

OUTILS D'AIDE À LA SUBSTITUTION DES SUBSTANCES TOXIQUES HORS SOLVANTS

Fatim Diallo, Denis Bégin, Maximilien Debia, Michel Gérin

Département de santé environnementale et santé au travail
Faculté de Médecine, Université de Montréal

Plusieurs outils tels que le Vapour Hazard Ratio (VHR) permettent de comparer les solvants industriels et aident à la substitution de ceux qui sont les plus dangereux pour la santé ou l'environnement. Cependant quand il s'agit de substances toxiques qui ne sont pas des solvants, les outils d'aide à la substitution sont moins bien documentés. Trois outils permettant l'évaluation et la comparaison des substances toxiques sont discutés : 1) le modèle à colonnes qui est un outil qualitatif développé par le BGIA, 2) l'Indiana Relative Chemical Hazard Score (IRCHS), un système de hiérarchisation des dangers élaboré par le Clean Manufacturing Technology Institute et 3) le Pollution Prevention Option Analysis System (P2OASys) conçu par le TURI. Des banques de cas de substitution et des banques de données sont également présentées. La recherche effectuée permet de constater qu'un nombre limité d'outils d'aide à la substitution des substances toxiques hors solvants est disponible. Ceux discutés ici aident à la prise de décision en indiquant quelle substance est la moins dangereuse à partir d'un certain nombre de paramètres d'entrée. Cependant, il faut souligner que la qualité des résultats fournis par ces outils dépend fortement de la validité des données d'entrées et que ces résultats ne peuvent être analysés indépendamment du jugement de l'expert.

Introduction

Les substances chimiques utilisées en milieu de travail peuvent engendrer de nombreux effets sanitaires ou environnementaux. Ces effets peuvent être réversibles comme l'irritation ou irréversibles tels que le développement d'un cancer. La substitution est un des moyens de prévention utilisés pour éviter ces effets. Elle consiste en l'élimination d'une substance dangereuse en la remplaçant par une autre moins dangereuse ou un procédé différent. Pour ce faire, il est nécessaire d'identifier et de comparer des substances qui peuvent potentiellement accomplir la même fonction afin de déterminer laquelle pose le moins de risques à la santé et/ou à l'environnement. Dans le cas des solvants, il existe de la documentation sur les outils d'aide à la substitution; le VHR qui permet de comparer les solvants industriels à partir de leur volatilité et de leur VLE¹ est l'un de ces outils. Lorsqu'il s'agit de substances autres que les solvants telles que les composés métalliques, les fibres, les huiles minérales ou encore les pesticides, les outils d'aide à la substitution sont moins bien documentés. L'objectif de cette présentation est de décrire trois méthodes permettant la comparaison des substances chimiques qui ne sont pas des solvants.

Méthodologie

Une recherche documentaire exhaustive a été réalisée dans des bases de données (EMBASE, HSELINE, INRS-Bibliographie, NIOSHTIC, OSHLINE, etc.) afin d'identifier les articles scientifiques et techniques concernant les outils d'aide à la substitution applicables aux substances dangereuses qui ne sont pas des solvants. Les outils discutés dans le cadre de cette présentation sont des méthodes de comparaison de substances chimiques (modèle à colonnes, IRCHS, P2OASys), une banque de cas de substitution et une banque de données toxicologiques. En outre, une étude de cas est réalisée en utilisant P2OASys pour comparer deux substances chimiques servant de pigments anticorrosion dans les peintures.

¹ VLE : Valeur limite d'exposition

Résultats

Démarche générale de substitution

En s'inspirant d'une revue de la littérature, Bégin et Gérin ont élaboré une démarche de substitution qui a été validée par l'étude de cas concrets de substitution de solvants en entreprise. C'est une démarche comprenant neuf étapes décrite initialement pour les solvants mais applicable dans ses grandes lignes à toute substitution de substances dangereuses (1). Ces neuf étapes sont les suivantes: 1) Identification du problème, 2) Formation du comité de substitution, 3) Étude du problème et définition des critères de sélection, 4) Propositions d'options de rechange, 5) Essais à petite échelle, 6) Évaluation des conséquences des options retenues, 7) Comparaison des options et choix, 8) Implantation, 9) Évaluation.

L'étape 6 d'évaluation des conséquences des options retenues est une étape importante qui comprend la comparaison des options. Les trois outils discutés ci-dessous permettent de comparer les substances chimiques entre elles.

