



Solub

Démarche de substitution des solvants en milieu de travail

Fiche de substitution par utilisation

RF-914

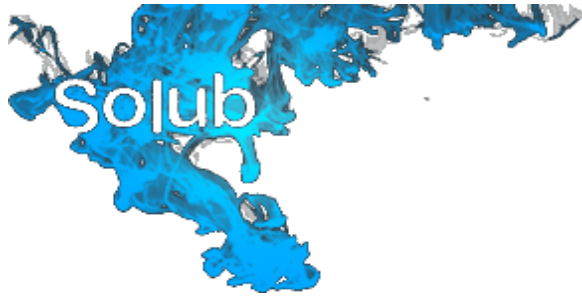
Nettoyage à sec

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

Nettoyage à sec
RF-914

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 : 978-2-89631-866-7 (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.

Service Canada indique qu'entre 2010 et 2012, il y avait en moyenne au Québec 3000 travailleurs, majoritairement des femmes, qui œuvraient dans des blanchisseries et des établissements de nettoyage à sec¹. Le procédé de nettoyage à sec met en œuvre des solvants auxquels ces travailleurs peuvent être exposés. Cette fiche de substitution couvre uniquement les produits utilisés dans les machines de nettoyage, à l'exclusion des divers détachants qui peuvent être employés manuellement par les préposés au nettoyage à sec.

Solvants dangereux

Le nettoyage à sec consiste en l'élimination de la saleté et des taches sur des tissus et des vêtements par traitement dans une machine à laver spéciale utilisant un solvant organique. Aux États-Unis, jusqu'à la fin des années 1940, on recourait principalement à des coupes pétrolières inflammables² telles que le solvant Stoddard pour le nettoyage à sec. Le tétrachloréthylène, couramment appelé perchloréthylène (PCE), ininflammable, a commencé à être utilisé dans ce pays à la fin des années 1930 et est devenu le principal solvant pour cet usage dans les années 1950 (28).

Gold et coll. ont réalisé une étude exhaustive de la littérature sur l'exposition professionnelle au PCE principalement aux États-Unis (28). Elles rapportent une moyenne arithmétique globale de 59 ppm de PCE³ dans la zone respiratoire de l'ensemble des travailleurs du nettoyage à sec évalués de 1936 à 2001. Les niveaux sont très variables puisqu'ils dépendent notamment du type de machine utilisé et se répartissent sur une très longue période. Les travailleurs qui doivent transférer manuellement les vêtements de la laveuse à la sècheuse sont les plus exposés. Il s'agit dans ce cas de machines dites de 1^{re} génération. Quatre générations de machines de nettoyage à sec en circuit fermé ont remplacé peu à peu ces dernières, introduisant divers systèmes de maîtrise de l'exposition (ventilation, condenseur pour la récupération des vapeurs de PCE, système d'adsorption du PCE sur charbon actif, détecteur de vapeur de PCE). Gold et coll. rapportent une exposition personnelle moyenne de 11 ppm de PCE⁴ chez des opérateurs de ces machines en circuit fermé (28). Plus récemment, Tucker et coll. ont mesuré un niveau moyen de 3,8 ppm de PCE dans la zone respiratoire de 18 travailleurs œuvrant dans quatre entreprises de nettoyage à sec où des machines de 3^e génération (avec condenseur) et de 4^e génération (avec adsorption au charbon actif) étaient utilisées (65).

Le PCE est un irritant grave pour la peau, mais faible pour les yeux (59). L'inhalation de ses vapeurs peut entraîner une dépression du système nerveux central (SNC), causant p. ex. : de la somnolence, des

¹ http://www.servicecanada.gc.ca/fra/qc/emploi_avenir/statistiques/6681.shtml (dernière consultation 2015-02-03).

² Dans cette fiche, le qualificatif *inflammable* réfère au classement des liquides inflammables du *Règlement sur les produits dangereux (RPD)* (31) dont les critères de classification sont identiques à ceux du *Système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques (SGH)* (54).

³ Nombre de mesures, 1395; fourchette, 0 – 4636 ppm; écart type géométrique, 1,1 – 5,5.

⁴ Nombre de mesures, 42; fourchette, 0,3 – 83 ppm; écart type géométrique, 1,5 – 2,6.

céphalées et des étourdissements. La valeur limite d'exposition professionnelle (VLE) réglementaire au Québec est de 25 ppm sur 8 h et 100 ppm sur 15 min, avec la mention qu'un effet cancérigène est démontré chez l'animal (33). Cette VLE est la même que celle recommandée par l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) depuis 1993 pour prévenir la dépression du SNC (1). Depuis 1995, le Centre international de recherche sur le cancer classe le PCE comme probablement cancérigène pour l'humain (groupe 2A), le cancer de la vessie étant notamment visé (35,36). En 2014, une méta-analyse publiée par Vlaanderen et coll. montre que les préposés au nettoyage à sec courent un risque accru d'être atteints du cancer de la vessie et que le PCE pourrait en être la cause (70).

Pistes de solutions de rechange

En 2000, le PCE a été ajouté à la liste des substances toxiques en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*⁵. Plus récemment, le *Règlement sur le tétrachloroéthylène (utilisation pour le nettoyage à sec)* oblige les entreprises canadiennes de nettoyage à sec qui utilisent du PCE à s'équiper de machines étanches, dotées entre autres d'un condenseur et d'un séparateur PCE/eau (29). Une entreprise de Toronto a été condamnée à une amende importante pour des infractions à cette réglementation⁶. En 2011, le Gouvernement du Québec publiait son *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère*, limitant les émissions de PCE à 20 kg par 1000 kg de textiles nettoyés (32). La réglementation environnementale incite donc les entreprises à trouver des solutions de rechange à l'utilisation du PCE.

Il existe quatre catégories de solutions de remplacement du PCE dans le procédé de nettoyage à sec :

- 1- [Aquanettoyage](#)
- 2- [Dioxyde de carbone \(CO₂\) liquide](#)
- 3- [Divers solvants \(hydrocarbures, acétals, 1-bromopropane, D5, éthers de glycol\)](#)
- 4- [Technologie hybride](#)

Aquanettoyage

L'aquanettoyage, également appelé nettoyage au mouillé ou nettoyage à l'eau, consiste à nettoyer les tissus et les vêtements dans une machine à laver à chargement frontal où l'eau additionnée d'adjuvants remplace le PCE (20). La machine est programmable et contrôlée par ordinateur. Les additifs suivants sont ajoutés par une pompe doseuse programmable en fonction de la nature du tissu à nettoyer : détergent, apprêt, imperméabilisant, gonflant. Le séchage des vêtements est réalisé dans un séchoir rotatif également contrôlé par ordinateur et muni d'un hygromètre réglable afin qu'ils ne soient pas séchés jusqu'à siccité. Les vêtements peuvent ensuite être placés dans une cabine de finition où ils sont vaporisés pour les défroisser puis séchés complètement. Ils peuvent aussi être mis sur un mannequin (tendeur de type veste ou pantalon), également pour les défroisser avant d'être repassés.

