



Solub

Démarche de substitution
des solvants en milieu de travail

Fiche de substitution par utilisation

RF-910

Dégraissage de pièces métalliques Fabrication et usinage

Denis Bégin, chimiste, M. Sc.
Professionnel de recherche

Michel Gérin, chimiste, Ph. D.
Professeur associé

Maximilien Debia, Ph. D.
Professeur adjoint

Département de santé environnementale et santé au travail
École de santé publique, Université de Montréal



Fiche de substitution par utilisation

Dégraissage de pièces métalliques – Fabrication et usinage
RF-910

Denis Bégin, chimiste, M. Sc.
Professionnel de recherche

Michel Gérin, chimiste, Ph. D.
Professeur associé

Maximilien Debia, Ph. D.
Professeur adjoint

Département de santé environnementale et santé au travail
École de santé publique, Université de Montréal

Bibliothèque et Archives nationales du Québec
2016
ISBN : 978-2-89631-856-8 (PDF)
ISSN : 2292-9444

IRSST - Direction des communications et de la valorisation de la recherche
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2

Téléphone : 514 288-1551
publications@irsst.qc.ca
<http://www.irsst.qc.ca>
© Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail

7 mars 2016

Cette publication est disponible sur le site Web Solub de l'IRSST <http://www.irsst.qc.ca/solub/>

Conformément aux politiques de l'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

Le site Web **Solub** (<http://www.irsst.qc.ca/solub>) soutient les intervenants aux prises avec un problème de remplacement de solvants dangereux. Il propose une démarche en neuf étapes dont la quatrième vise à dresser un inventaire aussi large que possible des solutions envisageables. Pour faciliter l'accès à l'information pertinente, les auteurs de **Solub** ont rédigé des fiches de substitution portant sur des utilisations spécifiques pour lesquelles des pistes de remplacement existent en changeant de produit ou de procédé. Chaque fiche résulte d'une recherche dans la littérature scientifique et technique; les auteurs n'assurent cependant pas que les pistes présentées soient exhaustives.

Lors de leur fabrication et de leur usinage, les pièces métalliques doivent être nettoyées pour enlever les diverses substances présentes en surface telles que fluides de coupe, huile minérale et pâte à polir. Ce nettoyage ou dégraissage des pièces est requis notamment avant qu'elles soient assemblées ou peintes. Les travailleurs sont alors susceptibles d'être exposés aux solvants utilisés lors de cette opération.

Solvants dangereux

Cette section porte sur les deux solvants chlorés les plus toxiques, le trichloréthylène (TCE) et le perchloréthylène (PERC), traditionnellement utilisés pour le dégraissage de pièces métalliques (9).

L'Agence de protection de l'environnement des États-Unis (U.S. EPA) rapporte une concentration médiane de 17 ppm de TCE sur 8 h dans la zone respiratoire de travailleurs qui dégraisaient des pièces dans de petites entreprises (27). Cette valeur a été calculée à partir de 39 mesures du TCE effectuées par l'Occupational Safety and Health Administration (OSHA) de 2003 à 2010. La valeur limite d'exposition professionnelle (VLE) sur 8 h recommandée par l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) depuis 2006 pour le TCE est de 10 ppm. Cette recommandation vise la prévention de la dépression du système nerveux central, des déficits cognitifs et de la toxicité rénale (2). En outre, depuis 2012, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) classe ce solvant chloré comme cancérigène pour l'humain (groupe 1) (19).

Dans une revue systématique de la littérature, Gold et coll. rapportent une moyenne arithmétique (MA) de 110 ppm de PERC sur la base de 171 mesurages effectués de 1944 à 2001 dans la zone respiratoire de travailleurs effectuant du dégraissage en phase vapeur (16). En excluant les 55 données des années 1940 pour lesquelles les durées de prélèvement n'étaient pas disponibles, la MA pour les prélèvements d'une durée < 1 h était de 23 ppm. La MA était de 5,7 et 3,2 ppm pour les durées variant de 1 à 6 h et > 6h respectivement. La VLE sur 8 h recommandée par l'ACGIH depuis 1993 pour le PERC est de 25 ppm afin de prévenir la dépression du système nerveux central (1). Rappelons que depuis 1995, le CIRC classe ce solvant chloré comme cancérigène probable pour l'humain (groupe 2A) (18,19).

Notons que le contact de vapeurs de TCE et de PERC avec des surfaces très chaudes comme lors d'opérations de soudage peut mener à leur décomposition avec génération de gaz toxiques tels que le phosgène. Par ailleurs, bien que ni le TCE ni le PERC n'ait de point d'éclair, les vapeurs du TCE sont inflammables à haute température (9).

