



Solub

Démarche de substitution
des solvants en milieu de travail

Fiche de substitution par utilisation

RF-907

Remplacement de l'acétone dans la fabrication d'objets en fibre de verre

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

Remplacement de l'acétone dans la fabrication d'objets en fibre de verre
RF-907

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 : 978-2-89631-853-7 (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,

23 février 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.

De nombreux objets sont fabriqués en fibre de verre imprégnée de résine polyester, p. ex. : baignoire, balcon, piscine, yacht¹. La majorité des fabricants québécois de l'industrie du plastique renforcé de fibres de verre (IPRFV) sont de petites et moyennes entreprises qui utilisent le procédé en moule ouvert². L'acétone est employée en grande quantité comme solvant pour le nettoyage des outils (20). Le lamineur de fibre de verre doit en effet nettoyer quotidiennement ses outils, tels que pistolet-hachoir³, raclette et rouleau, avant que la résine ne durcisse complètement par réaction chimique avec le styrène agissant comme monomère et solvant. Le nettoyage se fait le plus souvent manuellement avec un pinceau ou un chiffon dans un contenant ouvert d'acétone. Le solvant est également pulvérisé brièvement dans les boyaux d'approvisionnement de résine et dans les pistolets pour les purger.

Solvants dangereux

L'acétone est un solvant très volatil avec un point d'éclair à -20 °C, ce qui en fait un liquide extrêmement inflammable, d'où l'intérêt de le remplacer par un produit moins dangereux afin d'améliorer la sécurité des travailleurs. C'est un irritant oculaire et respiratoire qui exerce une action dégraissante sur la peau. En ce qui concerne ses effets chroniques, il n'est que faiblement neurotoxique (9). Vyskočil et coll. ont mesuré l'exposition professionnelle à l'acétone par la voie respiratoire chez 104 travailleurs québécois de l'IPRFV pendant leur travail, trois jours consécutifs. Ces auteurs rapportent une concentration médiane sur 8 h de 155 mg/m³ (minimum : 35 mg/m³; maximum : 430 mg/m³) (20). Ces concentrations se situent en deçà de la valeur limite d'exposition professionnelle réglementaire au Québec sur 8 h (12), soit 1190 mg/m³.

¹ Pour s'en convaincre, il suffit de faire une recherche avec les mots « fibre de verre » dans la banque d'information industrielle www.iCRIQ.com (dernière consultation : 2014-03-05).

² <http://www.santeau travail.qc.ca/web/rpsat/dossiers/risques-chimiques/plastiques-renforces> (dernière consultation : 2014-03-05).

³ Pistolet permettant de pulvériser simultanément la résine polyester et la fibre de verre hachée (« chopper-gun »).

Pistes de solutions de rechange

Hoffman rapporte les résultats d'une étude réalisée par un fabricant états-unien de bateaux en fibre de verre pour la pêche sportive⁴ et visant à remplacer l'acétone utilisée pour le nettoyage des outils (14). La réglementation environnementale, les risques pour la santé, le coût de l'élimination des déchets dangereux et l'inflammabilité de l'acétone ont encouragé la direction de l'entreprise à réaliser cette étude. Les quatre solvants suivants ont été jugés acceptables comme nettoyants de remplacement pour l'acétone (14) :

- Esters méthyliques d'acides dicarboxyliques (sigle anglais DBE, mélange d'adipate diméthylque, de glutarate diméthylque et de succinate diméthylque);
- ShipShape™ Resin Cleaner (mélange de N-méthyl-2-pyrrolidone [NMP] et de gamma-butyrolactone (3));
- Carbonate de propylène (CP);
- Tipsolve II⁵ (mélange de CP, de NMP et d'un tensioactif non précisé).

Hoffman ne donne pas de résultats chiffrés sur le degré d'efficacité de nettoyage des solvants substitutifs comparativement à l'acétone. Il liste plutôt les avantages et les inconvénients de l'utilisation des produits de remplacement (14), p. ex. :

- Avantages
 - Réduction du risque d'incendie;
 - Les solvants substitutifs peuvent dissoudre une plus grande quantité de résine polyester que l'acétone avant de devenir collants et inutilisables.
- Inconvénients
 - Le sol peut devenir glissant s'il y a des déversements;
 - Adhérence plus grande aux outils en raison d'une viscosité plus élevée que celle de l'acétone.

Hoffman donne plusieurs conseils techniques concernant les méthodes de travail à mettre en œuvre pour une utilisation optimale des solvants substitutifs, incluant les façons de prendre en compte les inconvénients rapportés (14).