Comme tout changement de procédé, le passage du nettoyage à sec (avec PCE) à l'aquanettoyage exige que les préposés au nettoyage soient bien formés à l'emploi des machines (laveuses, sècheuses, tendeurs). Les taches d'huile peuvent être difficiles à éliminer par aquanettoyage (67). Certains tissus ont tendance à rétrécir (laine, rayonne) et la durée de l'étape de finition (pressage, repassage) peut être plus longue que celle du nettoyage à sec (52). Le nettoyage des vêtements en cuir, en suède et en fourrure peut être problématique (67). Néanmoins, certains auteurs ont démontré la viabilité de l'aquanettoyage des points de vue technique et financier (8,53,62). Afin de s'attaquer aux problèmes techniques

⁵ <https://www.ec.gc.ca/toxiques-toxics/Default.asp?lang=Fr&n=22E293A0-1> (dernière consultation 2015-02-05)

⁶ <http://www.ec.gc.ca/alef-ewe/default.asp?lang=Fr&n=CA0A79D2-1> (dernière consultation 2015-02-05)

particuliers à l'aquanettoyage mentionnés plus haut, tout en réduisant les coûts de la mise en œuvre de cette technologie, Wolf propose deux avenues : la combinaison de l'aquanettoyage et d'une technologie de nettoyage aqueux sans immersion, d'une part, et le séchage sous vide ou par micro-ondes, d'autre part (73). Le nettoyage à l'eau sans immersion se fait dans une machine où de l'eau, additionnée d'un détergent, est pulvérisée sur les tissus, réduisant considérablement leur froissement tout en étant moins agressif pour les tissus délicats. Le séchage à vide élimine la chaleur, source du rétrécissement pour certains tissus. Le séchage aux micro-ondes ne nécessite qu'un flux d'air à une température maximale de 43 °C comparativement à 121 °C pour le séchage traditionnel.

CO₂

Le nettoyage à sec au CO₂ consiste à immerger les vêtements dans des machines à chargement frontal utilisant du CO₂ liquide à température ambiante (sous pression à 700 psi⁷), additionné de détergents (45). Les salissures sont séparées du CO₂ liquide lorsque celui-ci redevient un gaz à la faveur d'une baisse de pression à la fin du cycle de nettoyage. Certains tissus en acétate de cellulose ne peuvent être nettoyés dans le CO₂ liquide parce qu'ils seront déformés (45). L'Agence de protection de l'environnement des États-Unis (U.S. EPA) a publié une étude de cas concernant le fabricant de machines de nettoyage au CO₂ Micell Technologies (68). Les frais d'exploitation d'un nettoyeur à sec utilisant le procédé Micell seraient inférieurs à ceux de sept autres nettoyeurs dont trois avaient recours au PCE et quatre à des hydrocarbures. Les avantages de cette technologie incluent l'élimination du PCE, un nettoyage des tissus non agressif, sans séchage ni odeur (68). La technologie de Micell est maintenant mise en marché par la société Cool Clean Technologies (63).

Bien que le CO₂ soit un gaz à effet de serre, celui utilisé dans les machines est un sous-produit de procédés industriels et ne contribuerait pas à des émissions additionnelles (4).

Divers solvants

Hydrocarbures

Plusieurs auteurs indiquent que le remplacement du PCE par des hydrocarbures serait la solution de rechange la plus souvent retenue par les entreprises aux États-Unis, en Europe et ailleurs dans le monde (40,46,67,72). En France, ces solvants substitutifs sont des mélanges complexes d'hydrocarbures saturés comportant généralement entre 10 et 13 atomes de carbone avec un point d'éclair se situant entre 60 et 61 °C (20). Aux États-Unis, le mélange d'hydrocarbures apparenté le plus utilisé pour le nettoyage à sec serait le DF-2000 de ExxonMobil (Pétrolière Impériale au Canada) (46) dont le point d'éclair est > 61 °C (56). D'autres fabricants proposent des solvants de nettoyage à sec semblables, tels que l'Ecosolv[®] de Chevron Phillips (17,18,44). Tous ces mélanges d'hydrocarbures étant inflammables, ils sont employés dans des machines différentes de celles utilisées avec le PCE. Les machines doivent faire le vide partiel ou contenir de l'azote pour prévenir l'inflammation des vapeurs de solvant (46). Certaines machines sont équipées d'une unité de distillation permettant de purifier le solvant alors que d'autres sont plutôt munies de filtres à base de Tonsil[®] et de terre de diatomée (46). Le Tonsil[®] est le nom déposé du fabricant allemand Süd-Chemie pour une forme de bentonite, c'est-à-dire une argile (silicate d'aluminium) à fort pouvoir adsorbant. La terre de diatomée, également appelée diatomite ou kieselguhr, est un autre solide adsorbant. Des adjuvants tels que détergent et apprêt antitaches peuvent être ajoutés au solvant (15).

Dans certaines machines de nettoyage à sec, les tissus ne sont pas immergés dans le mélange d'hydrocarbures, mais ce dernier est pulvérisé en circuit fermé sur ceux-ci au travers de buses spécifiques (20). L'opération de finition serait plus aisée en raison de l'absence d'essorage, source de froissement des tissus.

⁷ 4826 kPa.

Morris et Wolf ont réalisé une étude des coûts associés à l'utilisation des machines fonctionnant au PCE comparativement à celles ayant recours à des hydrocarbures (46). L'analyse des coûts dans cinq entreprises de nettoyage à sec en Californie indique que les deux technologies sont comparables du point de vue financier.

La VLE réglementaire en Allemagne (MAK) pour le mélange d'hydrocarbures saturés comportant le même n° CAS⁸ (64742-48-9) que celui du solvant DF-2000 est de 300 mg/m³ pondérée sur 8 h (22). Ceballos et coll. ont mesuré l'exposition de deux préposés au nettoyage à sec durant toute leur journée de travail dans une petite entreprise de nettoyage à sec aux États-Unis utilisant une machine avec le solvant DF-2000 (15). Les concentrations rapportées de DF-2000 dans la zone respiratoire des travailleurs (2,0 et 5,4 mg/m³) étaient bien en deçà de la MAK. La concentration la plus élevée sur une courte période (37 mg/m³ sur 15 min) a été mesurée lors du déchargement des vêtements de la machine.