Pistes de solutions de rechange

La fabrication et l'usinage de pièces métalliques concernent plusieurs industries différentes telles que la fabrication de matériel de transport, d'appareils électriques et de machines. Les nettoyants substitutifs doivent donc être adaptés à la situation concrète de chaque type de production de sorte qu'il n'y a pas de solution de remplacement universelle. Deux grandes avenues de substitution sont envisageables pour remplacer les solvants toxiques classiques : les nettoyants aqueux et les solvants moins dangereux.

Les nettoyants aqueux ont fait l'objet d'étude de la part de Lavoué et coll. (20,21). Signalons aussi un ouvrage très pratique rédigé par des collègues français (12). Certains nettoyants aqueux sont formulés avec des bactéries servant à dégrader les salissures huileuses. Ces produits sont mis en œuvre dans des fontaines de biodégradation (biofontaines) (4,5).

Avant d'opter pour des solvants substitutifs, il faut tenir compte de leurs effets nocifs sur l'environnement et la santé publique : déplétion de la couche d'ozone stratosphérique, smog photochimique, réchauffement climatique, pollution de l'air, des eaux et des sols. L'objectif de cette fiche n'est pas de faire une évaluation des nouveaux solvants proposés sur le marché, mais le lecteur peut se référer au chapitre 4 de notre ouvrage sur la substitution des solvants (15), au manuel de Durkee (14) ainsi qu'à plusieurs monographies portant sur des produits spécifiques¹.

Les trois études qui suivent servent à illustrer des cas particuliers de substitution par des nettoyants aqueux dans la fabrication de pièces métalliques.

Brasseur rapporte le cas d'un fabricant en Normandie qui usine des pièces en aluminium pour l'électronique, la téléphonie et l'industrie automobile (8). L'entreprise a remplacé le dégraissage au tétrachloréthylène par un système de nettoyage lessiviel entièrement automatisé et programmable. Le séchage des pièces se fait sous vide dans l'enceinte de l'appareil.

Le U.S. EPA cite le cas d'une société californienne fabriquant des pièces en zinc par matriçage et en acier par forgeage (26). L'entreprise procède au dépôt électrolytique de cuivre, de nickel et de chrome sur ces pièces. Ces dernières doivent être préalablement nettoyées afin d'enlever l'huile, les particules et la pâte à polir. L'entreprise a démontré que l'utilisation d'un système de nettoyage aqueux aux ultrasons était aussi performante techniquement que son système de dégraissage à la vapeur avec le tétrachloréthylène, tout en réalisant une réduction substantielle de ses frais d'exploitation.

Une entreprise britannique spécialisée dans le traitement thermique de pièces métalliques par nitrocarburation pour le compte des industries aérospatiale, pétrolière et gazière, de l'automobile et de l'ingénierie générale a éliminé son système de dégraissage en phase vapeur au trichloréthylène (6). La salissure à enlever avant le traitement thermique était constituée d'huile minérale légère et de poussière. La firme utilise désormais une cuve d'une capacité de 4000 L, capable de nettoyer 1600 pièces par cuvée. Les pièces sont nettoyées dans une solution aqueuse à base d'enzymes² chauffée à 38 °C. Jusqu'à 40 000 pièces peuvent être nettoyées avant que celle-ci doive être remplacée. Même si la durée de l'opération de nettoyage est plus longue qu'avec l'ancien système, l'entreprise réalise annuellement une économie de plus de 15 000 £ sur ses frais d'exploitation.

¹ <http://www.irsst.qc.ca/solub/monographies-et-rapports-de-recherche-sur-la-substitution-des-solvants.html> (dernière consultation 2015-08-17)

² L'expression anglaise *enzyme cleaner* est parfois utilisée pour dénoter en fait un nettoyant aqueux à base de bactéries (4).

Plusieurs auteurs ont publié des livres portant sur les procédés de dégraissage et de nettoyage industriels et les manières de les mettre en œuvre dans diverses situations (13,14,17,22). En outre, le site Web « Action 4P³ », financé par des organismes publics français, est « dédié à la problématique du nettoyage et du dégraissage dans les activités de mécanique, de micromécanique, de décolletage, et d'autres métiers relatifs au travail des métaux ». Il comporte de judicieux conseils pour la mise en œuvre de produits et de procédés substitutifs « propres ».

Prévention et recommandations

Dans certains cas, le choix d'un nettoyant ou d'un dégraissant approprié peut être complexe. Des guides existent pour aider les entreprises à réaliser cette tâche (10,11,23,24,25). Si l'utilité de ces ouvrages est démontrée pour la qualité des solutions techniques apportées et développées, les aspects protection de la santé et de la sécurité des utilisateurs y sont parfois délaissés. Il demeure donc primordial de suivre la démarche de substitution en neuf étapes proposée dans le site Web Solub⁴. La collaboration des fournisseurs de produits et de matériels de nettoyage est essentielle. Dans le cas des nettoyants aqueux, Wolf recommande de choisir des produits formulés par de grandes et moyennes entreprises (28). L'expérience des auteurs de la présente fiche confirme le bien-fondé de cette suggestion, notamment parce qu'il est alors possible de travailler avec le laboratoire du fournisseur pour ajuster la formulation aux besoins de l'entreprise.