Parce que les solvants substitutifs sont peu volatils, il arrive que de petites quantités soient transférées des outils nettoyés dans la résine de polyester lors de leur utilisation ultérieure. C'est la raison pour laquelle Hoffman a réalisé plusieurs essais pour tester la résistance à la flexion et à la traction du produit fini ainsi que le pourcentage d'allongement après rupture (14). Ces essais ont été faits en incorporant 1 % des solvants substitutifs dans la résine. Les pièces stratifiées avec la résine contaminée avec quatre solvants (DBE, CP, Shipshape Resin Cleaner, acétone) ont été mises à l'essai et comparées à une pièce stratifiée formée sans solvant ajouté. Hoffman conclut que les propriétés physiques d'une pièce stratifiée ne sont pas affectées par la contamination par les solvants substitutifs testés. Des essais d'adhérence d'une couche supplémentaire de polyester renforcé de fibres de verre sur une pièce finie contaminée avec les quatre solvants ont également été menés. Hoffman affirme que l'adhérence de la couche supplémentaire n'a pas été affectée par la présence des solvants substitutifs (seule l'acétone s'était totalement évaporée après son application). L'entreprise a aussi réalisé l'analyse des coûts d'utilisation des divers solvants. Cette étude a pris en compte le coût du solvant neuf, la quantité de solvant utilisée par travailleur pour le nettoyage, le prix du solvant résiduel recyclé, le coût de l'élimination des déchets et

⁴ <http://www.gradywhite.com/> (dernière consultation : 2014-03-13).

⁵ Le mélange Tipsolve II n'est plus disponible sur le marché.

de la main-d'œuvre pour le recyclage du solvant. Les DBE étaient les solvants les moins onéreux à l'usage, même comparés à l'acétone (14).

Hoffman indique dans son rapport que plusieurs fabricants ont substitué des nettoyants aqueux aux solvants pour leurs opérations de nettoyage. Toutefois, sans affirmer que les nettoyants aqueux sont inefficaces, cet auteur les considère comme peu pratiques à l'usage pour les raisons suivantes (14) :

- Les outils doivent être débarrassés complètement de l'eau avant leur réemploi, exigeant la disponibilité de deux à trois fois plus d'outils;
- Les nettoyants aqueux ne peuvent être employés dans les mêmes équipements de nettoyage que les solvants organiques;
- La gestion des nettoyants aqueux usés peut être plus dispendieuse que celle des solvants organiques, lesquels sont recyclables par distillation.

Malgré la mauvaise note donnée aux nettoyants aqueux par Hoffman (14), ce type de produit serait communément utilisé dans l'IPRFV aux États-Unis (18). Plusieurs entreprises utilisent à la fois des nettoyants aqueux et des solvants organiques pour leurs opérations de nettoyage.

Une étude expérimentale publiée dans le périodique pour consommateurs *Practical Sailor*, indique que le solvant ShipShape™ Resin Cleaner aurait légèrement mieux performé que les DBE et le Tipsolve II, l'acétone servant de solvant-témoin (1). L'auteur d'une étude plus récente publiée dans le même périodique rapporte qu'un solvant commercial à base de lactate d'éthyle (7) est utilisé avec succès chez un fabricant états-unien de voiliers en fibre de verre pour nettoyer les outils et purger la ligne d'approvisionnement en résine polyester (2).

Plusieurs études de cas de remplacement de l'acétone par les DBE sont présentées à la section 4.4.2.1 de la monographie de Bégin et Gérin (5). Hillis et Davis formulent de nombreuses recommandations techniques pour la réduction des déchets toxiques dans l'IPRFV, notamment par le remplacement de l'acétone par des solvants à point d'ébullition élevé, l'usage de nettoyants aqueux ainsi que le recyclage des solvants par distillation (13).

Pour ses opérations de nettoyage de résine polyester, le fabricant floridien de bateaux en fibre de verre Wellcraft Marine a remplacé l'acétone par le CP qu'il recycle sur place (10).

Dans certains cas, un changement de procédé permet de remplacer l'acétone par un solvant moins dangereux tout en éliminant l'exposition au styrène qui constitue traditionnellement un problème d'hygiène du travail dans l'IPRFV. C'est le cas de la société française Notox⁶, fabricant de planches de surf qui a remplacé le mélange polyester/styrène par une résine époxy, et la fibre de verre par du lin. Le nettoyage des outils, qui se faisait auparavant avec de l'acétone, est réalisé désormais à l'aide d'un éther de glycol dérivé du propylène glycol (19).