La société Caled Industries propose trois solvants inflammables pour le nettoyage à sec (GenX[®], Hydroclean[®], Impress[®]), constitués majoritairement d'un mélange d'isoalcanes en C₁₀-C₁₃, ainsi que d'un mélange non identifié d'éthers de glycol basés sur le propylène glycol (10,11,12,43,46). La nature exacte des éthers de glycol retrouvés dans ces solvants n'étant pas disponible, il est impossible de se prononcer de façon complète sur l'aspect sanitaire de ces solvants.

Pour illustrer la réussite d'une substitution, la Caisse d'Assurance Retraite et de la Santé Au Travail de Bourgogne et Franche-Comté présente une vidéo dans laquelle l'entreprise de nettoyage à sec Euro Pressing à Nevers a remplacé sa machine au PCE par une machine employant un solvant de type isoalcanes, c'est-à-dire des hydrocarbures à chaînes de carbones ramifiées (13). L'entreprise française utilise conjointement l'aquanettoyage.

Acétals

Le fabricant Kreussler de Wiesbaden⁹, en Allemagne, propose depuis 2010 le solvant inflammable SolvonK4 utilisé dans son système de nettoyage à sec appelé SystemK4 (40). Il s'agit du 1-(butoxyméthoxy)butane (1-BMB, n° CAS 2568-90-3) qui se classe dans la famille chimique des acétals. Les caractéristiques techniques des machines de nettoyage à sec employant le SolvonK4 sont décrites dans un document de l'Institut de recherche sur l'entretien et le nettoyage à Écully (France) (20). Cette fiche détaille également les performances du produit et divers points techniques utiles à sa mise en œuvre.

Le point d'éclair du 1-BMB est de 62 °C (71). L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) indique que ce solvant est susceptible de former des peroxydes organiques explosifs au contact de l'air (3). Lemarquand et Triolet affirment en effet que les acétals ont souvent été à l'origine d'explosions en raison de la formation de peroxydes (41). Il n'existe pratiquement aucune donnée toxicologique sur le 1-BMB dans la littérature scientifique. La société belge Lambiotte & Cie qui fabrique le 1-BMB a soumis à l'Agence européenne des produits chimiques (ECHA) des données toxicologiques¹⁰ en vertu de la réglementation REACH de l'Union européenne, qui vise, entre autres, à protéger la santé humaine et l'environnement contre les risques liés aux substances chimiques. Ces données, tirées d'essais chez le rat, indiquent que le 1-BMB serait peu toxique en cas d'exposition aiguë par voies orale et cutanée. Le solvant serait légèrement irritant pour la peau et non irritant pour les yeux chez le lapin. Une étude de sensibilisation cutanée chez le cobaye s'est avérée négative. Sur la base d'une étude subchronique par inhalation, on rapporte une DNEL de 62,88 mg/m³

⁸ Chemical Abstracts Service, American Chemical Society, Columbus, OH

⁹ <http://www.systemk4.com/fr/> (dernière consultation 2015-03-04)

¹⁰ <http://tinyurl.com/lyn25s6> (dernière consultation 2015-03-23)

(équivalent à 9,6 ppm). Élaborées sur la base d'études animales, les DNEL (*Derived No-Effect Level*) sont des concentrations d'exposition jugées sans effet néfaste chez l'humain (69).

Ceballos et coll. ont mesuré pendant toute la journée de travail la concentration du 1-BMB dans la zone respiratoire de deux employés d'une entreprise de nettoyage à sec utilisant le procédé SystemK4 (15). Ils rapportent des niveaux de 0,30 ppm (jour 1) et de 0,18 ppm (jour 2) où le travailleur A faisait le chargement et le déchargement de la machine de nettoyage à sec et du repassage. Le travailleur B avait un niveau de 0,017 ppm durant les jours 1 et 2 au cours desquels il repassait des chemises. Les auteurs ont également mesuré le formaldéhyde et le butanol dans la zone respiratoire des travailleurs. Ces substances peuvent être, selon le fabricant, des produits de l'hydrolyse de l'acétal en présence d'eau, de chaleur et d'acidité. Ces deux substances ont été non décelées par les auteurs (< limite de quantification). Une étude réalisée par Ceballos et Broadwater dans une autre entreprise de nettoyage à sec indique des niveaux de 1-BMB dans la zone respiratoire de cinq préposés au nettoyage à sec variant de 0,14 à 0,83 ppm pour des durées d'échantillonnage de 330 à 615 min (14). Des concentrations de cet acétal sont également rapportées sur de courtes périodes de temps afin de caractériser des tâches spécifiques, p. ex. : 1,9 ppm sur 21 min [chargement et déchargement de la machine, essangeage¹¹ (*prespotting*)], 1,8 ppm sur 23 min (étendage et repassage).

1-Bromopropane

La société Enviro Tech International (Melrose Park, IL) propose le solvant DrySolv^{®12}, à base de 1-bromopropane (1-BP) pour le nettoyage à sec (4,24). Pour sa part, la firme Poly Systems offre un solvant semblable appelé Fabrisolv[™] XL¹³ (57,67). Bégin et Gérin ont publié une monographie sur le 1-BP dans laquelle ils ne recommandaient pas son utilisation en raison notamment de ses effets neurotoxiques et reprotoxiques documentés chez l'animal (6). La toxicité de ce solvant halogéné a depuis été démontrée chez les travailleurs. L'ACGIH recommande depuis 2013 une VLE de 0,1 ppm (TLV-TWA 8 h) sur la base d'effets sur le SNC, de neuropathies périphériques, d'effets hématologiques et de toxicité sur la reproduction et le développement (mâle et femelle) (2). L'Occupational Safety and Health Administration et le National Institute for Occupational Safety and Health rapportent des niveaux de 1-BP de 40 ppm pour un opérateur de machine et de 17 ppm pour un caissier dans une entreprise de nettoyage à sec (55).

D5

GreenEarth^{®14} propose un organosiloxane pour le nettoyage à sec. Il s'agit plus spécifiquement du décaméthylcyclopentasiloxane (D5; n° CAS 541-02-6) additionné d'un renforçateur de nettoyage (*booster*) (20). Le point d'éclair du D5 à 77 °C en fait un solvant inflammable (21,27). Les caractéristiques techniques des machines de nettoyage à sec employant le D5 sont décrites dans un document de l'Institut de recherche sur l'entretien et le nettoyage à Écully (France) (20). Cette fiche détaille également les performances du produit et divers points techniques utiles à sa mise en œuvre.

