)
- <http://www.cdc.gov/niosh/idlh/idlh-1.html> (aussi en anglais)
- <http://www.cdc.gov/niosh/ipcs/french.html> beaucoup d'information, et en français
- <http://www.cdc.gov/niosh/81-123.html> pour les risques chimiques (en anglais)
- http://www.uvp5.univ-paris5.fr/UV_MED/TRAV/Trav.asp normes française

¹ Suva, Valeurs limites d'exposition aux postes de travail, 1999, document 1903.f

² Seco, Santé au Travail. Commentaires des Ordonnances 3 et 4 relatives à la loi sur le travail, document 710.250.f, 1995

E Maîtrise du risque

E.0 Organisation de la prévention

La pratique traditionnelle de l'hygiène du travail tend à privilégier les étapes d'identification et d'évaluation des risques, avec un accent prononcé sur les risques chroniques. A l'inverse, les techniques de sécurité au travail portent plutôt sur l'étape de maîtrise de risques en général aigus. Une démarche préventive cohérente se doit de tirer avantage de ces deux traditions.

Le dernier acte de la gestion des risques

La maîtrise du risque en santé et sécurité au travail (SST) a un caractère essentiellement préventif (éviter le dommage) plutôt que curatif (réparer les conséquences). Si la nature des risques est différente et, avec elle, les moyens de les maîtriser, la démarche de prévention est commune à toutes les disciplines impliquées dans la SST. Le niveau de protection visé par la prévention dépend du niveau de risque jugé acceptable, donc du cadre légal et administratif en vigueur, mais aussi des valeurs (éthiques, sociales, opérationnelles) qui sous-tendent la politique de l'entreprise. L'organisation de la prévention connaît aussi un ancrage plus ou moins affirmé selon les législations et les politiques nationales qui ne sauraient être résumées ici.

La prévention réunit l'ensemble des démarches, dispositions et mesures dont le but est d'empêcher l'apparition de phénomènes indésirables ou d'en limiter la portée. Elle suppose donc une connaissance préalable suffisante de ces phénomènes. Or, toutes les situations de risque potentiel ne sont pas inédites ou réellement spécifiques. Un vaste bagage documentaire existe et des regroupements sont possibles. D'autre part, l'accès aux jugements et aux conseils d'experts n'est pas à la portée de toutes les entreprises partout dans le monde. Ces deux pondérations ont conduit à l'émergence récente de procédés de classification générique des risques (risk banding) sur la base de données communément accessibles. L'objectif de ces développements est de faciliter et d'encourager une prise en charge et une maîtrise précoce de risques modérés et correctement documentés. Le chapitre *E.1 Un nouveau concept de gestion du risque : Control Banding* en présente un exemple applicable aux produits chimiques.

Politique d'entreprise

Une prise en charge purement empirique des risques, au coup par coup, garde un caractère aléatoire et rétrospectif qui n'en permet pas une maîtrise satisfaisante. Il est nécessaire d'adopter une approche systématique, donc structurée, méthodique et contrôlée. Idéalement, cette approche sera aussi systémique, au sens où elle s'inscrit dans les structures et processus de l'entité disposant du pouvoir de gestion et de décision que l'on désigne communément par entreprise.

Le succès de toute politique de prévention dans une entreprise repose sur un engagement résolu, permanent et déclaré à sa tête (déclaration de principes, charte SST). La politique de prévention doit aussi comprendre une définition claire des rôles et des compétences de tous les partenaires engagés dans sa réalisation: direction, hiérarchie, employés, fonctions particulières, conseillers externes, etc.

Parmi les fonctions particulières, il faut citer les délégués SST. Leur rôle est d'assurer et de promouvoir l'application de la politique de l'entreprise en la matière. Ils doivent disposer d'une formation adéquate et d'une délégation de compétence qui rende possible l'exécution de leur

mandat. Dans de très petites entités, cette charge repose souvent sur le chef d'entreprise lui-même. Dans les autres cas, il est admis qu'elle doit être subordonnée sans intermédiaire à la Direction de l'entreprise. Dans les entités d'une certaine importance, il est judicieux de constituer un comité SST comprenant le(s) délégué(s) et des représentants des sous-unités de l'entreprise et présidé par un membre de la Direction.

Stratégie et mesures

Au plan stratégique, la prévention en SST aura pour but de réaliser la convergence des trois approches décrites précédemment, l'environnement de travail (prévention technique, hygiène et sécurité du travail), les travailleurs (prévention médicale) et les interfaces homme-travail (ergonomie et psychologie du travail). Elle n'est donc pas simplement un faisceau d'actions isolées sur des sujets particuliers, mais exerce une fonction intégrative, à l'instar d'autres programmes comme l'assurance de qualité.

Cela sous-entend des conditions-cadres préalables correctes: définition claire des tâches et des responsabilités dans l'entreprise, postes de travail et équipements adéquats, conditions psychologiques et sociales satisfaisantes. Cela suppose aussi que cet effort soit inscrit dans la durée, que ses effets soient vérifiés (controlling) et que le suivi et la reconstitution des situations soit possible (documentation).

Parmi les conditions préalables, l'aménagement judicieux des processus de travail permet souvent de contenir les besoins ultérieurs en mesures préventives. Pour ne citer qu'un exemple, optimiser le trajet d'une matière ou d'une énergie dans l'environnement de travail peut réduire drastiquement les risques d'exposition. L'expérience enseigne qu'il est toujours avantageux de conduire ce genre d'analyse dès la planification plutôt que de corriger des manquements après coup.

Dans le même ordre d'idées, les pratiques et habitudes de travail peuvent influencer considérablement l'émission de nuisances ou l'exposition des opérateurs, notamment par inhalation ou par voie cutanée. Elles couvrent un immense potentiel d'actions souvent simples mais très sous-estimé et sous-exploité. Il convient de les examiner minutieusement, puis de rechercher et de réaliser (modes opératoires, instruction des opérateurs) celles qui sont le plus adéquates, en associant à la démarche le savoir-faire des travailleurs expérimentés. L'effort peut porter principalement dans trois directions:

- durée des émissions (récipients, réacteurs, fours ouverts, déchets ou déversements non confinés);
- manipulations (postures, produits toxiques, mélanges inopinés, récipients pleins, mais aussi vides);
- vitesse d'opération (temps de refroidissement, de dégazage, d'égouttage, attente après tir de mine).

Le choix des actions préventives obéit à une hiérarchie parallèle au processus d'exposition:

La priorité doit toujours aller à la recherche de mesures limitant l'utilisation ou l'émission d'agents nuisibles. Si cette première étape ne permet pas d'atteindre un degré de protection satisfaisant, il y a lieu d'agir aussi sur la propagation de ces agents vers les travailleurs. Enfin, si les deux premières barrières demeurent insuffisantes, il faut en plus protéger individuellement les personnes exposées.

Processus d'exposition		Ordre de priorité des actions préventives
1. émission;		1. à la source du danger;
2. transmission dans l'environnement de la cible;		2. à l'interface entre la source et la cible potentielle;
3. exposition.		3. à la cible.

On peut classer les mesures de prévention dans l'échelle STOP (*chap. A.1.2*), mais cette séquence n'a pas de rapport direct avec la hiérarchie impérative des niveaux d'action. Les deux axes définissent plutôt une grille de classification, qui peut aider à clarifier l'analyse des besoins, l'identification des organes concernés de l'entreprise et la mise en oeuvre de sa stratégie SST.

	1. A la source	2. A l'interface	3. A la cible
Mesures S (stratégies)	Substitution de matière Changement de procédé	Automatisation, télémanipulation Subdivision de locaux	Critères de sélection des opérateurs autorisés
Mesures T (technique)	Production/utilisation en continu d'un réactif Événements sécurisés de décharge d'énergie	Extraction de fumées asservie au processus Restrictions physiques d'accès (rupteur d'ouverture,...)	Sélection et acquisition d'équipements de protection individuelle (EPI) appropriés
Mesures O (organisation)	Consigne d'intervention en cas d'excursion	Extraction de fumées à commande volontaire Restrictions d'accès par balisage	Prescription du port d'EPI Organisation des premiers secours
Mesures P (personnes)	Instruction/formation à la conduite du processus	Information/instruction sur les dangers du processus	Instruction à l'usage des EPI

Exemples de combinaisons des niveaux d'action et des classes de mesures

Formation, information, communication

La réussite de la prévention revendique l'adhésion éclairée de tous les acteurs. Par essence autant que par nécessité, elle est donc participative et nécessite d'importants transferts d'information.

Un premier horizon est donné par la qualification des opérateurs et la qualité des instructions de travail. La formation des opérateurs est une condition primordiale de leur qualification: l'expérience se construit mieux et plus rapidement sur la base d'une formation initiale adéquate. Cette formation doit impérativement inclure une (re)connaissance des risques et des moyens de protection liés à l'opération. Il est de bonne pratique de tenir un registre des formations suivies au cours du temps par chaque travailleur, au même titre que ses états de service. Quant aux instructions de travail, elles doivent au minimum se conformer aux modes d'emploi et aux instructions de sécurité données par les fournisseurs. Elles doivent être parfaitement comprises par l'opérateur et inclure:

- les incidents prévisibles durant le travail, avec des consignes appropriées;
- une information correcte et suffisante sur les risques éventuels durant le travail;
- les moyens de protection à mettre en œuvre et leur contrôle.