Le modèle à colonnes

Le modèle à colonnes est un outil qualitatif développé par l'institution allemande BGIA². Il comprend cinq colonnes représentant chacune les types de dangers relatifs aux substances à savoir les effets aigus et chroniques sur la santé, les dangers environnementaux, les risques d'explosion et d'incendie, le potentiel d'exposition et les dangers causés par les procédés. À chacune de ces colonnes se rapporte cinq niveaux de risque : très élevé, élevé, moyen, faible et négligeable. L'évaluation des substances se fait à partir de l'information contenue dans les fiches de données de sécurité notamment les phrases de risque et la classification allemande pour les contaminants de l'eau (2).

Le meilleur substitut doit avoir le niveau de risque le plus faible dans chacune des cinq colonnes (types de risques). Si le résultat n'est pas aussi clair, l'utilisateur fait un choix en fonction du risque qu'il juge le plus important dans sa situation particulière.

² Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz (Institut pour la protection du travail des caisses mutuelles d'assurance accident). Voir : <http://www.hvbg.de/e/bia/praspalte/index.html>

IRCHS

L'IRCHS est un système de hiérarchisation des dangers des produits chimiques pour le milieu de travail et l'environnement. Il comprend deux algorithmes permettant d'assigner à une substance un score représentatif de son impact sur l'environnement et un autre de l'impact sur le milieu de travail. Le score environnemental est déterminé à partir de quatre sous-scores représentant respectivement les effets sur le milieu aquatique (CL₅₀³, NOEL⁴, persistance dans l'eau, bioaccumulation), l'impact de la substance dans l'air, celui dans le sol et enfin l'impact sur la couche d'ozone stratosphérique (3). Le score d'impact sur le milieu de travail est quant à lui composé de trois sous-scores : un pour les effets chroniques et aigus sur la santé, un deuxième représentant les voies d'exposition (pression de vapeur, absorptions par voie orale et cutanée, pulvéulence) et un dernier sous-score pour la sécurité du travail à partir des données d'inflammabilité, de réactivité et de corrosivité (4). Un score d'impact global compris entre 0 et 100 est calculé à partir des scores d'impact pour l'environnement et pour le milieu de travail, (5). La meilleure option est la substance ayant le score d'impact global le moins élevé.

P2OASys

Le P2OASys est un outil développé par le TURI⁵ et permettant aux entreprises d'évaluer les impacts potentiels des substances chimiques pouvant accomplir la même fonction afin de choisir celle présentant le moins de risques à la santé et à l'environnement (6). Il s'agit d'un fichier⁶ Excel téléchargeable gratuitement et contenant 11 catégories de dangers : 1) effets aigus sur l'homme, 2) effets chroniques, 3) dangers physiques, 4) dangers aquatiques, 5) persistance/bioaccumulation, 6) dangers atmosphériques, 7) dangers relatifs à l'élimination, 8) dangers chimiques, 9) utilisation d'énergie et de ressources, 10) dangers du produit et 11) potentiel d'exposition. Chacune des catégories précédentes est évaluée à partir d'un certain nombre de critères; un score (2, 4, 6, 8, 10) est attribué à chaque critère et la moyenne des deux scores de critères les plus élevés détermine le score de la catégorie. Dans P2OASys, l'utilisateur peut choisir de saisir un score de validité (entre 0 et 100) lié aux données utilisées pour l'évaluation. Il peut également attribuer un facteur de pondération compris entre 0 et 10 à chacune

³ Concentration létale cinquante

⁴ No Observed Effect Level (Dose sans effet observé)

⁵ Toxics Use Reduction Institute

⁶ <http://www.turi.org/content/download/1046/5074/file>

des catégories de dangers pour souligner celle qu'il juge la plus importante dans un contexte particulier. Les scores de catégories combinées à la validité et à la pondération permettent d'obtenir un score global pondéré pour chacune des substances évaluées. Plus ce score est bas, meilleure est la substance.

Nous avons utilisé P2OASys pour comparer deux substances pouvant être utilisées comme pigments anticorrosion dans les peintures. Ces substances sont le tétroxyde de plomb (CAS 1314-41-6) et le métaborate de baryum (CAS 13701-59-2). Les résultats obtenus sont un score global de 23 pour le métaborate de baryum et de 27 pour le tétroxyde de plomb. Si l'on s'intéresse spécifiquement aux effets chroniques à la santé, le score est alors de 10 pour le tétroxyde de plomb et de 5 pour le métaborate de baryum. Étant donné que les données saisies pour l'évaluation des deux substances par le P2OASys concernent principalement les effets aigus et chroniques à la santé, on peut conclure à partir de ces résultats que le métaborate de baryum est moins dommageable pour la santé que le tétroxyde de plomb. Le P2OASys peut être considéré comme un bon outil d'évaluation et de comparaison des substances et préparations chimiques. Néanmoins, les résultats obtenus doivent toujours être interprétés en tenant compte des conditions particulières dans lesquelles les substances sont utilisées mais également en questionnant la validité des données utilisées pour l'évaluation.