Chez l'animal, le D5 est peu toxique en exposition aiguë (7). Dans une étude de toxicité chronique par inhalation chez le rat, le D5 a provoqué une augmentation significative du taux d'adénocarcinomes de l'endomètre. Le Silicone Environmental Health and Safety Council (SEHSC), une organisation regroupant des fabricants de silicones et de siloxanes en Amérique du Nord, considère que le mécanisme par lequel ces tumeurs apparaissent chez la rate n'est pas transposable à l'humain (25). Deux fabricants états-unis de D5 proposent une VLE de 10 ppm sur 8 h pour ce solvant, sans toutefois indiquer la base sur laquelle cette valeur est recommandée (p. ex. : effet, organe cible) (21,27). La société GreenEarth a

¹¹ Application d'un détachant sur le tissu avant son chargement dans la machine à nettoyer.

¹² <http://www.envirotechint.com/industrial-solvents/dry-cleaning-solvents/drysolv/> (dernière consultation 2015-03-05)

¹³ <http://www.fabrisolv.com/products/fabrisolv.html> (dernière consultation 2015-03-13)

¹⁴ <http://www.greenearthcleaning.com/patented-process/> (dernière consultation 2015-03-10)

publié des données d'exposition de D5 dans la zone respiratoire d'employés d'entreprises de nettoyage à sec (64). Les concentrations pondérées sur 8 h chez trois préposés au nettoyage à sec étaient de 0,05, 0,07 et 0,31 ppm. Le niveau le plus élevé correspond à celui d'un employé manœuvrant la machine et effectuant de l'essangeage et de l'étendage. Sur de courtes périodes (2,75 à 5,29 min), les niveaux étaient les suivants : 1,6; 4,8; 6,2; 6,9; 8,4 ppm. Ces concentrations d'exposition au D5 correspondent aux tâches de déchargement de vêtements mouillés de la machine de nettoyage à sec et à des opérations d'entretien de la machine.

Environnement Canada et Santé Canada ont d'abord indiqué, en 2008, que le D5 était persistant dans l'environnement et devait être considéré comme toxique pour l'environnement canadien (26). Une commission de révision a toutefois statué que le D5 ne dépassait pas les seuils établis dans le *Règlement sur la persistance et la bioaccumulation* (30) et que cette substance ne représentait pas de danger pour l'environnement et sa diversité biologique (16). En conséquence, le D5 n'est pas inscrit sur la liste des substances toxiques (Annexe 1) de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*¹⁵.

Des études états-unienne et française ont démontré la performance technique du D5 pour le nettoyage à sec par rapport à l'utilisation du PCE (37,47). Morris et Wolf ont évalué en détail les coûts d'utilisation de la technologie de la société GreenEarth dans deux entreprises de nettoyage à sec qui ont remplacé le PCE par le D5 (45). Le D5 étant un solvant moins agressif que le PCE, la technologie GreenEarth exige plus de travail d'essangeage, ce qui fait grimper les coûts de main-d'œuvre.

Éthers de glycol

La société Rynex Technologies¹⁶ propose le solvant Rynex-3E pour le nettoyage à sec. Il s'agit de l'éther tert-butylque du dipropylène glycol (sigle anglais DPGtBE; n° CAS 132739-31-2 [mélange d'isomères]) qui fait partie de la classe des éthers de glycol. L'utilisation du DPGtBE n'exige pas l'emploi d'un renforteur de nettoyage (20). Ce solvant est utilisé dans une machine de nettoyage à sec équipée d'une unité de distillation à vide.

La fiche de données de sécurité (FDS) du fournisseur Rynex indique que son DPGtBE possède un point d'éclair > 93,3 °C (60). Cela en fait un solvant qui n'est pas classable comme inflammable en vertu des critères du *Règlement sur les produits dangereux (RPD)*, car un liquide inflammable y est défini comme une substance dont le point d'éclair ne dépasse pas 93 °C (31). En vertu du *Code des liquides inflammables et combustibles* (article 82 du *Règlement sur la santé et la sécurité du travail*), le DPGtBE de Rynex fait partie des liquides combustibles de classe IIIB, c'est-à-dire dont le point d'éclair est ≥ 93 °C (33,48).

Le National Industrial Chemicals Notification and Assessment Scheme d'Australie ne classe pas le DPGtBE comme dangereux en vertu des critères du National Occupational Health and Safety Commission (50). Cragg rapporte qu'une exposition aiguë au DPGtBE par les voies cutanée, orale et pulmonaire est peu toxique chez l'animal. C'est un irritant léger pour la peau des lapins, mais il peut leur causer une irritation oculaire modérée à sévère. Le DPGtBE n'est pas sensibilisant pour la peau chez le cobaye. Sa toxicité subchronique est faible. Ces observations proviennent toutes d'études réalisées avec le solvant Arcosolv DPTB fabriqué par la société Arco Chemical (maintenant Lyondell) (19,50). Ce solvant commercial contiendrait > 99 % de l'isomère α du DPGtBE. Il renferme donc très peu d'isomères β . Seul ce dernier, qui est un alcool primaire, pourrait être métabolisé en acide carboxylique, responsable ultime de la toxicité notoire observée avec des éthers de glycol dérivés de l'éthylène glycol (19). À noter que la

¹⁵ <http://laws-lois.justice.gc.ca/fra/lois/C-15.31/page-124.html> (dernière consultation 2015-12-18)

¹⁶ <http://rynex.com/PDF/FDS.pdf> (dernière consultation 2015-12-18)

FDS du Rynex-3 indique qu'il est composé de 90 à 95 % de DPGtBE, 5 à 7 % d'impuretés non divulguées et de < 3 % de dipropylène glycol (60).

Hesari et coll. ont évalué le nettoyage à sec au DPGtBE comparativement à celui au PCE à partir des critères suivants : toxicité, exposition des employés et des clients, impacts sur la population générale, coûts, efficacité de nettoyage (34). Les auteurs ont assigné un score de 1 à 5 pour chaque critère, le plus petit nombre indiquant le plus souhaitable. Hesari et coll. obtiennent un score global de 16 pour le DPGtBE et de 24 pour le PCE, sur un maximum de 30 sur la base d'une pondération égale accordée à chacun des cinq critères.