Secondement, les travailleurs ont un droit à l'information concernant leur santé et leur sécurité. Il est du devoir éthique - et souvent légal! - de l'employeur de porter cette information à leur connaissance, sur la base de listes et de répertoires, de Fiches de Données de Sécurité (FDS) ou d'autres sources.

Troisième point, l'attitude sécuritaire ne se développe pas spontanément et il est essentiel de stimuler la motivation de tous les acteurs pour l'édifier. Une politique de communication pro-active est ici d'un grand appui. Les voies les plus diverses peuvent être mises en œuvre (affichage, communiqués, réunions, exercices et démonstrations, etc.) selon le sujet et son urgence.

Enfin, toutes les qualités nécessaires au succès de la prévention sont sujettes à l'érosion du temps ou à l'obsolescence. Il convient donc d'organiser leur pérennité (rappels, répétitions périodiques), mais aussi leur évolution (mises à jour, nouveaux procédés, etc.).

E.1 Un nouveau concept de gestion du risque

Un nouvel outil d'évaluation et de gestion simplifiée des risques, est décrit dans ce chapitre. Ce concept, qui se focalise sur la maîtrise du risque, présente l'avantage de faire appel à un besoin moindre d'expertises techniques pour des nations en voie de développement et facilite l'obtention de ressources dans les pays développés. La Communauté internationale du domaine de la santé et de la sécurité au travail considère que ce système « prêt à l'emploi » permettra d'atteindre un meilleur niveau de protection des travailleurs dans le monde et contribuera à réduire le nombre d'accidents et de maladies professionnels.

Qu'est-ce que la gestion du risque ?

Les dangers présents à la place de travail peuvent conduire à des accidents et à des maladies. Le risque est défini comme la probabilité d'occurrence qu'un danger conduise à un dommage. Bien que toute activité présente un risque, et que le risque zéro n'existe pas, il peut être réduit par des mesures de prévention. Moins le risque est acceptable (sévérité des conséquences, haute probabilité d'occurrence), plus les mesures pour le maîtriser doivent être sévères et importantes.

La gestion du risque est un processus de management comprenant l'identification, l'évaluation du risque, la détermination des mesures destinées à le minimiser, leur mise en œuvre et l'évaluation de leur efficacité. Il existe aujourd'hui une nouvelle approche qui consiste à trouver rapidement la meilleure méthode de prévention pour maîtriser les risques, sans passer par une véritable étape d'évaluation du risque. En anglais cette méthode se nomme le *Control Banding* que l'on pourrait traduire par « catégorisation des méthodes de maîtrise du risque ».

Qu'est-ce que le *Control Banding* ?

Le *Control Banding* est une méthode semi-quantitative pouvant être utilisée sans expertise technique locale et sans mesure d'exposition coûteuse. Le terme « *Banding* » fait référence au travail de catégorisation des mesures de prévention proposées par des experts. Bien qu'il a été utilisé par des nombreuses organisations, des gouvernements, des compagnies et institutions non gouvernementales. A l'heure actuelle le concept de *Control Banding* n'a été appliqué que pour la gestion des risques chimiques. Le concept peut toutefois être aussi appliqué à une large gamme d'autres dangers, comme les dangers physiques, biologiques et les facteurs ergonomiques. Avec le soutien de l'OMS, du BIT et le concours de l'IOHA de nouveaux outils de ce type sont en préparation (*toolkits*).

L'outil actuel qui traite du risque chimique, se présente comme une simple matrice, facile d'emploi, qui sert de guide à la maîtrise de l'exposition aux dangers. Lorsqu'ils sont bien entraînés, des gens sans expérience particulière du domaine de l'hygiène du travail – comme un simple employé, peuvent être capables de mettre en œuvre le processus d'évaluation des dangers et d'interpréter les informations données dans les fiches de recommandation.

La simplicité d'utilisation de la technique du *Control Banding* s'explique par le fait que le travail complexe est réalisé en amont par des experts du domaine. Ceux-ci analysent le danger, développent des modèles prédictifs d'exposition, identifient les meilleures méthodes de prévention et développent les documents de recommandation. Les experts se basent largement sur des données objectives de bonne qualité pour prédire, avec un certain niveau de confiance, quelle sera la réduction d'exposition pouvant être obtenue et avec quelle mesure spécifique. Dans la

mesure où l'évaluation ne fait pas appel à des expertises *in situ*, le processus de gestion du risque se focalise essentiellement sur la maîtrise des conditions d'exposition.

Le *Control Banding* ne supprime pas la nécessité d'experts, puisque l'outil est développé par ces derniers. Par ailleurs, dans la mesure où la méthode n'est applicable qu'aux situations de routine, les experts peuvent se concentrer sur des problèmes plus complexes. La méthode présentée traite des produits chimiques seulement sous forme de poudre ou de liquide.

Le développement du *Control Banding*

Dans le *Control Banding*, les dangers et les mesures de maîtrise sont répartis dans des catégories ou « *bandes* ». Les experts établissent des catégories de risque, représentant des niveaux d'alarme, en combinant des catégories de danger (potentiel de dommage) et des catégories de niveau d'exposition. Les moyens de maîtrise possibles sont alors répartis dans un nombre limité de catégories, attendu qu'il existe un choix limité de stratégies de réduction d'un risque spécifique. Une fois l'analyse terminée, des recommandations relatives à la maîtrise de l'exposition sont établies.

Catégories de risque

Catégories de danger. Les dangers sont groupés selon leurs similitudes de classification et de propriétés. Pour les dangers chimiques, des toxicologistes et d'autres experts établissent une catégorisation sur la base des études scientifiques. L'utilisateur peut alors généralement déterminer la catégorie à laquelle le produit appartient sur la base des informations contenues dans les fiches de données de sécurité (FDS).

Catégories d'exposition. Les expositions sont regroupées selon le type de tâche, la durée de l'exposition et, dans le cas des produits chimiques, la quantité de produit utilisé ainsi que son indice de volatilité ou d'empoussièrement (pour les liquides et les poussières, respectivement). Ces informations doivent être connues de l'utilisateur pour compléter l'évaluation.

Chaque catégorie de risque étant associée à un niveau de maîtrise, l'utilisateur peut déterminer les moyens de contrôle adéquats en combinant les catégories de danger et d'exposition. Le niveau de maîtrise, auquel le risque est considéré comme négligeable ou acceptable par les experts, est appelé catégorie de maîtrise « *control band* ».

Catégories de mesures préventives (maîtrise)

Les techniques de maîtrise sont ordonnées selon leur ampleur, allant du simple respect des bonnes pratiques de travail aux moyens de prévention les plus importants. Dans le cas des produits chimiques, par exemple du simple lavage de mains à l'installation d'une extraction d'air. Dans l'ensemble, il existe de nombreuses mesures possibles, mais le choix pour un danger spécifique devient rapidement limité. Les mesures de maîtrise possibles pour prévenir les risques liés à l'inhalation sont par exemple généralement limitées à quatre possibilités :

- Appliquer les règles de bonnes pratiques en matière d'hygiène du travail et disposer d'une bonne ventilation générale.
- Mettre en œuvre des mesures d'ingénierie, telle qu'une extraction d'air.
- Cloisonner la source d'émission.
- Faire appel à un spécialiste.

Recommandations de mesures préventives (maîtrise)

Les recommandations de maîtrise issues du processus de *Control Banding* sont exprimées sous forme de documents de recommandation, qui définissent un plan d'action, développé par les experts, pour être compréhensible, acceptable et utilisable.

Les meilleurs outils de *Control Banding* sont interactifs, permettant à l'utilisateur d'entrer des informations spécifiques à sa situation et d'obtenir des recommandations ciblées. Dans le cas des produits chimiques, par exemple, l'utilisateur peut déterminer la catégorie de danger à l'aide des Fiches de Données de Sécurité (FDS) de son fournisseur ou de l'étiquetage de son produit et le niveau d'exposition sur la base des quantités utilisées dans l'entreprise.

De cette façon, en se basant sur une information simple, l'employeur peut obtenir des recommandations que les experts considèrent comme adéquate à cette situation.

Il faut garder à l'esprit que, comme recommandé dans les « COSHH Essentials », l'étape préliminaire devrait être de tenter de prévenir l'exposition aux moyens de mesures, à savoir de :

- modifier le travail pour que la tâche à l'origine de l'exposition ne soit plus nécessaire,
- modifier le procédé pour supprimer les déchets ou produits secondaires dangereux ou,
- substituer les substances dangereuses par des substances moins toxiques ou par la même substance sous une forme présentant moins de danger pour la santé.

Un autre point important est que les bonnes pratiques d'hygiène du travail ne sont pas nécessairement connues par les employés. Leur formation dans ce domaine est donc essentielle. Celle-ci devrait couvrir les pratiques de travail, les pratiques domestiques, le traitement des déchets, le stockage des produits, etc...