Même s'ils sont moins dangereux que les solvants traditionnels, les nettoyants aqueux, incluant les dégraissants à base de bactéries, exigent le port de gants imperméables pour se protéger la peau lors de leur manipulation. Le port de lunettes protectrices pour se prémunir contre les éclaboussures est également requis. Les niveaux de bruit pouvant être problématiques avec certains équipements de mise en œuvre des nettoyants aqueux, une protection auditive est fortement recommandée. Antonsson rapporte en effet des niveaux de pression acoustique excédant parfois 85 dB(A) lors de mesures prises près de bains aux ultrasons (3).

Dans le cas d'une substitution par solvant, il faut tenir compte du fait que la tendance étant à l'utilisation de liquides de faible volatilité, l'exposition et les effets sur la peau prennent une importance particulière et rendent la protection cutanée primordiale (7). La consultation des fiches de données de sécurité devrait permettre le choix des moyens de protection adaptés à chaque produit.

³ Produire Proprement des Pièces Propres : <http://www.action4p.net/> (dernière consultation 2016-01-07).

⁴ <http://www.irsst.qc.ca/solub/> (dernière consultation 2016-01-08).

Références

- [1] ACGIH (2001) *Tetrachloroethylene*. In: **Documentation of the Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices**, pp. 1-6. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, OH
- [2] ACGIH (2014) **TLVs® and BEIs® Based on the Documentation of the Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices**. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, OH
- [3] Antonsson, A.B. (1995) Substitution of Dangerous Chemicals - The Solution to Problems with Chemical Health Hazards in the Work Environment? **American Industrial Hygiene Association Journal** **56**(4):394-397. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7726105>
- [4] Bégin, D.; Gérin, M.; Lavoie, J. (2014) **Risques associés aux préparations bactériennes et enzymatiques pour le dégraissage et le nettoyage**. Rapport R-829. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, Montréal. <http://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/R-829.pdf> (dernière consultation : 2014-10-08)
- [5] Bégin, D.; Gérin, M.; Lavoie, J. (2014) **Utilisation sécuritaire des fontaines biologiques de dégraissage**. Fiche de prévention RF-829. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, Montréal. <http://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/RF-829.pdf> (dernière consultation 2015-08-18)
- [6] Bio-Wise (2001) **Enzyme cleaner helps solvent costs evaporate**. Case study 10. United Kingdom Department of Trade and Industry (DTI). Bio-Wise is managed on behalf of the DTI by AEA Technology plc Didcot, Oxon, UK. https://web.archive.org/web/20030502125650/http://www.biowise.org.uk/docs/2001/publications/CS10_final.pdf (dernière consultation 2015-01-08)
- [7] Boeniger, M.F. (2003) The Significance of Skin Exposure. **Annals of Occupational Hygiene** **47**(8):591-593.
- [8] Brasseur, G. (2002) De la lessive en substitut du perchloroéthylène. **Travail & Sécurité N° 624**: 32-33.
- [9] Burgess, W.A. (1995) **Recognition of Health Hazards in Industry. A Review of Materials and Processes**. John Wiley & Sons, New York
- [10] Callahan, M.S.; Green, B. (1995) **Hazardous Solvent Source Reduction**. McGraw-Hill, New York. <http://www.centredoc.csst.qc.ca/Zones/?fn=ViewNotice&q=146595> (dernière consultation 2015-01-08)
- [11] Costes, B.; Henry, Y.; Doppler, F.; Archambault, C.; Blanchard, Y.; Perrot, L.; Jullien, J.; Boehm, J.C.; Ganier, M.; Jay, J.; Malosse, R.; Albert, F.; Dueso, N.; Briand, Y. (1998) **Guide de choix et d'utilisation des solvants et dégraissants industriels**. Centre Technique des Industries Mécaniques, Senlis. <http://www.centredoc.csst.qc.ca/Zones/?fn=ViewNotice&q=156274> (dernière consultation 2015-01-08)
- [12] CRAM BFC (2006) **Action hydro dégraissage - Guide et recommandations pour l'usage des solutions aqueuses en substitution des solvants de nettoyage dégraissage**. CRAM Bourgogne et Franche-Comté, Dijon. <http://www.carsat-bfc.fr/images/assurer-et-prevenir-les-risques-professionnels/assurer-et-prevenir-les-risques-professionnels/thematiques-en-prevention/risque-chimique/guide-2007-hydrodegraissage.pdf> (dernière consultation 2015-09-30)
- [13] Durkee II, J.B. (2006) **Management of Industrial Cleaning Technology and Processes**. Elsevier, Oxford, UK. <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780080448886> (payant, dernière consultation 2015-01-06)
- [14] Durkee II, J.B. (2014) **Cleaning with Solvents: Science and Technology**. William Andrew, Elsevier, Kidlington, Oxford, UK. <http://www.sciencedirect.com/science/book/9781455731312> (payant; dernière consultation 2015-01-06)
- [15] Gérin, M., Ed. (2002) **Solvants industriels : Santé, sécurité, substitution**. Masson, Paris. <http://tinyurl.com/nmtndya> (dernière consultation 2015-11-24)
- [16] Gold, L.S.; De Roos, A.J.; Waters, M.; Stewart, P. (2008) Systematic Literature Review of Uses and Levels of Occupational Exposure to Tetrachloroethylene. **Journal of Occupational and Environmental Hygiene** **5**(12):807-839.
- [17] Harrington, J. (2001) **Industrial Cleaning Technology**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. <http://www.springer.com/chemistry/industrial+chemistry+and+chemical+engineering/book/978-0-7923-6748-2> (payant, dernière consultation 2015-01-06)