Technologie hybride

La société Solvair LLC¹⁷ propose un système de nettoyage à sec avec lequel le tissu est nettoyé dans un éther de glycol et rincé au CO₂ liquide (4). Le site Web de Solvair indique que le solvant est constitué d'éther n-butylique du dipropylène glycol (DPGnBE). Il n'a pas été possible d'obtenir une FDS du solvant directement du fournisseur Solvair (R.R. Street & Co. Inc.). La seule FDS disponible est celle mise en ligne par le service de l'Environnement de la Ville de New York où il est indiqué que la composition du solvant est un secret commercial (58). En conséquence, il est impossible de connaître la proportion des isomères α (n° CAS 29911-28-2) et β (potentiellement le plus toxique) dans le solvant. Toutefois, deux grands fabricants de DPGnBE indiquent dans une fiche technique et dans une FDS une proportion > 98 % d'isomère α (5,23). Après avoir résumé les données toxicologiques et écotoxicologiques du DPGnBE et d'autres éthers de glycol dérivés du propylène glycol, l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) attribue à cette catégorie de substances une faible priorité quant à la réalisation de futurs travaux dans le cadre de son programme sur les substances chimiques produites en grande quantité (51). Comme dans le cas du DPGtBE (voir plus haut), Hesari et coll. suggèrent que le recours au DPGnBE est préférable à l'utilisation du PCE pour le nettoyage à sec (34).

Réglementation en santé et en sécurité du travail

La seule réglementation en santé et en sécurité du travail spécifique au nettoyage à sec au Canada est celle de la Colombie-Britannique (9). Ce règlement exige notamment les éléments suivants :

- Utilisation de machines étanches;
- Présence d'un système de ventilation locale fournissant une vitesse de captage minimale de 50 cm/s à l'ouverture de la porte de la machine;
- Système de ventilation d'urgence supplémentaire au niveau du sol et à moins de 4,6 m de la machine, fournissant 12 changements d'air à l'heure, à être utilisé en cas de déversement accidentel ou d'une fuite de solvant;
- Port d'équipements de protection individuelle appropriés pour protéger les voies respiratoires et la peau des travailleurs affectés aux opérations d'entretien, p. ex. : le remplacement des filtres à solvant.

¹⁷ <http://solvaircleaning.com/green.html> (dernière consultation 2015-03-12)

Prévention et recommandations

Les solides finement divisés (Tonsil[®] et terre de diatomée) utilisés pour filtrer le solvant des machines de nettoyage à sec fonctionnant aux hydrocarbures contiennent de la silice cristalline libre, donnée à prendre en compte lors des opérations de maintenance (38,46).

Ceballos et coll. recommandent une protection oculaire et le port de gants étanches lors du nettoyage des résidus de distillation de la machine de nettoyage à sec et lors de la manipulation des déchets. Les gants devraient être constitués de caoutchouc nitrile épais (12 mil ≈ 305 µm) pour une machine fonctionnant au solvant DF-2000 et de néoprène ou de caoutchouc butyle pour une machine utilisant le SolvonK4 (15).

Les machines de nettoyage à sec dans lesquelles des mélanges d'hydrocarbures inflammables tels que le solvant DF-2000 sont utilisés doivent être conformes aux normes de sécurité en vigueur telles que la norme internationale ISO 8230-1 (39). Dans le but de prévenir les incendies et les explosions, les installations de nettoyage à sec devraient être conformes à la norme NFPA[®] 32 (49). Marc et coll. proposent des mesures techniques et organisationnelles pour prévenir les incendies et les explosions dans les entreprises de nettoyage à sec utilisant des solvants tels que les hydrocarbures, le D5, les éthers de glycol et le 1-BMB (42).

Ceballos et coll. soulignent le peu d'information toxicologique disponible concernant le solvant SolvonK4, en particulier l'absence de données sur les effets chroniques de cet acétal sur la santé (15). Ces auteurs concluent qu'il n'est pas possible de déterminer si ce solvant constitue un produit de remplacement acceptable par rapport au PCE. Ceballos et coll. en arrivent à la même conclusion pour le mélange d'hydrocarbures DF-2000.

Lemarquand et Triolet proposent diverses mesures de prévention pour la manipulation des composés peroxydables (41). Ces mesures devraient être envisagées dans le cas du solvant SolvonK4.

En conclusion, dans un projet de remplacement du PCE utilisé pour le nettoyage à sec, il est recommandé de considérer d'abord l'aquanettoyage et le nettoyage au CO₂ liquide. Il est également préconisé de proscrire l'utilisation du 1-BP. Le service de l'Environnement de la Ville de San Francisco (SF Environment) déconseille l'utilisation des hydrocarbures au même titre que le PCE (61). Le service de l'Environnement de l'État du Massachusetts, le Toxics Use Reduction Institute et SF Environment ont produit des tableaux comparatifs des diverses technologies sous les points de vue technique, financier, environnemental, sanitaire et sécuritaire qui peuvent être utiles dans un projet de substitution (43,61,66).