Les limites du *Control Banding*

Bien que cette approche soit très attractive, du fait qu'elle est simple, peu coûteuse (du fait qu'elle évite de faire des mesures d'exposition) et qu'elle ne nécessite pas une formation d'expert, il ne faut pas en sous-estimer les limites. Nous en citerons quelques-unes ici :

- du fait, cette méthode s'applique à des situations types (habituelles), elle ne convient pas à des « cas particuliers » qui, bien sûr, ne sont pas prévus dans les modèles sous-jacents ;
- l'approche n'est pas participative, comme l'approche « SOBANE » (voir chapitre E.7) et n'est souvent conduite que par une seule personne qui suit simplement la procédure. Cela ne contribue donc pas à élaborer de nouvelles méthodes préventives ni à former et à sensibiliser les travailleurs concernés ;
- la méthode a déjà fait l'objet de plusieurs études de validation, mais les résultats qui sont sortis de ces études tendaient à montrer qu'elle devait encore être améliorée et affinée.

Pour plus d'informations

Une série d'articles relatifs au *Control Banding* ainsi que l'outil international de gestion des chimiques (chemical control toolkit) se trouvent sur le site web du BIT :

http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/ctrl_banding/index.htm.

Des informations détaillées sur les activités de IOHA ainsi que des documents relatifs au *Control Banding*, incluant les présentations et rapport final du premier workshop international sur le sujet (Londres, nov. 2002), sont disponibles sur le site IOHA : <http://www.ioha.net/content/view/14/39/>

Les présentations du deuxième workshop international sur le *Control Banding* (Cincinnati, USA, mars 2004) sont déjà disponibles sur le site de l'ACGIH: <http://www.acgih.org/events/ControlBand/>

L'outil COSHH de l' "United Kingdom Health and Safety Executive » peut être trouvé à l'adresse suivante : <http://www.coshh-essentials.org.uk/>

Le BIT, dans le cadre de son programme « SAFEWORK » a pris cette approche à son compte son le nom de : ILO Chemical Control Toolkit.

Pour plus d'informations sur les phrases de risques utilisées dans l'union européenne et le Système Global d'Harmonisation des dangers :

<http://ecb.jrc.it/classification-labelling/>

<http://www.unece.org/trans/main/dgdb/dgsubc4/activities.html>

E.2 Prévention technique

La prévention technique comprend les équipements matériels ainsi que les dispositions d'organisation appliquées à l'environnement de travail dans le but de maîtriser les risques d'accident ou d'atteinte à la santé et à l'intégrité physique. Elle inclut la surveillance des énergies libérées ou libérables dans les systèmes et les dispositifs d'intervention en cas d'excursion hors du domaine de consigne.

La démarche de la prévention technique se construit selon la hiérarchie des priorités d'action décrite au chap. E.0 Cette hiérarchie repose sur un postulat d'efficacité décroissante (étendue de la protection atteinte) et coïncide étroitement avec un modèle d'interaction proche de l'accident selon W. G. Johnson^[1] (cf. schémas). Tout processus implique la présence d'une capacité d'action, que ce modèle assimile à une énergie potentielle contenue dans un réservoir. Cette énergie comprend toutes les capacités d'action, désirables ou non, contenues dans le réservoir. Elle peut être aussi bien physique (hauteur, pression, chaleur, potentiel électrique, radiations, quantité de mouvement, etc.) que chimique (réactivité, corrosivité, etc.), physico-chimique (volatilité, état de division, etc.), physiologique (capacité de sensibilisation, pouvoir de pénétration transcutané, pouvoir irritant, nocivité, etc.) ou biologique (potentiel pathogène).

Processus d'exposition	Stratégie	Action
Emission	Maîtrise de la source de pollution	Éliminer/modifier les matières ou procédés à risque Contrôler et maintenir le matériel en état adéquat
Transmission dans l'environnement de travail	Maîtrise du processus de transmission	Intercepter les polluants Empêcher/limiter le contact avec les travailleurs
	Maîtrise de l'environnement de travail	Abaisser le niveau de polluants (dilution, absorption) Signaler/baliser les dangers Surveillance de l'environnement (mesurages)
Exposition	Protection de la personne	Diminuer l'exposition au risque Diminuer la vulnérabilité
	Évaluation et contrôle	Dosimétrie individuelle, surveillance biologique Suivi médical, évaluation d'aptitude/de santé

Principes d'actions préventives (exemples)

¹ W.G. Johnson, "MORT safety assurance systems". M.Dekker, New York/Basel 1980. "Un **incident** est un transfert indésirable d'énergie dû à une insuffisance de barrières ou d'éléments de gouverne, précédé de séquences d'erreurs de planification ou d'opération, qui résulte du risque lié à une activité et entraîne l'interruption ou l'altération de cette activité. Un **accident** est un incident ayant causé des dommages à des personnes, des biens, des moyens de production ou de service."

Action à la source

L'objectif premier est d'éliminer ou de diminuer les énergies indésirables présentes dans le système formé par le "réservoir" d'énergies et le processus. La maîtrise des flux d'énergie comprend également la sécurité des équipements de travail, y compris la résistance des enceintes du système.

Critère de succès: Pas de fuite inacceptable d'énergie possible hors du système.

Exemple développé: *Chap. E.3 Substitution*

Champ d'action	Opérations	Exemples
Paramètres d'état de la source	Elimination d'énergies indésirables (action qualitative)	Substitution de matières, de procédés. Neutralisation à la source.
	Abaissement des niveaux d'énergie libérable (action quantitative)	Déplacement du réservoir hors de la zone d'exposition. Réduction d'échelle. Processus continu sans accumulation d'énergies.
Surveillance	Maintenance du système	Contrôles d'intégrité et de fonctionnalité. Entretien, maintenance préventive.
	Monitoring des niveaux d'énergies dans le système	Mesurage de pression, de température, d'acidité... Détection/annonce d'anomalies: fuites, pannes, écarts par rapport aux valeurs de consigne (excursions).
Mesures en cas d'anomalies	Arrêt de la production d'énergies	Dispositifs d'arrêt automatique asservis à la détection Dispositifs d'arrêt à commande volontaire.
	Dissipation des énergies	Voies sécurisées de décharge des énergies (événements, etc.).

Action à la source

Action à l'interface

Si la première étape ne parvient pas à assurer un niveau de protection suffisant, le scénario devient celui d'une évacuation d'énergies qu'il faut empêcher d'atteindre des valeurs vulnérables. Cette évacuation peut soit se produire en situation normale d'exploitation, soit résulter d'une défaillance des barrières à la source.

Critère de succès: Niveaux acceptables dans les zones où les personnes peuvent se trouver.

Exemple développé: *Chap. E.4 Ventilation*

Champ d'action	Opérations	Exemples
Processus de transmission	Barrières actives (altération des énergies libérables)	Rupteurs d'ouverture, de pénétration (machines, robots). Neutralisation/traitement des effluents. Utilisation d'outils non vibrants. Méthodes humides limitant la formation de poussières ¹ .
	Barrières passives (confinement, limitation d'accès)	Enceintes secondaires, capotages. Restrictions physiques d'accès (garde-corps, protections sur machines, enceintes sous clé...).
	Diversion (capture et rejet des polluants hors de la zone de travail ²)	Ventilation locale (extraction de gaz-vapeurs-fumées). Rideaux d'air, rideaux d'eau. Nettoyage, enlèvement de matières ou déchets à risque.
Environnement de travail	Abaissement du niveau de polluants	Ventilation générale (dilution). Absorption acoustique.
	Signalisation des dangers	Étiquetage des matières et des conduites. Balisage/signalisation des zones dangereuses.
	Surveillance	Monitoring des polluants. Détection de dépassements des niveaux acceptables.
Mesures en cas de dépassement des niveaux acceptables	Dispositions techniques	Dispositifs d'alarme. Dispositifs à action automatique (extinction d'incendie, rupteurs d'alimentation électrique...).
	Mesures d'organisation	Consignes et instructions en cas d'alarme. Équipes d'intervention (feu, secours, évacuation).

Action dans l'environnement de travail

¹ En présence de poussières inhalables présentant un risque pour la santé (p.ex. silicose), il faut en surveiller la teneur dans l'air même si l'épuration par voie humide semble visuellement satisfaisante!

² Les rejets ne doivent pas conduire à une pollution du voisinage. Si ce risque existe, ils doivent être épurés.

Action sur la cible

On est ici sur la dernière ligne de défense, qui doit corriger les insuffisances des deux étapes précédentes en empêchant la rencontre de la valeur vulnérable avec des niveaux excessifs de nuisances. Les points de rencontre avec la prévention médicale sont importants (sélection des opérateurs, examens d'aptitude, surveillance individuelle des doses ou des effets précoces). On ne protège ici plus qu'une personne à la fois, le niveau de nuisances peut rester dommageable pour les autres personnes présentes dans le même environnement.