⁶ <http://www.notox.fr/blog/2011/07/04/la-technologie-greenone/> (dernière consultation : 2015-07-17)

Prévention et recommandations

Malgré le fait qu'Hoffman considère comme incommode l'utilisation des nettoyants aqueux pour les opérations de nettoyage (14), il n'en demeure pas moins que l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis affirme qu'ils sont utilisés par des fabricants de l'IPRFV (18). Puisque les nettoyants aqueux sont généralement moins dangereux que les solvants organiques (15), les auteurs de cette fiche de substitution sont d'avis que les fabricants devraient d'abord considérer ces produits pour remplacer l'acétone.

Deux des quatre solvants recommandés par Hoffman méritent une attention particulière parce qu'ils contiennent de la NMP (14). Ce lactame est fœtotoxique chez l'animal et classé par l'Union européenne dans la catégorie 2 des substances toxiques pour la reproduction, c'est-à-dire les substances devant être assimilées à celles altérant la fertilité chez l'humain (16,17). Il est donc préférable de choisir les deux autres solvants recommandés par Hoffman, c'est-à-dire les DBE ou le CP. Les études aiguës, subchroniques et chroniques chez l'animal indiquent que le CP est très faiblement toxique (4). De plus, son point d'éclair élevé (> 100 °C) en fait un solvant beaucoup plus sécuritaire que l'acétone. Si les DBE sont utilisés, il faut s'assurer qu'une ventilation adéquate des lieux de travail soit mise en place afin que l'exposition des travailleurs par la voie respiratoire ne dépasse pas la valeur limite d'exposition professionnelle (VLE) recommandée par le fabricant DuPont (1,5 ppm de DBE totaux sur 8 h) (5). Le respect de cette VLE devrait prévenir la survenue d'une vision brouillée rapportée dans la littérature (5).

Le risque de glissade résultant d'un déversement sur le sol de solvants très peu volatils comme les DBE et le CP pourrait exiger la fourniture de chaussures antidérapantes aux travailleurs. L'installation de caillebotis autour des aires de nettoyage des outils pourrait également être envisagée.

Le lactate d'éthyle a fait l'objet d'une monographie par les auteurs de cette fiche de substitution (6). Son point d'éclair à 46 °C en fait un liquide inflammable de catégorie 3 en vertu des critères du Règlement sur les produits dangereux (RPD) (11). Puisqu'un des objectifs du remplacement de l'acétone est de réduire le risque d'incendie, il serait préférable de considérer d'abord le CP ou les DBE dont les points d'éclair supérieurs à 93 °C font en sorte qu'ils ne sont pas classés comme liquides inflammables en vertu du RPD.

Les équipements de protection individuelle tels que les gants étanches et les lunettes de protection demeurent des accessoires de travail indispensables pour manipuler tout solvant organique.

Le changement de procédé effectué par la société Notox a l'avantage de remplacer l'acétone très inflammable par un éther de glycol moins dangereux de ce point de vue. L'utilisation d'une résine époxy élimine en outre l'exposition des travailleurs au styrène. Certaines résines époxy peuvent toutefois présenter des effets délétères sur la santé, notamment une sensibilisation cutanée (8). L'analyse de la fiche de données de sécurité de l'époxy est donc essentielle afin de mettre en œuvre les mesures préventives appropriées.