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) *1-Bromopropane*. In: **Documentation of the Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices**, pp. 1-11. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, OH
- [3] Anses (2012-10-12) **Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à la « Demande d'appui technique concernant la connaissance des propriétés de danger des substituts au perchloroéthylène dans le nettoyage à sec »**. Saisine n° 2012-SA-0099. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, Maisons-Alfort. <https://www.anses.fr/sites/default/files/documents/REACH2012sa0099.pdf> (dernière consultation 2015-03-18)
- [4] ARB (2015-09-04) **Dry Cleaning. Alternative Solvents: Health and Environmental Impacts**. California Environmental Protection Agency, Air Resources Board, Sacramento, CA. http://www.arb.ca.gov/toxics/dryclean/notice2015_alt_solvents.pdf (dernière consultation 2015-11-27)
- [5] BASF (2014) **Technical Information: Solvenon® DPnB**. BASF SE, Operating Division Petrochemicals, Regional Business Unit Industrial Petrochemicals Europe, Ludwigshafen. <http://tinyurl.com/qe9g9zq> (dernière consultation 2015-03-20)
- [6] Bégin, D.; Gérin, M. (2002) **Le 1-bromopropane et la substitution des solvants**. Rapport B-063. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, Montréal, QC. <http://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/B-063.pdf> (dernière consultation 2014-11-27)
- [7] Bonnard, N.; Brondeau, M.-T.; Jargot, D.; Malard, S.; Pillière, F.; Schneider, O.; Serre, P. (2008) **Fiche toxicologique FT 272 : Décaméthylcyclopentasiloxane**. Institut national de recherche et de sécurité, Paris. www.inrs.fr/dms/ficheTox/FicheFicheTox/FICHETOX_272-1/FicheTox_272.pdf (dernière consultation 2016-05-04)
- [8] Bornigal, C. (2010-05) **Nettoyage des vêtements à l'eau : Système Aquanett et produits LANADOL**. Rapport technique VEMat, Validations Environnementales de Matériels. Centre National d'Innovation pour le Développement durable et l'Environnement dans les Petites entreprises, Laxou. <http://www.cniddep.com/D555.pdf> (dernière consultation 2015-08-04)
- [9] British Columbia Government (2015) *Laundry and Dry Cleaning Activities*. In: **Occupational Health and Safety Regulation**, pp. 12.142. B.C. Reg. 296/97. Queen's Printer, Victoria, BC. http://www.bclaws.ca/Recon/document/ID/freeside/296_97_00 (dernière consultation 2015-03-04)
- [10] Caled (2014-05-15) **Safety Data Sheet : GenX® Fluid**. Unique reference number 1030. Caled Industries, Wayne, NJ. <http://caledclean.com/files/MSDS/GenX%20Fluid%201030.pdf> (dernière consultation 2015-03-12)
- [11] Caled (2014-06-16) **Safety Data Sheet: Impress® Fluid**. Unique reference number 1010. Caled Industries, Wayne, NJ. <http://caledclean.com/files/MSDS/Impress%20Fluid%201010.pdf> (dernière consultation 2015-03-12)
- [12] Caled (2014-06-23) **Safety Data Sheet: Hydroclene® Fluid**. Unique reference number 1810. Caled Industries, Wayne, NJ. <http://caledclean.com/files/MSDS/Hydroclene%20Fluid%201810.pdf> (dernière consultation 2015-03-12)
- [13] CARSAT-BFC (2010) *Euro Pressing*. In: **Guide de bonnes pratiques pour le choix et l'utilisation des solvants et des produits en contenant**, Caisse d'Assurance Retraite et de la Santé Au Travail de Bourgogne et Franche-Comté, Dijon. <http://tinyurl.com/p6ho692> (dernière consultation 2015-11-24)
- [14] Ceballos, D.; Broadwater, K. (2015) **Evaluation of Occupational Exposures at a Drycleaning Shop Using SolvonK4**. Report no. 2014-0081-3231. United States Department of Health and Human Services, Centers for Disease and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH. <http://www.cdc.gov/niosh/hhe/reports/pdfs/2014-0081-3231.pdf> (dernière consultation 2015-03-05)
- [15] Ceballos, D.; Roberts, J.R.; Whittaker, S.; Lee, E.G.; Gong, W. (2015) **Evaluation of Occupational Exposures at Drycleaning Shops Using SolvonK4 and DF-2000**. Report No. 2012-0084-3227. United States Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH. <http://www.cdc.gov/niosh/hhe/reports/pdfs/2012-0084-3227.pdf> (dernière consultation 2015-03-03)