Critère de succès: L'individu est efficacement protégé contre l'action de la nuisance

Exemple développé: *Chap. E.5 Équipements de protection individuelle*

Champ d'action	Opérations	Exemples
Protection personnelle	Diminuer la vulnérabilité	Sélection, formation spécifique, acclimatation.
	Diminuer l'exposition ou le contact	Mécanisation, automatisation des activités à risque. Utilisation d'outils intermédiaires. Équipements de protection individuelle (EPI): ouïe, peau, respiration, gants, chaussures, casques, harnais, bandes réfléchissantes, etc. Durée/fréquence d'exposition (rotation de postes ¹ , espacement des épisodes d'exposition).
	Connaissance du risque	Formation, information, instructions de travail
Surveillance	Observation des consignes	Pratiques et techniques de travail, hygiène personnelle. Utilisation conforme des EPI.
	Évaluation de l'exposition ou de la dose	Dosimétrie, journal des activités. Surveillance biologique.
	Évaluation des effets	Dépistage d'effets précoces. Surveillance/suivi médical, évaluation de santé.

Action sur la personne exposée

¹ En présence d'un danger élevé, la rotation n'est acceptable que pour des interventions impératives et urgentes.

E.3 A la source - Substitution

La substitution est une approche de la prévention à la place de travail, souvent favorable lorsque l'élimination du danger n'est pas possible. Cette démarche d'un point de vue de la santé au travail devrait faire partie intégrante de tout changement et planification dans les entreprises. La méthodologie décrite ci-dessous permet une approche systématique du problème, en incluant la participation des personnes concernées (travailleur, ingénieur, spécialiste de santé au travail, responsable de production...) pour garantir une réussite maximale. Avant et après la mise en place de substitution et/ou d'un changement de procédé, les nouvelles conditions de travail sont à analyser avec soin, afin de vérifier l'absence d'apparition de nouveaux dangers.

Introduction

L'élimination d'un danger est, bien sûr, l'approche la plus favorable dans la gestion de la prévention à la place de travail. Malheureusement, cette approche est rarement possible dans la pratique, par contre, la prévention à la place de travail est gérée de plus en plus souvent par une substitution de l'élément dangereux et/ou par un changement de procédé ou d'activité.

La substitution d'un produit toxique par un autre, satisfaisant aux mêmes contraintes de production, ne permet pas toujours d'éliminer un danger. Mais souvent, cela permet de diminuer la gravité des effets sur la santé (produit moins toxique) ou de diminuer l'exposition (produit moins volatil), de façon à améliorer considérablement les conditions de travail. Avant et après la mise en place de substitution et/ou d'un changement de procédé, les nouvelles conditions de travail sont à analyser avec soin, afin de vérifier qu'aucun nouveau danger n'est apparu. Par exemple, la substitution des gants en latex par des gants sans latex permet d'éliminer l'élément dangereux, le latex, mais il faut rester vigilant par rapport à la protection offerte par les gants de substitution et s'assurer que leur protection reste adéquate surtout lors de contact de produits chimiques.

L'implémentation de ce type de prévention, restera toujours idéale, lors de la modification et de la planification d'un nouveau procédé, d'une nouvelle activité ou d'un bâtiment. Cette démarche de substitution et de changement de procédé du point de vue de la santé au travail devrait faire partie intégrante de tout changement et planification dans les entreprises. L'importance de cette démarche dans les étapes de conception, ne devrait plus être à démontrer, car d'un point de vue économique, il est évident que toute modification sur des plans est nettement moins coûteuse que sur des installations en place avec du personnel formé selon des méthodes de travail. Cette approche nécessite par contre une plus grande anticipation des dangers et donc également une plus grande connaissance des problèmes de santé au travail. L'anticipation des dangers doit tenir compte de beaucoup de facteurs évidents découlant du procédé lui-même comme les produits utilisés, les interactions homme-machine, mais elle doit également tenir compte de la disposition des places de travail dans les locaux, de l'organisation des travaux dépendant de cette installation, notamment les travaux de maintenance et de nettoyage.

Méthodologie

La démarche pour maîtriser tout type de danger à la source décrite ci-dessous, présente plusieurs étapes essentielles pour effectuer une substitution ou un changement de procédé positif d'un point de vue de la santé au travail. La démarche complète doit aborder 9 aspects distincts. Ceux-ci doivent être discutés dans le cadre d'un groupe de travail incluant des spécialistes provenant de plusieurs disciplines.

1. Poser le problème
2. Étudier le procédé de travail
3. Génération d'idées
4. Critères
5. Évaluation des alternatives
6. Décision
7. Application
8. Information et formation
1. Contrôle

Cette démarche est également applicable lors de la conception et de la modification d'une installation, d'un procédé et d'un bâtiment. Elle devrait faire partie intégrante de toute réflexion concernant les places de travail.

Pour élaborer et mettre en place une prévention à la source, la participation de plusieurs disciplines est nécessaire pour former un **groupe de travail**. Le spécialiste en santé au travail doit être secondé, en fonction des situations, par le responsable de production, le responsable de secteurs liés, l'ingénieur du développement, un représentant de la direction et un représentant des travailleurs. La diversité de ce groupe de travail aura surtout une grande valeur lors de l'étape 3 «génération d'idées».

Lorsque le groupe de travail a été formé, la première étape consiste à **définir le problème**, c'est-à-dire, définir le danger que l'on désire éliminer ou substituer. Cette définition doit contenir deux points, la source du danger et les exigences de la production. Pour cela il faut se poser plusieurs fois la question «pourquoi» un tel élément est nécessaire ou «comment» il est réalisé. Cette étape est primordiale afin d'orienter et d'élargir le plus possible la recherche de solution.

La deuxième phase comprend l'**étude du procédé de travail** et de sa situation dans l'ensemble de la chaîne de production. C'est dans cette étape que sont incluses les différentes interactions liées à une tâche et ses contraintes ainsi que les buts de l'opération et les besoins de la production.

Lorsque la situation est bien définie, le groupe de travail peut passer à la phase de la **génération d'idées** (Brainstorming). Dans cette étape, la participation de l'équipe pluridisciplinaire est très importante. Les propositions de modification, ne doivent pas être jugées par rapport à leur faisabilité dans cette étape, toutes les idées doivent être retenues, aussi saugrenues soient-elles. Les idées de modifications peuvent toucher des domaines tels que l'opération proprement dite, l'étape précédente dans la chaîne de production, la méthode de travail, les outils, les produits.

Afin de pouvoir évaluer la faisabilité des idées de modifications, des **critères** doivent être définis pour évaluer toutes les alternatives et aider la décision finale.

En fonction des critères déterminés, l'**évaluation de toutes les alternatives** sera faite en considérant les implications, les conséquences de chaque alternative. Il faut aussi bien évaluer la diminution du risque escompté, l'apparition de nouveaux dangers, les implications économiques et la faisabilité par rapport aux critères de production (tests préliminaires et essais à petite

échelle). C'est seulement après cette évaluation qu'une comparaison des différentes alternatives peut être effectuée et que certaines alternatives proposées peuvent être écartées.

Sur la base de l'évaluation des alternatives proposées, une **décision** peut être prise par le groupe de travail et la direction.

Lorsque la décision est arrêtée, un responsable ainsi qu'un délai de réalisation doivent être fixés pour l'**application** de la modification.

Lors de tout changement de procédé ou d'activité l'**information et la formation** du personnel par rapport aux nouvelles dispositions est une étape essentielle pour le bon déroulement d'une substitution ou d'un changement de procédé. Le résultat du changement va dépendre de l'acceptabilité des modifications et de la volonté d'appliquer celui-ci par le personnel.

La dernière étape de la démarche, n'est pas la moindre, c'est le **contrôle**. Après toute modification, il est indispensable d'évaluer la nouvelle situation de travail, d'évaluer les nouveaux dangers anticipés et de vérifier si de nouveaux dangers non-identifiés à l'étape de l'évaluation des alternatives sont apparus lors de l'application. Il est également important de se renseigner sur l'acceptation de cette modification auprès des utilisateurs.

Bibliographie

- **Olsen E., et al.**, *On the substitution of chemicals - use of the SUBFAC-INDEX for volatile substances*, Ann. Occup. Hyg., 36(6):637-652, 1992.
- **Filskov P., et al.**, *Substitutes for Hazardous Chemicals in the Workplace*, CRC Press, Boca Raton, 175 p., 1996.
- **Goldschmidt G.**, *An Analytical Approach for Reducing Workplace Health Hazards Through Substitution*, Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 54(1): 36-43, 1993.
- *Bains Aqueux de dégraissage : substitution des solvants*, OFEFP, Berne, La protection des eaux n°8, 1992.
- **Gerin, M.** *La substitution des solvants: Les grandes lignes d'une étude appliquée.*, Travail et Santé 11:10-12, 1995

E.4 A l'interface - Ventilation

La ventilation est un moyen de gestion des risques chimiques (gaz, vapeurs, poussières), mais aussi d'autres risques tels que le microclimat et le stress thermique. Le choix et le dimensionnement de systèmes de ventilation complets est l'affaire de spécialistes en ventilation. L'hygiéniste du travail a pourtant dans ce contexte un important rôle à jouer. Il connaît bien les nuisances que l'on désire maîtriser, il est familier avec les processus de fabrication et de travail, et il a une bonne connaissance de l'activité des travailleurs. Il a par ailleurs un rôle important dans la maintenance des systèmes et dans la vérification de la bonne conception des systèmes.

