



Procédés de dégraissage et de lavage dans l'industrie

L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS)

Dans le domaine de la prévention des risques professionnels, l'INRS est un organisme scientifique et technique qui travaille, au plan institutionnel, avec la CNAMTS, les Carsat, Cramif, CGSS et plus ponctuellement pour les services de l'État ainsi que pour tout autre organisme s'occupant de prévention des risques professionnels.

Il développe un ensemble de savoir-faire pluridisciplinaires qu'il met à la disposition de tous ceux qui, en entreprise, sont chargés de la prévention : chef d'entreprise, médecin du travail, CHSCT, salariés. Face à la complexité des problèmes, l'Institut dispose de compétences scientifiques, techniques et médicales couvrant une très grande variété de disciplines, toutes au service de la maîtrise des risques professionnels.

Ainsi, l'INRS élabore et diffuse des documents intéressant l'hygiène et la sécurité du travail : publications (périodiques ou non), affiches, audiovisuels, multimédias, site Internet...

Les publications de l'INRS sont distribuées par les Carsat. Pour les obtenir, adressez-vous au service Prévention de la caisse régionale ou de la caisse générale de votre circonscription, dont l'adresse est mentionnée en fin de brochure.

L'INRS est une association sans but lucratif (loi 1901) constituée sous l'égide de la CNAMTS et soumise au contrôle financier de l'État. Géré par un conseil d'administration constitué à parité d'un collège représentant les employeurs et d'un collège représentant les salariés, il est présidé alternativement par un représentant de chacun des deux collèges. Son financement est assuré en quasi-totalité par la CNAMTS sur le Fonds national de prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles.

Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (Carsat), la caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France (Cramif) et les caisses générales de sécurité sociale (CGSS)

Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail, la caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France et les caisses générales de sécurité sociale disposent, pour participer à la diminution des risques professionnels dans leur région, d'un service Prévention composé d'ingénieurs-conseils et de contrôleurs de sécurité. Spécifiquement formés aux disciplines de la prévention des risques professionnels et s'appuyant sur l'expérience quotidienne de l'entreprise, ils sont en mesure de conseiller et, sous certaines conditions, de soutenir les acteurs de l'entreprise (direction, médecin du travail, CHSCT, etc.) dans la mise en œuvre des démarches et outils de prévention les mieux adaptés à chaque situation. Ils assurent la mise à disposition de tous les documents édités par l'INRS.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'INRS, de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite.
Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction, par un art ou un procédé quelconque (article L. 122-4 du code de la propriété intellectuelle).
La violation des droits d'auteur constitue une contrefaçon punie d'un emprisonnement de trois ans et d'une amende de 300 000 euros (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

© INRS, 2016.
Conception graphique et mise en pages : Valérie Latchague-Causse

Procédés de dégraissage et de lavage dans l'industrie

Cette brochure a été initialement élaborée par un groupe de travail composé de :
Christine Boust (INRS), Catherine Brugnot (CRAM Auvergne), Jean-Claude Gendre
(CRAM Pays de la Loire), Martine Goliro (CRAM Bourgogne et Franche-Comté),
Marie Lecler (INRS), Xang Lê Quang (CRAM Bourgogne et Franche-Comté),
Jean-Claude Osternaud (CRAM Rhône-Alpes).
Nous remercions Gérard Abidh (société Avantec) et Jean-Luc Lenglen (société Macnit) pour leur
collaboration.

Cette édition a été réalisée par Cosmin Patrascu avec la participation de Stéphane Cadou, la Carsat
Rhône-Alpes (Eric Allemand, Jennifer Malterre, Fabrice Martinet),
et les experts du CTDEC et du CETIM (Yves Megoz, Miguel Cruz et Jaques Jay).

Sommaire

PAGE

5	Chapitre 1 • Procédés de dégraissage : produits et moyens de mise en œuvre
16	Chapitre 2 • Analyse des risques
23	Chapitre 3 • Démarche pour le choix d'un nouveau procédé ou de modification de procédé existant
31	Chapitre 4 • Prévention des risques
34	Chapitre 5 • Conception des machines : recommandations de sécurité
44	Chapitre 6 • Installation
46	Chapitre 7 • Exploitation et maintenance
48	Bibliographie
49	Annexes Annexe I • Fiche récapitulative pour le choix d'un procédé de dégraissage/lavage Annexe II • Support pour un cahier des charges : machine à laver industrielle

Lexique

■ Solvants organiques

Solvants dont la molécule contient au moins un atome de carbone. La majorité des solvants utilisés en industrie sont des solvants organiques comme l'acétone, l'éthanol, le dichlorométhane etc.