Banques de cas de substitution et banques de données

La proposition d'options de rechange est l'étape 4 de la démarche générale de substitution précédemment décrite. Pour ce faire, il peut être utile dans certains cas de consulter des banques de cas de substitution (sites Web, revues de littérature, etc.) qui permettent l'identification de substances et procédés de remplacement de certaines substances chimiques dangereuses. L'étude du TURI appelée « Five Chemicals Alternatives Assessment Study (7) » en est une. Elle porte sur l'évaluation des solutions de remplacement de cinq substances chimiques à savoir le chrome hexavalent, le formaldéhyde, le perchloréthylène, le plomb et le phtalate de bis(2-éthylhexyle) ou DEHP. Pour chacune de ces cinq substances et pour certaines de leurs utilisations jugées prioritaires, des solutions de remplacement ont été identifiées et évaluées comparativement avec la substance de départ.

Les banques de données quant à elles interviennent généralement à l'étape 6 de la démarche de substitu-

tion où il faut évaluer les conséquences des options retenues. En effet, elles permettent de trouver l'information nécessaire à la comparaison des substances chimiques telle que les paramètres physico-chimiques ainsi que les valeurs limites d'exposition professionnelle recommandées. Le Hazardous Substance Data Bank (HSDB) est un exemple de banque de données. Elle a été créée par le National Library of Medicine et elle est disponible sur Toxnet⁷. HSDB contient de l'information concernant les effets sur la santé, le devenir environnemental, les propriétés physico-chimiques ou encore des données sur le métabolisme et la pharmacocinétique pour près de 5000 substances chimiques. Les données fournies par HSDB sont soumises à une revue par un comité formé d'experts dans les principaux domaines abordés.

Conclusion

La substitution des substances chimiques dangereuses est une démarche complexe. Elle est néanmoins d'un point de vue préventif la première méthode à envisager pour réduire les effets dommageables des substances toxiques sur la santé et l'environnement. L'objectif du travail effectué était de recenser les outils d'aide à la substitution pour les substances toxiques hors solvants. Les outils présentés ici sont de trois types : des méthodes qualitatives et quantitatives de comparaison des substances, une banque de cas contenant des exemples de produits de substitution et une banque de données sur les paramètres physico-chimiques et toxicologiques des substances. Chacun de ces trois types d'outil peut être utilisé dans une des étapes de la démarche générale de substitution. Les méthodes de comparaison, peu nombreuses dans le cas des substances hors solvants, constituent un instrument indispensable puisqu'elles participent à la prise de décision quant à la meilleure option de remplacement. Elles sont cependant complexes et nécessitent une quantité et une qualité d'information qui n'est pas toujours facilement accessible pour l'intervenant en santé et en sécurité du travail. La recherche effectuée fait ressortir la nécessité de développer des outils de comparaison des substances toxiques hors solvants simples et d'utilisation facile c'est-à-dire nécessitant un nombre raisonnable de paramètres d'entrée et aboutissant à un choix éclairé quant à la substance la moins dangereuse.

Ce travail a été financé par une subvention de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET).

⁷ <http://toxnet.nlm.nih.gov>

Références

- [1] Gérin, M.; Bégin, D. (2002) *Substitution: démarches et outils*. In: **Solvants industriels, Santé, sécurité, prévention**, pp. 39-56. M. Gérin, Ed. Masson, Paris.

- [2] Smola, T. (2006) **The Column Model, An aid to substitute assessment**. BG-Institute for Occupational Safety and Health, Sankt Augustin.

- [3] CMTI (1997) **Environmental Hazard Value**. Clean Manufacturing Technology Institute, Purdue University, West Lafayette, IN, <https://engineering.purdue.edu/CMTI/IRCHS/ENVHV.docpage> Web visitée le 22 janvier 2008.

- [4] CMTI (1997) **Worker Exposure Hazard Value**. Clean Manufacturing Technology Institute, Purdue University, West Lafayette, IN, <https://engineering.purdue.edu/CMTI/IRCHS/WORKHV.doc>, page Web visitée le 22 janvier 2008.

- [5] Simpson, C. (2002) Solvents by the Numbers. **Clean Tech 2**(1):16-22.

- [6] Tickner, J. (1997) **Pollution Prevention Options Analysis System - P2OASYS - Users Guide**. Toxics Use Reduction Institute, University of Massachusetts, Lowell.

- [7] TURI (2006) **Five chemicals alternatives assessment study**. Toxics Use Reduction Institute, University of Massachusetts, Lowell.