Ventilation

Le rôle de la ventilation est de réduire, à un niveau le plus faible possible, la quantité des polluants auxquels sont exposés les travailleurs. Les différentes techniques de ventilation peuvent se classer en deux catégories principales : la ventilation générale, appelée aussi ventilation par dilution, et la ventilation locale qui consiste à viser la source d'émission.

Ventilation générale

La ventilation générale est utilisée soit pour la gestion des polluants dans l'air, soit pour le maintien du confort thermique (température, hygrométrie,...). Les manuels de climatisation contiennent de nombreuses informations sur le deuxième aspect et nous nous concentrerons sur le premier.

Quelques principes de base doivent être respectés dans les systèmes de ventilation générale. Ceux-ci tiennent compte du fait que le mélange n'est pas parfait dans le local, et donc inhomogène :

1. Il faut positionner correctement les entrées et les sorties de façon à ne pas avoir de court-circuit dans la circulation (entrées et sorties trop proches par exemple).
2. Il faut s'assurer que le flux d'air soit toujours du propre vers le sale et pas l'inverse afin que la pollution se disperse le moins possible.
3. Il faut faire passer le maximum de débit dans la zone polluée afin d'assurer un bon renouvellement d'air local.
4. Il faut éviter la formation de zones mortes qui peuvent devenir des réservoirs de polluants ainsi que des remous qui perturbent l'écoulement normal.
5. Il faut se méfier des situations où le travailleur est positionné entre la source de pollution et la bouche d'extraction.
6. Il faut mettre à profit les mouvements d'air naturels, notamment les courants thermiques. On trouve le cas extrême dans le concept des ventilations par « lit froid ». De l'air est introduit dans le bas du local avec une température légèrement inférieure à ce dernier. L'air en se réchauffant se déplace vers le haut. Il s'agit ici d'un rinçage du local avec un déplacement similaire à un piston plutôt qu'un mélange homogène. L'efficacité en est améliorée.
7. Il faut se rappeler qu'il est possible de diriger l'air à plusieurs mètres avec la pulsion, contrairement à l'aspiration. Ceci peut être utilisé pour éliminer les polluants de la zone de travail.
8. Suivant le principe précédent, il faut diminuer le risque de courants d'air qui a pour conséquence l'inconfort des travailleurs.
9. Il faut compenser le flux d'air sortant par des entrées équivalentes. Bien que souvent utilisée, la ventilation générale présente plusieurs inconvénients majeurs. En premier lieu, quel que soit le débit choisi il y a toujours une pollution résiduelle dans le local. De plus les travailleurs

près des sources sont souvent peu ou pas protégés par la ventilation générale. Les pointes de concentrations liées à des phases de travail polluantes sont difficiles à maîtriser. Finalement dans ce type d'approche, il est difficile de calculer les débits nécessaires à mettre en jeu puisque l'émission de la source n'est souvent pas connue, ainsi que la répartition de l'air dans le local. Ce moyen de prévention est aussi onéreux puisqu'il met en jeu des débits importants dont il faudra assurer le chauffage voire la climatisation. Par conséquent, lorsque cela est possible, la ventilation locale sera toujours préférée.

Ventilation locale

La méthode la plus utile pour la gestion des émissions des gaz, vapeurs ou poussières est le recours à la ventilation locale. Il s'agit d'éliminer les polluants avant même qu'ils se soient dispersés dans le local de travail. On utilise des capotages, des hottes ou des fentes d'aspiration placées aussi près que possible de la source de pollution.

On peut résumer la plupart des systèmes de ventilation en 2 grands groupes : les systèmes en forme de hotte dans lesquels la source est incluse à l'intérieur du système de ventilation, appelés également captages enveloppants, et les systèmes inductifs dans lesquels la source est devant le système de ventilation. Dans chacun des cas le paramètre critique est la vitesse de l'air, soit à l'ouverture de la hotte, soit à l'endroit de l'émission pour les systèmes inductifs. Celle-ci s'appelle la vitesse de captage. Elle dépend de plusieurs facteurs : de la vitesse d'émission des polluants, de la présence de courants d'air parasites, et de la toxicité des contaminants émis. On admet généralement les vitesses de captage suivantes :

1. 0.5 m/s est suffisante dans la majorité des cas lorsque le polluant est peu toxique avec une évaporation lente dans un environnement stable (par exemple en laboratoire).
2. 10 m/s lorsque le polluant est émis avec une vitesse importante dans un environnement avec des courants d'air.
3. 10 m/s lorsqu'il s'agit de particules générées par des meules abrasives.

Le débit d'air Q nécessaire peut être estimé sur la base de la vitesse de captage requise V et de la section ouverte pour les hottes ou la distance X entre la source et la bouche d'aspiration et la géométrie de la ventilation pour les captages inducteurs.

Quelques principes simples de base doivent être respectés pour les ventilations locales :

1. Il est essentiel d'envelopper au maximum la source de pollution. D'une part un système de hotte est plus efficace qu'un captage inductif, d'autre part plus la surface ouverte d'une hotte est grande plus le débit requis est important.
2. Si la source ne peut être enveloppée, il faut alors positionner un captage inductif le plus près possible. Les calculs montrent une perte rapide de vitesse en s'éloignant de la bouche d'aspiration.
3. L'opérateur ne doit jamais être dans le trajet source-captage. Cette règle élémentaire est souvent transgressée.
4. Les polluants sont parfois émis avec un mouvement propre (meulage, sources chaudes). Dans ce cas, il est important d'exploiter le mouvement naturel de l'air en disposant la ventilation de façon adéquate.
5. Comme indiqué ci-dessus, il s'agit du paramètre critique de l'efficacité du système de ventilation. Toute réduction de la vitesse de captage au lieu d'émission risque de conduire à un système de ventilation inefficace.
6. Surtout pour les ventilations en forme de hotte, la vitesse de l'air doit être homogène sur toute la section. L'utilisation d'un plenum est indiquée dans certains cas.

7. Il est essentiel de prévoir une entrée d'air dans un local ayant des aspirations locales. L'efficacité de celle-ci en dépend. L'entrée d'air peut se faire de façon passive (grille sur une porte par exemple), mais doit souvent être réalisée par une pulsion mécanique. Dans certains cas, un chauffage de l'air entrant doit être considéré pour le confort des utilisateurs.
8. Une ventilation trop puissante risque de provoquer des courants d'air désagréables dans la zone de travail. Il s'agit donc de s'assurer d'un compromis entre efficacité et confort.
9. En prévoyant l'apport d'air de compensation dans un local, ou le rejet de l'air vicié à l'extérieur, il faut toujours envisager la possibilité de reprise des contaminants dans l'air frais. Ceci dépend de la position des entrées et sorties d'air et des conditions météorologiques.

Evaluation des ventilations

Pour une bonne évaluation de la qualité d'un système de ventilation, il est indispensable de procéder à des mesures des débits d'air, d'une part à la mise en route du système, mais aussi périodiquement pour s'assurer de son bon fonctionnement. Le rôle de l'hygiéniste sera non seulement quantitatif, via des mesures de pressions et de vitesses, mais également qualitatif, en vérifiant que les systèmes ont été bien conçus selon les principes présentés précédemment. En effet, les systèmes présentent très souvent des défauts de conception.

Des mesures de pression sont souvent effectuées comme indication indirecte de la vitesse d'air dans une conduite. Il peut s'agir de pression statique, moyennant calibration préalable, ou de pression dynamique à l'aide d'une sonde de Pitot. Les mesures de pression sont habituellement différentielles (par exemple pression totale versus pression statique).

Une manière simple de vérifier la puissance d'aspiration (*exhausting power*) d'un système est de contrôler la pression négative relativement à la pression atmosphérique quelques centimètres en aval du conduit d'évacuation avec un simple tube en U rempli d'eau sur lequel on peut marquer la différence de pression qui devrait être observée normalement. Cette méthode est une simplification de celle qui utilise la sonde de Pitot.

Les mesures de vitesse d'air sont le plus souvent effectuées à l'aide d'anémomètres, soit à hélice, soit à fil chaud. Dans le premier cas, la vitesse de rotation de l'hélice est une indication de la vitesse, dans le second cas, le courant électrique nécessaire pour maintenir un fil chauffé à température constante est utilisé. Tous ces instruments requièrent une calibration périodique.

Dans de nombreux cas, il est utile de pouvoir mettre en évidence les mouvements de l'air. Des tubes à fumée sont généralement utilisés. Ils permettent de se rendre compte des déplacements d'air et par conséquent de ceux des contaminants.

Pour les ventilations générales, on a recours dans certains cas à l'utilisation de gaz traceurs. On injecte un gaz dont on suit le comportement et par conséquent la ventilation du local concerné. Dans certains cas, il est possible d'utiliser les contaminants eux-mêmes comme gaz traceurs, soit en suivant leur décroissance après l'arrêt du procédé, soit en étudiant leur fluctuation au cours du temps à l'aide de techniques statistiques (autocorrélation).

Bibliographie

- *Guide pratique de ventilation*, INRS, 1989 (en pdf).
- *7 steps to successful substitution of hazardous substances*, Health and Safety Executive, 1994.

E.5 Sur la cible. Équipements de protection individuelle.