- [16] Commission de révision pour le siloxane D5 (2011-10-20) **Rapport de la commission de révision pour le décaméthylcyclopentasiloxane (D5)**. Environnement Canada, Ottawa. <http://tinyurl.com/k4ty6ce> (dernière consultation 2015-03-10)
- [17] CPChem (2012-03-26) **EcoSolv Dry Cleaning Fluid**. Issued Sales Specification. Chevron Phillips Chemical Company, The Woodlands, TX. <http://tinyurl.com/nd8r5km> (dernière consultation 2015-03-24)
- [18] CPChem (2014-12-15) **Safety Data Sheet: ECOSOLV® Dry Cleaning Fluid**. Version 1.4. Chevron Phillips Chemical Company, The Woodlands, TX. http://www.cpchem.com/msds/100000013944_SDS_US_EN.PDF (dernière consultation 2015-02-26)
- [19] Cragg, S.T. (2012) *Glycol Ethers: Ethers of Propylene, Butylene Glycols, and Other Glycol Derivatives*. In: **Patty's Toxicology, Volume 4**, pp. 789-877. Wiley, Hoboken, NJ
- [20] CTTN-IREN (2013) **Les technologies alternatives au nettoyage de vêtements et d'articles textiles au perchloréthylène**. Institut de Recherche sur l'Entretien et le Nettoyage, Écully. http://www.cttn-iren.com/pdf/publication_37.pdf (dernière consultation 2015-02-23)
- [21] DCC (2015-01-23) **Fiche signalétique : Xiameter® PMX-0245 Cyclopentasiloxane**. Numéro de FS : 1018404-00001. Dow Corning Corporation, Midland, MI
- [22] Deutsche Forschungsgemeinschaft (2014) **List of MAK and BAT Values 2014**. Report No. 45. Commission for the Investigation of Health Hazards of Chemical Compounds in the Work Area. Wiley-VCH, Weinheim. <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9783527682027> (2015-03-24)
- [23] Dow (2015-04-20) **Safety Data Sheet: Dowanol™ DPNB glycol ether**. Dow Chemical Company, Midland, MI. <http://www.dow.com/webapps/msds/ShowPDF.aspx?id=090003e8806314fc> (dernière consultation 2015-12-18)
- [24] Enviro Tech International (2015-05-01) **DrySolv® (Safety Data Sheet)**. Enviro Tech International, Inc., Melrose Park, IL. <http://www.envirotechint.com/pdf/DrySolv%20SDS.pdf> (dernière consultation 2015-11-27)
- [25] ENVIRON (2006) **Evaluation of Exposure to Decamethylcyclopentasiloxane (D5) for Consumers, Workers, and the General Public**. Prepared by ENVIRON International Corporation (Ruston, LA) for the Silicone Environmental Health and Safety Council, Washington, DC. <http://tinyurl.com/l1c9oo7> (dernière consultation 2015-03-11)
- [26] Environnement Canada et Santé Canada (2008) **Évaluation préalable pour le Défi concernant le décaméthylcyclopentasiloxane (D5), Numéro de registre du Chemical Abstracts Service : 541-02-6**. Environnement Canada et Santé Canada, Ottawa. <http://tinyurl.com/ku8vweF> (dernière consultation 2015-03-10)
- [27] GE Silicones (2003-11-06) **Material Safety Data Sheet: SB32 Cyclopentasiloxane**. General Electric Silicones, Waterford, NY. <http://tinyurl.com/poz8k4j> (dernière consultation 2015-03-10)
- [28] 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.
- [29] Gouvernement du Canada (2011) **Règlement sur le tétrachloroéthylène (utilisation pour le nettoyage à sec et rapports)**. DORS/2003-79. Ministère de la Justice du Canada, Ottawa. <http://laws-lois.justice.gc.ca/PDF/SOR-2003-79.pdf> (dernière consultation 2015-02-03)
- [30] Gouvernement du Canada (2015) **Règlement sur la persistance et la bioaccumulation**. DORS/2000-107. Ministère de la justice du Canada, Ottawa. <http://laws-lois.justice.gc.ca/fra/reglements/DORS-2000-107/> (dernière consultation 2015-03-10)
- [31] 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)
- [32] Gouvernement du Québec (2011-06-15) **Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère**. **Gazette officielle du Québec, Partie 2, 143(24): 2121-2176**. <http://tinyurl.com/k73re78> (dernière consultation 2015-02-05)
- [33] 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)
- [34] Hesari, N.; Francis, C.M.; Halden, R.U. (2014) Review of Glycol Ether as an Alternative to Perchloroethylene in Dry Cleaning. **Toxics** 2(2):115-133. . <http://www.mdpi.com/2305-6304/2/2/115/htm> (dernière consultation 2015-03-16)
- [35] 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)
- [36] 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)
- [37] IFI (2002-09) **GreenEarth® Fellowship No. F-47**. International Fabricare Institute, Silver Spring, MD. <http://tinyurl.com/ntpf7vk> (dernière consultation 2015-03-10)
- [38] INRS (2013) **Nettoyage à sec**. Fiche d'aide au repérage FAR 28. Institut national de recherche et de sécurité, Paris. www.inrs.fr/accueil/dms/inrs/CataloguePapier/FICHE/TI-FAR-28/FAR28.pdf (dernière consultation 2015-02-26)
- [39] ISO (2008-10-01) **Exigences de sécurité pour les machines de nettoyage à sec - Partie 1: Exigences générales de sécurité**. Norme internationale ISO 8230-1:2008(F). Organisation internationale de normalisation, Genève. http://www.iso.org/iso/fr/catalogue_detail?csnumber=38071 (dernière consultation 2015-03-03)
- [40] Larbre, J. (2011-05-10) **État des lieux des technologies alternatives au nettoyage à sec au perchloroéthylène**. Rapport d'étude N° DRC-11-109458-01733B. Unité Impact sanitaire et Expositions, Direction des Risques Chroniques, Institut national de l'environnement industriel et des risques, Verneuil-en-Halatte. <http://tinyurl.com/3rdju3f> (dernière consultation 2015-02-26)
- [41] Lemarquand, J.; Triolet, J. (2002) Identification et manipulation des composés peroxydables. **Cahiers de notes documentaires - Hygiène et sécurité du travail N° 186**: 17-27. <http://www.inrs.fr/dms/inrs/CataloguePapier/ND/TI-ND-2163/nd2163.pdf> (dernière consultation 2015-03-24)
- [42] Marc, F.; Sallé, B.; Petit, J.-M. (2011) **Activité de nettoyage à sec utilisant des solvants combustibles**. ED 6102. Institut national de recherche et de sécurité, Paris. www.inrs.fr/accueil/dms/inrs/CataloguePapier/ED/TI-ED-6102/ed6102.pdf (dernière consultation 2015-03-04)
- [43] MassDEP (2013) **Dry Cleaners Environmental Results Program: Alternative Dry Cleaning Technology Comparative Analysis Worksheet**. Massachusetts Department of Environmental Protection, Boston, MA. <http://www.mass.gov/eea/docs/dep/service/online/dc-companal.pdf> (dernière consultation 2015-03-16)
- [44] McCoy, M. (2005) Dry Cleaning Dreams. **Chemical & Engineering News** 83(46):19-22.
- [45] Morris, M.; Wolf, K. (2005) **Evaluation of New and Emerging Technologies for Textile Cleaning**. Prepared For the California Air Resources Board and the California Environmental Protection Agency Under Agreement Number 02-408 and the U.S. Environmental Protection Agency. Institute for Research and Technical Assistance, Glendale, CA. <http://tinyurl.com/lktrqtu> (dernière consultation 2015-02-12)
- [46] Morris, M.; Wolf, K. (2005) **Hydrocarbon Technology Alternatives to Perchloroethylene for Dry Cleaning**. Prepared for the Cal/EPA's Department of Toxic Substances Control; Institute for Research and Technical Assistance, Glendale, CA. <http://www.irta.us/reports/Hydrocarbon%20Report.pdf> (dernière consultation 2015-02-26)
- [47] N'Sondé, V.; Jacquot, M.-C. (2012) Nettoyage à sec : Pressing classique ou écolo? **60 millions de consommateurs n° 469** (mars):36-39. <http://www.60millions-mag.com/content/download/304701/2626815> (dernière consultation 2015-02-25)
- [48] NFPA (1998) **NFPA 30 - Code des liquides inflammables et combustibles - Édition 1996**. National Fire Protection Association (Quincy, MA). Traduction effectuée sous la direction de la Commission de la santé et de la sécurité du travail. Les Publications du Québec, Sainte-Foy, QC. <http://tinyurl.com/kqr3523> (dernière consultation 2015-03-24)
- [49] NFPA (2011) **NFPA 32: Standard for Drycleaning Plants**. National Fire Protection Association, Quincy, MA. <http://tinyurl.com/n7f5qes> (dernière consultation 2015-03-04)
- [50] NICNAS (1997) **Propanol, [2-(1,1-diméthylethoxy)méthylethoxy]-**. Full Public Report. File No: NA/502. National Industrial Chemicals Notification and Assessment Scheme, Sydney, Australia. http://www.nicnas.gov.au/_data/assets/pdf_file/0006/9276/NA502FR.PDF (dernière consultation 2015-03-16)
- [51] OECD (2003) **SIDS Initial Assessment Report For SIAM 17: Propylene Glycol Ethers**. Screening Information DataSets (SIDS) for High Production Volume Chemicals. United Nations Environment