- [18] IARC (1995) **IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 63 : Dry Cleaning, some Chlorinated Solvents and other Industrial Chemicals.** International Agency for Research on Cancer, Lyon. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol63/index.php> (dernière consultation 2015-08-17)
- [19] IARC (2014) **Trichloroethylene, Tetrachloroethylene, and some other Chlorinated Agents.** IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Volume 106. International Agency for Research on Cancer, Lyon. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol106/index.php> (dernière consultation 2014-12-19)
- [20] Lavoué, J.; Bégin, D.; Gérin, M. (2002) **La substitution des solvants par les nettoyeurs aqueux - Le dégraissage des métaux.** Rapport B-064. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, Montréal, QC. <http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSSST/B-064.pdf> (dernière consultation 2014-05-12)
- [21] Lavoué, J.; Bégin, D.; Gérin, M. (2003) Technical, Occupational Health and Environmental Aspects of Metal Degreasing with Aqueous Cleaners. **Annals of Occupational Hygiene** 47(6):441-459.
- [22] Maasberg, W. (2012) **Commercial-Industrial Cleaning, by Pressure-Washing, Hydro-Blasting and UHP-Jetting.** Springer-Verlag, London, UK. <http://www.springer.com/engineering/production+engineering/book/978-0-85729-834-8> (payant, dernière consultation 2015-01-06)
- [23] McLaughlin, M.C.; Zisman, A.S. (1998) **The Aqueous Cleaning Handbook.** A Guide to Critical-Cleaning Procedures, Techniques, and Validation. The Morris-Lee Publishing Group, Rosemont, NJ. http://www.alconox.com/downloads/pdf/cleaning_handbook_3rd_edition.pdf (dernière consultation 2015-01-08)
- [24] Peterson, D.S. (1997) **Practical Guide to Industrial Metal Cleaning.** Hanser Gardner Publications, Cincinnati, OH
- [25] Thomas, K.; Laplante, J.; Buckley, A. (1997) **Guidebook of Part Cleaning Alternatives.** Toxics Use Reduction Institute, University of Massachusetts Lowell and Office of Technical Assistance, Executive Office of Environmental Affairs, Commonwealth of Massachusetts, Lowell, MA. <https://www.greenbiz.com/sites/default/files/document/O16F6185.pdf> (dernière consultation 2015-01-08)
- [26] USEPA (1997) **Finding An Alternative To Solvent Degreasing - Ultrasonic Aqueous Cleaning.** United States Environmental Protection Agency Region 9, Merit Partnership for Pollution Prevention, San Francisco, CA. <http://www.epa.gov/region9/waste/p2/projects/metal-dgrease.pdf> (dernière consultation 2015-01-07)
- [27] USEPA (2014-06) **TSCA Work Plan Chemical Risk Assessment. Trichloroethylene: Degreasing, Spot Cleaning and Arts & Crafts Uses. CASRN: 79-01-6.** EPA Document # 740-R1-4002. United States Environmental Protection Agency, Office of Chemical Safety and Pollution Prevention, Washington, DC. <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100JQVW.PDF?Dockey=P100JQVW.PDF> (dernière consultation 2015-11-30)
- [28] Wolf, K. (1994) The Truths and Myths about Water-Based Cleaning - A Systems Approach to Choosing the Best Alternatives. **Pollution Prevention Review** 4(2):141-153. <http://infohouse.p2ric.org/ref/39/38736.pdf> (dernière consultation 2015-11-24)