Les équipements de protection individuelle ont pour objectif général de réduire l'exposition d'un individu aux risques présents sur son lieu de travail ou résultant des opérations qu'il accomplit. Ils se rattachent au troisième et dernier degré dans l'échelle de priorités de la prévention technique.

Une dernière chance, deux conditions

Devoir recourir à des équipements de protection individuelle (EPI) signifie que les 2 premiers degrés de la prévention technique (*chap. E.2*) ont échoué à assurer une protection suffisante et qu'il demeure nécessaire d'agir sur la dernière ligne de défense. Encore faut-il que les deux premiers degrés aient été correctement exploités. Or il n'est pas rare que le recours aux EPI soit adopté d'emblée comme unique étape de prévention, souvent sans instruction aux utilisateurs, sans programme de suivi, voire sans discernement (EPI inadéquats). Une telle attitude ne dénote pas seulement la désinvolture ("solution de facilité") ou l'incompétence (efficacité médiocre), elle est également perverse - et souvent illégale! - en reportant sur le travailleur la responsabilité de ses conditions de travail.

Qualifier ces protections d'individuelles revêt une double signification. D'une part, le danger reste présent pour toute personne non équipée dans le même environnement. D'autre part, le choix et la capacité d'utiliser ces équipements sont largement reportés sur l'individu. Pour qu'il les utilise correctement, la première condition est donc qu'il en reconnaisse le besoin et qu'il sache s'en servir. Le taux d'utilisation des EPI dépend clairement de l'information reçue sur les risques encourus.

La seconde condition est que les EPI soient disponibles en quantité et en qualité adéquate. Les ressources, la conscience du risque et l'information sont généralement plus modestes dans les petites entreprises que dans les grandes et l'utilisation d'EPI y est aussi nettement moins courante. Même s'il n'explique pas tout, ce déficit joue assurément un rôle dans le doublement du risque d'accidents dans les PME par rapport aux grandes entreprises exerçant les mêmes métiers à risque.

Si l'usage d'EPI est relativement aisé à encourager en présence de risques aigus, il est souvent difficile de faire percevoir le risque et le besoin de se protéger lorsqu'on entre dans les risques chroniques ou qui n'affectent que peu ou très progressivement la capacité de travail. C'est ainsi que la peau et la capacité auditive restent des victimes privilégiées du manque de prévention.

Exemples

Il existe une grande variété d'EPI selon les organes et fonctions à protéger et selon la nature et la gravité des dangers encourus. Nous n'en citerons ici que 3 catégories majeures.

1. Les **protections respiratoires** fonctionnent par apport d'air neuf ou, plus communément, par épuration de l'air ambiant. Dans ce dernier cas, les EPI doivent être plus spécifiques que des mesures de protection collective. Une ventilation par extraction entraînera tous les gaz, vapeurs et aérosols, alors que traiter l'air inhalé nécessite une épuration ciblée sur les propriétés des polluants.

2. Nos **mains** et nos **yeux** sont nos premiers instruments de travail et méritent à ce titre une vigilance particulière. Les mains représentent des surfaces de peau et des fonctions sensori-motrices exposées au contact direct avec une multitude d'agressions. Ce n'est donc pas un hasard si elles sont le siège d'env. 1 accident professionnel sur 3. Moins souvent protégés de manière correcte, les yeux sont en revanche plus facilement atteints de manière irréversible.
3. Certains équipements doivent isoler complètement l'opérateur d'un **environnement excessivement hostile**: pathogènes très virulents, chantiers d'amiante, accidents chimiques, zones de danger immédiat pour la vie et la santé (IDLH en anglais), feux ouverts, températures extrêmes, atmosphère déficiente en oxygène (<19.5%), etc. De tels environnements ne sont plus des postes de travail ordinaires, mais des interventions spéciales nécessitant de strictes mesures d'organisation (sélection et formation des opérateurs, autorisations d'accès, procédures, surveillance, suivi et documentation).

Conditions d'utilisation

Bien que la fonction des EPI soit de se placer entre l'opérateur et ses points de contact avec le milieu, leur seule résistance générique ne suffit pas à les caractériser. En effet, ce ne sont pas des matériaux bruts, mais des produits manufacturés. Ainsi, un gant de protection chimique n'est pas juste une feuille plus ou moins imperméable, c'est aussi une morphologie, des joints d'assemblage, une transition avec des parties non couvertes (poignets!), une résistance mécanique finie, etc. De même, un outil de manutention a des caractéristiques ergonomiques essentielles pour sa manipulation.

Sélection du type et du modèle

La sélection d'un EPI repose sur la connaissance du risque, qualitative (nature du danger) aussi bien que quantitative (durée et niveau d'exposition, gravité des effets, probabilité d'accident). Elle requiert aussi une connaissance approfondie des circonstances de l'utilisation prévue (opérations normales, interventions, fuite, etc.) et des exigences de la tâche (efforts, dextérité, vision, écoute, etc.). Les critères essentiels à considérer sont: la nature et la gravité du risque, le degré de protection offert par l'EPI, le niveau admissible d'exposition au risque.

En second lieu, la connaissance des EPI et de leurs caractéristiques est un inventaire obligé. Il est judicieux de s'orienter sur les spécifications internationalement reconnues (catégories, pictogrammes, etc.) pour une première sélection, puis de contacter les fournisseurs potentiels pour des précisions plus spécifiques.

Enfin, la sélection devra tenir compte des impératifs de maintenance et du coût réel, y compris l'entretien et le remplacement, notamment dans le choix entre EPI à usage unique ou réutilisables.

Ajustement

Pratiquement tous les EPI nécessitent un ajustement pour répondre à leurs spécifications.

Exemples:

- Les masques de protection respiratoire ne sont jamais étanches sur un visage barbu ou mal rasé. L'étanchéité peut aussi être perturbée par la morphologie du visage ou par d'autres dispositifs (écouteurs, casque, etc.). Des essais sérieux sont recommandés avec les masques classiques à pression négative, la simple obturation manuelle des valves n'est pas assez fiable.
- Les protecteurs d'ouïe peuvent aisément être mal posés, y compris les coquilles, et perdre l'essentiel de leur efficacité à l'insu de l'utilisateur.
- L'ajustement des lunettes ou des casques de protection est une condition de base du confort d'utilisation, mais aussi de la stabilité pendant les mouvements de la personne.

Entretien

Tous les EPI ont une capacité limitée de barrage passif (résistance) ou actif (absorption, neutralisation). Cette capacité s'épuise ou se dégrade avec le temps et en fonction de l'exposition subie. En particulier, il est crucial de changer les masques à usage unique ou les cartouches remplaçables avant qu'ils ne laissent passer les contaminants (claquage), surtout si les repères sensoriels du sujet - généralement l'odorat - ne détectent pas de manière assez précoce les substances incriminées.

L'entretien des EPI doit être l'objet d'un programme documenté de maintenance préventive. Les pièces d'usure (membranes, articulations, cordes, harnais, etc.) doivent être régulièrement contrôlées et renouvelées conformément aux instructions du fournisseur ou du fabricant.

L'entreposage et l'hygiène de tous les EPI, personnels aussi bien que transmissibles, doivent obéir à une discipline stricte. Les équipements à usage unique - en particulier les masques - ne doivent jamais être réutilisés. De même, il est inacceptable - mais malheureusement courant - de voir des EPI déposés sans protection dans des zones à risques: lunettes sur des tables d'usinage, masques absorbants ouverts dans des atmosphères souillées, harnais ou corde d'assurage dans l'huile ou près d'une batterie au plomb (pertes d'acide possibles), etc.

Obstacles et limites

Confusions

Le rôle d'interface est ambigu, car une interface a toujours 2 côtés. Ainsi, certains masques dont la fonction est de protéger l'objet et non l'opérateur (chirurgie, micro-technique, etc.) ne doivent pas être pris pour des EPI, car ils ne protègent aucunement le porteur contre des gaz, vapeurs ou aérosols inhalables. De même, des lunettes optiques ordinaires ne remplissent pas du tout les exigences requises pour des lunettes de sécurité (résistance aux chocs, protections latérales, transmission UV, etc.).

Effets indésirables

Le poids et l'encombrement des EPI entraîne une **altération du schéma corporel** qui peut rendre plus pénible l'activité pour l'opérateur (mobilité entravée, effort accru, repères déplacés) et susciter de nouveaux risques (moindre capacité d'esquive ou de fuite, entraînement par des

éléments en mouvement, etc.). Il arrive aussi que des EPI compliquent les actions de sauvetage et de premiers secours.

La plupart des EPI forment un barrage à la **perspiration**. Il peut en résulter une chaleur locale ou générale accrue et des inconvénients liés à la transpiration, même avec de simples lunettes. La macération dans des enveloppes fermées (gants, chaussures) affaiblit la résistance mécanique, mais aussi chimique de la peau. Pour corriger cet effet, certains équipements (gants, survêtements) sont perméables au dos de la partie exposée.

En se plaçant entre la personne et son environnement, les EPI entraînent une **perte sensorimotrice**, qui peut être notamment tactile (toucher, dextérité, sensation de température), visuelle (champ réduit, buée, couleurs, luminosité) ou auditive (communication orale, signaux et bruits significatifs atténués).