Références

- [1] Anonymous (1992-08-01) Alternative Solvents. **Practical Sailor** 18(15): 9-11. <http://infohouse.p2ric.org/ref/29/28164.pdf> (dernière consultation 2014-06-20)
- [2] Anonymous (2010-02) Bio-Solv Green Acetone. **Practical Sailor** 36(2):22.
- [3] Ashland (2013-07-22) **Safety Data Sheet Number R0718406: ShipShape™ Resin Cleaner**. Version 1.0. Product Code 831638. Ashland, Columbus, OH
- [4] Bégin, D.; Beaudry, C.; Gérin, M. (2005) **La substitution des solvants par le carbonate de propylène**. Rapport B-070. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, Montréal. <http://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSSST/B-070.pdf> (dernière consultation : 2014-06-20)
- [5] Bégin, D.; Gérin, M. (1999) **La substitution des solvants par les esters d'acides dicarboxyliques (DBE) : Adipate diméthylrique, glutarate diméthylrique, succinate diméthylrique**. Rapport B-056. Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec, Montréal. <http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSSST/B-056.pdf> (dernière consultation : 2014-06-20)
- [6] Bégin, D.; Heng, S.; Gérin, M. (2005) **La substitution des solvants par le lactate d'éthyle**. Rapport B-069. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, Montréal. <http://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSSST/B-069.pdf> (dernière consultation : 2014-06-20)
- [7] Bio Brands (2013-12-31) **Material Safety Data Sheet: Bio Solv**. Bio Brands, Cinnaminson, NJ. <http://www.greenacetone.com/media/BIOSOLV20107098.pdf> (dernière consultation : 2014-06-20)
- [8] Collins, J.L. (2004) *Époxydes*. In: **Encyclopédie de sécurité et de santé au travail, Volume IV**, pp. 104.183-104.193. J.M. Stellman, Ed. Bureau international du travail, Genève. http://www.ilocis.org/fr/documents/ilo104_13.htm (dernière consultation 2015-07-20)
- [9] CSST (2014) **Acétone**. Répertoire toxicologique, Commission de la santé et de la sécurité du travail, Montréal. http://www.csst.qc.ca/prevention/reptox/Pages/fiche-complete.aspx?no_produit=430&no_seq=2 (dernière consultation : 2014-06-20)
- [10] FDEP (1998) **Pollution Prevention Fact Sheet: Industrial Cleaning # 8, New Cleaning Solvents**. Florida Department of Environmental Protection, Tallahassee, FL. <http://infohouse.p2ric.org/ref/17/16071.pdf> (dernière consultation 2014-10-31)
- [11] Gouvernement du Canada (2015-02-11) Règlement sur les produits dangereux. DORS/2015-17. **Gazette du Canada, Partie II** 149(3):343-438. <http://gazette.gc.ca/rp-pr/p2/2015/2015-02-11/html/sor-dors17-fra.php> (dernière consultation 2015-03-19)
- [12] Gouvernement du Québec (2014) **Règlement sur la santé et la sécurité du travail**. Éditeur officiel du Québec, Québec. <http://tinyurl.com/prtp6hl> (dernière consultation 2014-08-15)
- [13] Hillis, D.R.; Davis, A.D. (1998) **Waste Reduction Strategies for Fiberglass Fabricators**. East Carolina University Department of Industrial Technology, School of Industry and Technology, Greenville, NC. <http://infohouse.p2ric.org/ref/01/00368.pdf> (dernière consultation : 2014-06-20)
- [14] Hoffman, D.J. (1991) **Solvent Substitution to Reduce Air Emissions for the FRP Industry**. A Waste Reduction Study funded through a North Carolina Pollution Prevention Pays Challenge Grant. Grady White Boats, Inc., Greenville, NC. <http://infohouse.p2ric.org/ref/01/00904.pdf> (dernière consultation : 2014-06-20)
- [15] 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)
- [16] Swedish Criteria Group for Occupational Standards (2014) Consensus Report for N-Methyl-2-pyrrolidone. Scientific Basis for Swedish Occupational Standards XXXIII. **Arbete och Hälsa** 48(3):1-24. https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/38029/4/gupea_2077_38029_4.pdf (dernière consultation 2015-04-06)
- [17] UE (2009-01-16) Directive 2009/2/CE de la Commission du 15 janvier 2009 portant trente et unième adaptation au progrès technique de la directive 67/548/CEE du Conseil concernant le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances dangereuses. **Journal officiel de l'Union européenne** L 11:6-82. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:011:0006:0082:FR:PDF> (dernière consultation 2015-07-06)

- [18] USEPA (2008) **Control Techniques Guidelines for Fiberglass Boat Manufacturing Materials**. EPA-453/R-08-004. United States Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards, Sector Policies and Programs Division, Research Triangle Park, NC.
http://www.epa.gov/ttn/oarpg/t1/ctg/fiberglassboat_ctg_093008.pdf (dernière consultation : 2014-06-20)
- [19] Vaudoux, D. (2014) Changement de procédé : Notox surfe sur la vague écolo. **Travail & Sécurité n° 748**: 42-44. www.travail-et-securite.fr/dms/ts/ArticleTS/TI-TS748page742-744. (dernière consultation 2015-11-30)
- [20] Vyskočil, A.; El Majidi, N.; Thuot, R.; Beaudry, C.; Charest-Tardif, G.; Tardif, R.; Gagnon, F.; Ska, B.; Turcot, A.; Drolet, D.; Aliyeva, E.; Viau, C. (2010) **Effets des pics de concentration sur la neurotoxicité du styrène dans l'industrie de plastique renforcé de fibre de verre - Phase II**. Rapport R-640. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, Montréal.
<http://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/R-640.pdf> (dernière consultation : 2014-06-20)