- Programme, UNEP Chemicals' Programme, Geneva. <http://www.chem.unep.ch/irptc/sids/OECD/SIDS/PGEs.pdf> (dernière consultation 2015-03-23)
- [52] Olivier, L. (1996) **Nettoyage des vêtements : prévention de la pollution par l'aquanettoyage**. Environnement Canada, Direction de la protection de l'environnement, Région du Québec, Montréal
- [53] Onasch, J. (2011) A feasibility and cost comparison of perchloroethylene dry cleaning to professional wet cleaning: case study of Silver Hanger Cleaners, Bellingham, Massachusetts. **Journal of Cleaner Production** 19(5):477-482. <http://tinyurl.com/oaeyoymn> (dernière consultation 2015-01-30)
- [54] ONU (2013) **Système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques (SGH)**. Cinquième édition révisée. ST/SG/AC.10/30/Rev.5. Organisation des Nations unies, New York et Genève. http://www.unece.org/fr/trans/danger/publi/ghs/ghs_rev05/05files_f.html (dernière consultation 2015-08-07)
- [55] OSHA and NIOSH (2013) **Hazard Alert: 1-Bromopropane**. DHHS (NIOSH) Publication Number 2013-150. OSHA - HA-3676-2013. United States Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration and Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, Washington, DC and Atlanta, GA. <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2013-150/pdfs/2013-150.pdf> (dernière consultation 2015-03-05)
- [56] Pétrolière impériale (2015-01-22) **Fiche signalétique n° 13334 : Solvant DF-2000**. Pétrolière impériale, Calgary. <http://www.msds.exxonmobil.com/IntApps/psims/psims.aspx?brand=ioi> (dernière consultation 2015-02-26)
- [57] PS (2007) **Technical Data Sheet: Fabrisolv™ XL**. Poly Systems USA, Bayonne, NJ. http://www.fabrisolv.com/products/fabrisolv_xl_tds.pdf (dernière consultation 2015-03-13)
- [58] R.R. Street (2012-10-24) **Material Safety Data Sheet: Solvair™ Start-up Fluid**. R. R. Street & Co. Inc., Naperville, IL. <http://www.nyc.gov/html/dep/pdf/air/msds/solvair-start-up-fluid-us.pdf> (dernière consultation 2015-03-20)
- [59] Répertoire toxicologique (2005) **Perchloroéthylène**. Commission de la santé et de la sécurité du travail, Montréal. <http://tinyurl.com/ggd7y4j> (dernière consultation : 2014-05-09)
- [60] Rynex (2011-08-11) **Material Safety Data Sheet: Rynex-3 Dry Cleaning Solvent**. Version 2.3. Rynex Technologies LLC, Equinox Chemicals, LLC, Albany, GA. <http://rynex.com/PDF/Rynex%20MSDS%20WEBSITE.pdf> (dernière consultation 2015-03-12)
- [61] SF Environment (2009) **Comparison of Hazards, Regulatory Concerns, and Costs for Alternative Dry Cleaning Technologies**. San Francisco Department of the Environment, San Francisco, CA. <http://tinyurl.com/mvni3xk> (dernière consultation 2015-03-10)
- [62] Sinsheimer, P.; Grout, C.; Namkoong, A.; Gottlieb, R.; Latif, A. (2007) The Viability of Professional Wet Cleaning as a Pollution Prevention Alternative to Perchloroethylene Dry Cleaning. **Journal of the Air & Waste Management Association** 57(2):172-178.
- [63] Stewart, G. (2003) *Dry Cleaning with Liquid Carbon Dioxide*. In: **Green Chemistry Using Liquid and Supercritical Carbon Dioxide**, pp. 215-227. J.M. DeSimone; W. Tumas, Eds. Oxford University Press, New York, NY
- [64] TSL and CIHS (2001) **SB32 (GreenEarth) Waste Streams / Air Sampling Test Protocol**. Performed by Trent Severn Laboratories and California Industrial Hygiene Services for GreenEarth, Kansas City, MO. <http://tinyurl.com/n96vl4o> (dernière consultation 2015-03-11)
- [65] Tucker, J.D.; Sorensen, K.J.; Ruder, A.M.; Taylor McKernan, L.; Forrester, C.L.; Butler, M.A. (2011) Cytogenetic analysis of an exposed-referent study: perchloroethylene-exposed dry cleaners compared to unexposed laundry workers. **Environmental Health** 10:16. <http://www.ehjournal.net/content/10/1/16> (dernière consultation 2015-02-04)
- [66] TURI (2012) **Alternatives to Perchloroethylene Used in Professional Garment Care**. Toxics Use Reduction Institute, University of Massachusetts, Lowell, MA. <http://tinyurl.com/hl7xjcp> (dernière consultation 2015-11-27)
- [67] TURI (2012) **Assessment of Alternatives to Perchloroethylene for the Dry Cleaning Industry**. Methods and Policy Report No. 27. Toxics Use Reduction Institute, University of Massachusetts, Lowell, MA. <http://tinyurl.com/nvy48lu> (dernière consultation 2015-02-12)
- [68] U.S. EPA (1999) **Case Study: Liquid Carbon Dioxide (CO₂) Surfactant System For Garment Care**. EPA 744-F-99-002. United States Environmental Protection Agency, Design for the Environment, Washington, DC. <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/200013CG.PDF?Dockkey=200013CG.PDF> (dernière consultation 2015-11-27)

- [69] Unangst, J. (2010) Coming Soon: DNELs. **The Synergist** 21(9):28-30. <http://www.aihasynergist-digital.org/aihasynergist/201010#pg30> (dernière consultation 2015-03-18)
- [70] Vlaanderen, J.; Straif, K.; Ruder, A.; Blair, A.; Hansen, J.; Lynge, E.; Charbotel, B.; Loomis, D.; Kauppinen, T.; Kyyronen, P.; Pukkala, E.; Weiderpass, E.; Guha, N. (2014) Tetrachloroethylene Exposure and Bladder Cancer Risk: A Meta-Analysis of Dry-Cleaning-Worker Studies. **Environmental Health Perspectives** 122(7):661-666. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4080536/pdf/ehp.1307055.pdf> (dernière consultation 2015-03-16)
- [71] Vogel, K. (2012-03-06) **Material Safety Data Sheet: SolvonK4**. Chemische Fabrik Kreussler & Co. GmbH, Weisbaden. <http://www.nsfarrington.com/nsfarrDocs/SolvonK4-SD-USA.pdf> (dernière consultation 2015-03-05)
- [72] Whittaker, S.G.; Johanson, C.A. (2013) A Health and Environmental Profile of the Dry Cleaning Industry in King County, Washington. **Journal of Environmental Health** 75(10):14-22.
- [73] Wolf, K. (2009-11) **Safer Alternatives for the Textile Cleaning Industry: Alternative Spotting Agents and Evaluation of Improvements in Carbon Dioxide and Wet Cleaning Technologies**. Prepared for the Bay Area Air Quality Management District under Contract 2008-111. Institute for Research and Technical Assistance, Glendale, CA. <http://tinyurl.com/m3vqfun> (dernière consultation 2015-02-12)