Enfin, la méconnaissance du risque et une confiance aveugle dans les EPI peut encourager la témérité, un relâchement de la vigilance ou une moindre attention portée aux moyens de protection collective, aboutissant en fait à une **aggravation du risque**.

Acceptabilité

Les EPI sont souvent perçus d'abord comme des entraves ou des contraintes bureaucratiques. Pour dissiper cette conception, il convient en premier lieu que leur rôle et son importance, aussi bien pour l'entreprise que pour la personne concernée, soit bien expliqué et compris. Quant à leur acceptation, elle est fortement conditionnée par trois éléments de la perception de l'opérateur :

Fonctionnalité : Si l'usage d'un EPI perturbe notablement le déroulement habituel du travail, les résistances sont programmées et il est essentiel de les anticiper, p. ex. en reconsidérant ce déroulement.

Confort statique et gestuel : Nombre d'EPI entraînent un inconfort, voire des douleurs en cas de mauvais ajustement (gants, chaussures, casques, lunettes). Il faut annoncer ce risque d'inconfort ouvertement, mais aussi tout mettre en œuvre pour le corriger autant que nécessaire.

Aspect, "look" : Il est bien sûr inacceptable de prescrire des accoutrements qui pourraient ridiculiser les personnes. Mais ce critère invoque des valeurs qui ne sont pas seulement esthétiques et il serait faux de n'y voir que de la coquetterie. On trouve aussi des considérations d'image de la cohorte professionnelle. Plus cette image est forte, plus il sera difficile d'obtenir d'une personne qu'elle se comporte différemment de ses collègues. Inversement, il est plus facile de faire adopter des EPI qui ont un caractère emblématique valorisant (tenue des pompiers professionnels, etc.). Dans certains milieux, les EPI sont encore considérés comme l'apanage des travailleurs non qualifiés, de sorte que les cadres et travailleurs qualifiés rechignent à les porter. Mais les choses évoluent, comme le montre la généralisation progressive des casques de protection (bâtiment, forêts) et, en termes de motivation et de représentation, il vaut mieux être au front plutôt qu'à la remorque de cette évolution!

Bibliographie

- *Work and health in the European Union - A statistical portrait*, p. 37, 42-45. Office for Official Publications of the European Communities, 2004
- **T.J.Nelson**, in "*Encyclopédie de sécurité et de santé au travail*", Ed. J.L.Stellman, BIT, Genève 2000, p. 31.23

E.6 Au niveau du travailleur - Prévention médicale

Complémentaire des mesures préventives techniques et individuelles, cette démarche basée à la fois sur l'appréciation des données médicales objectives relatives à l'individu et la connaissance du milieu professionnel auquel il est soumis, vise à préserver la santé des travailleurs et à éviter toute altération de leur santé du fait de leur activité professionnelle

Introduction

La prévention comporte également un volet médical qui vient compléter les mesures de prévention technique (substitution, aspirations, organisation du travail, etc.) et individuelles (équipements de protection).

A partir de la confrontation des données médicales de l'individu d'une part et des connaissances des conditions de travail d'autre part, le médecin du travail peut :

- déterminer l'aptitude du sujet à être affecté à tel ou tel poste de travail
- apprécier le risque pour l'individu d'une éventuelle altération de son état de santé du fait de son activité professionnelle
- déceler précocement toute pathologie en relation avec l'activité professionnelle
- dépister des problèmes de santé sans lien avec le travail
- proposer des mesures de prévention nécessaires
- et évaluer l'efficacité des mesures de prévention mises œuvre

Les examens médicaux

Le médecin du travail, selon l'art. 11.e de l'Ordonnance de prévention des accidents et maladies professionnelles (OPA), peut procéder aux examens médicaux nécessaires à l'accomplissement de sa tâche.

Ces examens comportent classiquement un interrogatoire médical détaillé (antécédents médicaux, problèmes de santé en cours et leur prise en charge thérapeutique, traitements habituels, allergies, etc....), une anamnèse professionnelle (poste de travail, procédés, nuisances et expositions professionnelles, moyens de prévention à disposition, etc....) et un examen clinique.

Des examens paracliniques peuvent compléter cette première analyse; leur choix est déterminé en fonction de la nature du risque, du type d'effets sur l'organisme et des tests à disposition. Prolongements naturels d'un interrogatoire et d'un examen clinique orientés sur les organes-cibles, ils visent notamment à détecter des atteintes asymptomatiques ou à un stade précoce.

Exemples :

- audiogramme pour les sujets exposés au bruit
- spirométrie, radiographie pulmonaire en cas d'exposition à des poussières
- analyses de sang : évaluation des fonctions hépatiques ou rénales

De plus, dans le cas d'expositions professionnelles à certaines substances (métaux, produits chimiques), on peut procéder à un dosage du toxique lui-même ou de ses métabolites dans les milieux biologiques (sang, urines) afin d'évaluer la dose interne (cf. chapitre monitoring biologique). Ces dosages reflètent le niveau de risque réel de l'individu surveillé et tiennent compte de toutes les voies de pénétration du toxique dans l'organisme (cutanée notamment).

On distingue plusieurs types d'examens :

les examens d'embauche

Ils ont pour objectif principal de rechercher une affection médicale qui contre-indiquerait l'affectation à un risque donné ou à un poste de travail comportant certains risques. Dans certains cas, l'examen doit même précéder l'affectation à une activité donnée.

Ces examens sont l'occasion d'une information spécifique sur les nuisances potentielles au poste de travail et sur les moyens de protection adéquats à utiliser ; c'est également l'occasion de rappels concernant l'hygiène et les habitudes au travail (par exemple, ne pas manger ou fumer sur le lieu de travail pour éviter certaines contaminations toxiques) ainsi qu'en matière de promotion de la santé (tabagisme, consommation d'alcool, hygiène de vie).

les examens périodiques ou ponctuels

Ces examens permettent un contrôle de l'état de santé des travailleurs et sont orientés par la nature de l'activité professionnelle exercée ainsi que par les risques présents au poste de travail, en tenant compte de l'analyse de risques effectuée dans l'entreprise par les spécialistes en sécurité et santé au travail.

Au décours de ces examens, le médecin s'attachera plus particulièrement au dépistage d'une éventuelle altération de l'état de santé en rapport avec l'activité exercée ; cet examen peut aussi être l'occasion de la découverte d'une pathologie latente (hypertension artérielle par exemple). Dans tous les cas, la prise en charge thérapeutique sera effectuée par le médecin traitant du travailleur.

Dans certains cas, le médecin peut demander la réalisation de laboratoire pour évaluer l'exposition du salarié à certaines substances ou s'assurer de l'efficacité des moyens de prévention (surveillance biologique).

Le cas particulier des vaccinations

Certaines activités professionnelles peuvent exposer les travailleurs à des agents infectieux qui peuvent entraîner des maladies graves ; pour certains agents (hépatites A et B, tétanos par exemple), on dispose de vaccins. La vaccination fait partie d'une démarche globale de prévention mais elle ne dispense en aucun cas de la mise en place d'une protection collective et individuelle efficace. C'est un moyen de prévention supplémentaire dont l'indication est appréciée en fonction du risque spécifique au poste de travail.

Le médecin effectue la vaccination après contrôle du statut vaccinal de l'intéressé et recherche des contre-indications éventuelles.

Bibliography

- *Principes techniques et éthiques de la surveillance de la santé des travailleurs: principes directeurs. Série sécurité, hygiène et médecine du travail N° 72, 1998. ILO publications (version PDF imprimable sur le site www.ilo.org)*
- **R. R. Lauwerys.**, *Toxicologie et intoxications professionnelles. Ed. Masson, 4ème édition.*
- **F. Testud.**, *Pathologie toxique en milieu de travail. Ed. Lacassagne et Eska, 2ème édition.*
- *Vaccinations du personnel de santé, brochure SUVA, réf. 2869/34.f*
- *Biological monitoring of chemical exposure in the workplace. Vol 1 and 2, 1996. World Health Organisation.*

E.7 Information et formation des travailleurs

Mis à part les aspects techniques et médicaux présentés dans cette partie E, il est fondamental de concevoir la maîtrise du risque dans une perspective large où tous les acteurs concernés contribuent, chacun avec leur point de vue et leur expérience, à gérer les risques de manière cohérente et concertée. La participation des travailleurs ainsi que leur formation et leur information ne sont pas vains mots et sont souvent prévues dans la loi. Celles et ceux qui travaillent sont les mieux placés pour savoir où sont les problèmes et comment les résoudre. D'autres acteurs, cependant, peuvent aussi contribuer de manière significative à la maîtrise du risque.

Introduction

Nous avons présenté dans les *chapitres A.0.2 et A.0.3* l'approche pluridisciplinaire des spécialistes en Santé et Sécurité du Travail (SST) et la collaboration nécessaire entre les experts et les partenaires sociaux (employeurs, employés et Etat). Il faut, dans ce dernier chapitre de cette partie E (Maîtrise du risque), développer ce concept et le placer dans une perspective plus large.

Personne ne conteste l'importance du rôle des spécialistes, mais l'expérience acquise jusqu'ici avec bon nombre de risques « traditionnels » permet de ne pas avoir recours systématiquement à un spécialiste puisque les « bonnes pratiques » et les mesures préventives sont connues. Il faut donc simplement que « l'état de l'art » pour un type de travail donné, soit connu de tous et mis en pratique. C'est là qu'interviennent l'organisation de la prévention (*chapitre E.0*) où la formation et l'information jouent un rôle prépondérant, et les nouveaux outils de maîtrise du risque accessibles à tous (*chapitre E.1*).

Si ce type d'approche simplifiée est déjà bien connu dans le domaine de la sécurité (prévention des accidents – risques aigus), il est nouveau dans le domaine de l'hygiène du travail qui a toujours été réservé aux spécialistes (hygiénistes du travail), du fait que le risque chronique était jugé plus difficile à détecter, à évaluer et à maîtriser. Aujourd'hui, on assiste à une « démocratisation » du domaine de la gestion des risques chroniques qui ne reste plus l'apanage des experts. Ceci est particulièrement vrai pour les nuisances chimiques où des efforts considérables ont été développés pour étiqueter les produits de manière simple et informer les utilisateurs grâce à des Fiches de Données de Sécurité (FDS) telles que décrites dans le *chapitre C*. L'Europe continue ses efforts dans ce domaine, comme l'atteste une nouvelle directive adoptée par le parlement en novembre 2005 sur l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des produits chimiques (*REACH : Registration, Evaluation, Authorisation of Chemicals*).

Un exemple d'approche participative : **SOBANE**

Le Professeur Jacques Malchaire, de l'Université Catholique de Louvain en Belgique, a développé, avec son équipe et d'autres collègues, ainsi qu'avec le soutien de l'Union Européenne (Fonds social européen), un concept d'approche participative qu'il a intitulé *SOBANE*. Ce sigle anglais signifie *Screening* (dépistage), *OB*servation, *AN*alysis and *EX*pertise. Il s'agit d'une hiérarchisation des investigations à mener sur les risques pour aboutir plus rapidement et plus économiquement qu'avant, à une prévention efficace des risques.

Niveau 1: Dans beaucoup de cas, un *screening* (passage en revue, dépistage) des méthodes de travail utilisées, des procédures, etc. suffit à détecter les risques et les erreurs flagrantes et à arrêter les méthodes préventives à appliquer immédiatement. C'est une identification des dangers qui peut se faire par les opérateurs eux-mêmes, leur encadrement technique et l'employeur dans les PME ou par un conseiller en prévention dans les entreprises plus grandes. Les « développeurs » de *SOBANE* ont aussi élaboré une méthode de dépistage qu'ils ont appelé la méthode Déparis (pour **D**épistage **p**articipatif des **r**isques). Un coordinateur est désigné, au sein de l'entreprise, pour mener à bien ce dépistage et mettre en pratique les solutions immédiates. Il recensera aussi les points à approfondir.

Niveau 2: Le *screening* peut se révéler insuffisant, ce qui nécessitera une observation critique des conditions de travail permettant de préciser où les problèmes peuvent surgir et comment ils doivent être mis sous contrôle. Le même groupe que précédemment (si possible avec un conseiller en prévention) effectuera ce travail en observant les conditions de travail plus en détail pour déceler les solutions préventives moins évidentes que celles repérées dans le niveau Une connaissance approfondie de la situation est nécessaire pour cette étape qui inclut le fonctionnement normal et anormal du travail. Ici aussi un coordinateur assumera l'exécution de cette phase et la mise en oeuvre des solutions préventives et il établira la liste des points difficiles à étudier plus en détail.

Niveau 3: Parfois, les situations ne sont pas évidentes et les deux premiers niveaux n'ont pas permis d'atteindre un degré de maîtrise des risques suffisant. Une analyse (mesure et évaluation quantitative ou semi-quantitative des risques, recherche des causes, optimisation des solutions, etc.) pourra alors se révéler nécessaire. Cet approfondissement devra être réalisé avec des conseillers en prévention spécialisés ayant les compétences requises et disposant des outils et des techniques appropriées. Ils agiront en étroite collaboration avec l'équipe interne à l'entreprise. Cette équipe et le spécialiste décideront si les solutions trouvées sont satisfaisantes ou si quelques points nécessitent encore un effort d'investigation.

Niveau 4: Finalement, dans de rares situations particulièrement complexes, une expertise (intervention d'experts hautement qualifiés) pourra s'imposer. Tout cela, avec le concours de l'équipe interne et de coordinateur(s).

La mise en oeuvre de la stratégie *SOBANE* nécessite bien-sûr un appui inconditionnel de la Direction de l'entreprise et la mise à disposition des ressources nécessaires (temps de travail, budget, cahier des charges, etc.). Les étapes de la mise en oeuvre sont clairement identifiées et codifiées, de l'information et de la planification au départ, jusqu'au rapport final et à la communication des résultats.

Des listes de contrôle, des fiches d'aide pour chacune des étapes ainsi qu'une procédure claire permettent d'avancer pas à pas dans cette approche.

Jusqu'à présent (fin 2005) la méthode *SOBANE* a été développée pour 14 domaines de risques professionnels :

1. Locaux sociaux
2. Machines et outils à main
3. Sécurité (accidents, glissades, chutes, ...)
4. Risques électriques
5. Risques d'incendie ou d'explosion
6. Travail à l'écran
7. Troubles musculosquelettiques
8. Eclairage
9. Bruit
10. Ambiance thermique de travail
11. Produits chimiques dangereux
12. Agents biologiques
13. Vibrations de l'ensemble du corps
14. Vibrations mains-bras

Une approche plus large : élargissement de l'approche participative

L'approche *SOBANE* est un outil pragmatique pour les PME et permet aux entreprises de se mettre en conformité avec les exigences légales de la gestion du risque (pour l'Europe par exemple : Directive cadre CEE 89/391 concernant la mise en œuvre de mesures visant à promouvoir l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleurs au travail).

Bien d'autres outils existent, mais ils restent tous limités aux risques « traditionnels » de la Santé et de la Sécurité au Travail. Leur mise en application constitue une première phase de la gestion du risque professionnel. Il convient cependant de ne pas perdre de vue l'évolution actuelle des conditions de travail qui s'éloignent rapidement du modèle sur lequel les outils traditionnels de la gestion du risque ont été construits. Les productions régulières dans des ateliers qui ne se modifient pas ou peu, sont remplacées par des systèmes en perpétuelle évolution et les changements sont multiples tant au niveau des professions que des processus et de la mobilité accrue des travailleurs et des entreprises. Dans ce nouveau contexte, d'autres acteurs entrent en scène pour mieux gérer les risques en collaboration avec les acteurs « traditionnels » déjà cités :

- les responsables des ressources humaines
- les économistes
- les ergonomes de conception
- les assureurs
- les psychologues (du travail, de la santé, des crises, etc.)
- etc.

En effet, il devient nécessaire d'envisager la gestion du risque dans le contexte global de l'entreprise sans se focaliser sur les prescriptions légales qui ne sont que des minima très en deçà des règles de l'art actuelles. Les nouveaux acteurs permettent de construire des « tableaux de bord » (indicateurs de performance) pour le management de la santé au travail beaucoup plus performants que ceux utilisés traditionnellement (lorsqu'il y en a !). Ainsi, l'absentéisme, le « présentéisme », le turnover des employés (turn-over), les enquêtes de satisfaction ou de santé, les enregistrements des incidents, les contrôles de qualité, la maintenance et bien d'autres facteurs permettent de déceler plus vite où sont les problèmes, de fixer les priorités de prévention et d'augmenter l'efficacité de la gestion globale de l'entreprise. Cette approche élargie constitue

une seconde phase de la gestion des risques, pour les entreprises (moyennes ou grandes) qui entendent promouvoir la santé de leur personnel et de leurs affaires.

Conclusion

L'Hygiène du Travail est la discipline qui va contribuer le plus efficacement à la gestion des risques chroniques traditionnels qui sont encore loin d'être suffisamment maîtrisés, tant dans les pays en développement que dans les pays plus industrialisés. Cependant, il est important que l'application des principes de l'Hygiène du Travail se fasse dans une perspective plus large où la problématique globale de la santé et du bien-être des travailleurs est prise en compte. C'est pourquoi une approche participative est nécessaire et elle doit se faire en adéquation avec l'état de développement du pays considéré, de ses propres valeurs, de son système socioculturel et législatif, de ses ressources ainsi que de la culture spécifique de l'entreprise elle-même.

Bibliographie

- **Malchaire J. B.**, *The SOBANE risk management strategy and the Déparis method for the participatory screening of the risks*, Int Arch Occup Environ. Health 77: 443-450 (2004)
- **Schietecatte A. et Malchaire J.**, *Evaluation de la méthode Déparis dans le cadre d'un projet de réorganisation*, Médecine du Travail et Ergonomie 41 : 43-48 (2004)
- Site décrivant la stratégie SOBANE : <http://www.sobane.be>
- Commande directe par le site du gouvernement belge de la stratégie SOBANE et de la méthode Déparis : <http://www.meta.fgov.be>

ISBN 978 92 4 259532 1



9 789242 595321