■ Solvants halogénés

Solvant organique dont la molécule contient au moins un halogéné (Fluor, Chlore, Iode, Brome).

■ Solvants chlorés (spécifique à cette brochure)

Solvants dont la molécule contient au moins un atome de chlore et ayant moins de trois atomes de carbone.

■ Solvants oxygénés

Solvants organiques dont la molécule contient au moins un atome d'oxygène. Ils ont généralement une fonction alcool, cétone, ester, éther...

■ « No clean »

Souvent employée lorsque les pièces doivent subir une autre transformation (décolletage, tournage) impliquant du fluide de coupe ou d'autres graisses. Cette étape consiste à égoutter ou essorer mécaniquement les pièces ainsi l'emploi du solvant est évité.

■ Procédé à sec

étape de nettoyage industriel de pièces caractérisée par l'absence de solvant.

■ Solvants A3

Les solvants organiques non chlorés ayant un point éclair supérieur à 60 °C sont appelés dans le milieu industriel « solvants A3 ». Il s'agit généralement de mélange d'hydrocarbures aliphatiques en C9-C13 ou de mélanges d'éthers de glycol non classés.

■ À chaud

Muni de systèmes d'apport calorifique.

■ À froid

A température ambiante.

■ Aérosol

Suspension de particules solides ou liquides très fines dans l'atmosphère.

■ Anoxie

Diminution importante de la quantité d'oxygène.

■ ATEX

Atmosphères explosives.

■ Azéotrope

Mélange de solvants ayant un rapport précis et unique entre les différents composants. La particularité des azéotropes est d'avoir le comportement physique d'une substance pure. C'est-à-dire d'avoir la même composition dans les phases liquide et vapeur sur toute la plage de température, même à ébullition.

■ CMR

Cancérogène, mutagène, toxique pour la reproduction.

■ COV

Composé organique volatil caractérisé par une tension de vapeur supérieure à 10 Pa à 20 °C.

■ DBE

Esters dibasiques (dibasicesters) constitués généralement d'un mélange d'adipate, de glutarate et de succinate de diméthyle.

■ Dégraissage

Traitement d'une surface visant à éliminer les polluants gras.

■ Lavage

Traitement d'une surface visant à éliminer l'ensemble des polluants (polluants gras, particules, etc.).

■ EPI

Équipement de protection individuelle (chaussures, gants, appareils de protection respiratoire, lunettes, vêtements...).

■ HFA ou HFC

Hydrofluoroalcane ou hydrofluorocarbure, dérivé fluoré d'alcane contenant un ou plusieurs atomes de fluor.

■ HFE

Hydrofluoroéther, dérivé fluoré des éthers

■ Inertage

Élimination de l'oxygène dans une atmosphère.

■ Inflammable

Produit possédant un point d'éclair inférieur à 60 °C (classé comme inflammable selon le règlement « Classification, Labelling, Packaging (CE) n° 1272/2008 » modifié, appelé règlement CLP).

■ Combustible

Un produit est dit combustible dans la mesure où il va pouvoir participer à une réaction de combustion (il peut brûler). Le terme combustible est conventionnel (il n'est pas régle-

mentaire) et désigne des substances ou mélanges qui ont un point éclair supérieur à 60 °C. Le terme inflammable est, quant à lui, réglementaire et va désigner un produit ayant une facilité plus ou moins grande à brûler.

■ LES

Limite supérieure d'explosivité.

■ LIE

Limite inférieure d'explosivité.

■ Point éclair (PE)

Température minimale à laquelle un liquide dégage des vapeurs en quantité telle qu'il en résulte un mélange vapeur/air inflammable au contact d'une flamme ou d'une étincelle.

■ Préparation

Mélange de plusieurs substances.

■ Salissures

Ensemble des dépôts recouvrant les pièces à nettoyer.

■ Stratosphère

Couche de l'atmosphère comprise entre la troposphère et la mésosphère, c'est-à-dire s'étendant de 12 à 50 km d'altitude environ.

■ Substance

Produit pur éventuellement stabilisé.

■ TMS

Troubles musculosquelettiques.

■ Troposphère

Couche de l'atmosphère s'étendant de 0 à 12 km d'altitude environ.

■ VLEP

Valeur limite d'exposition professionnelle.

■ VLEP CT

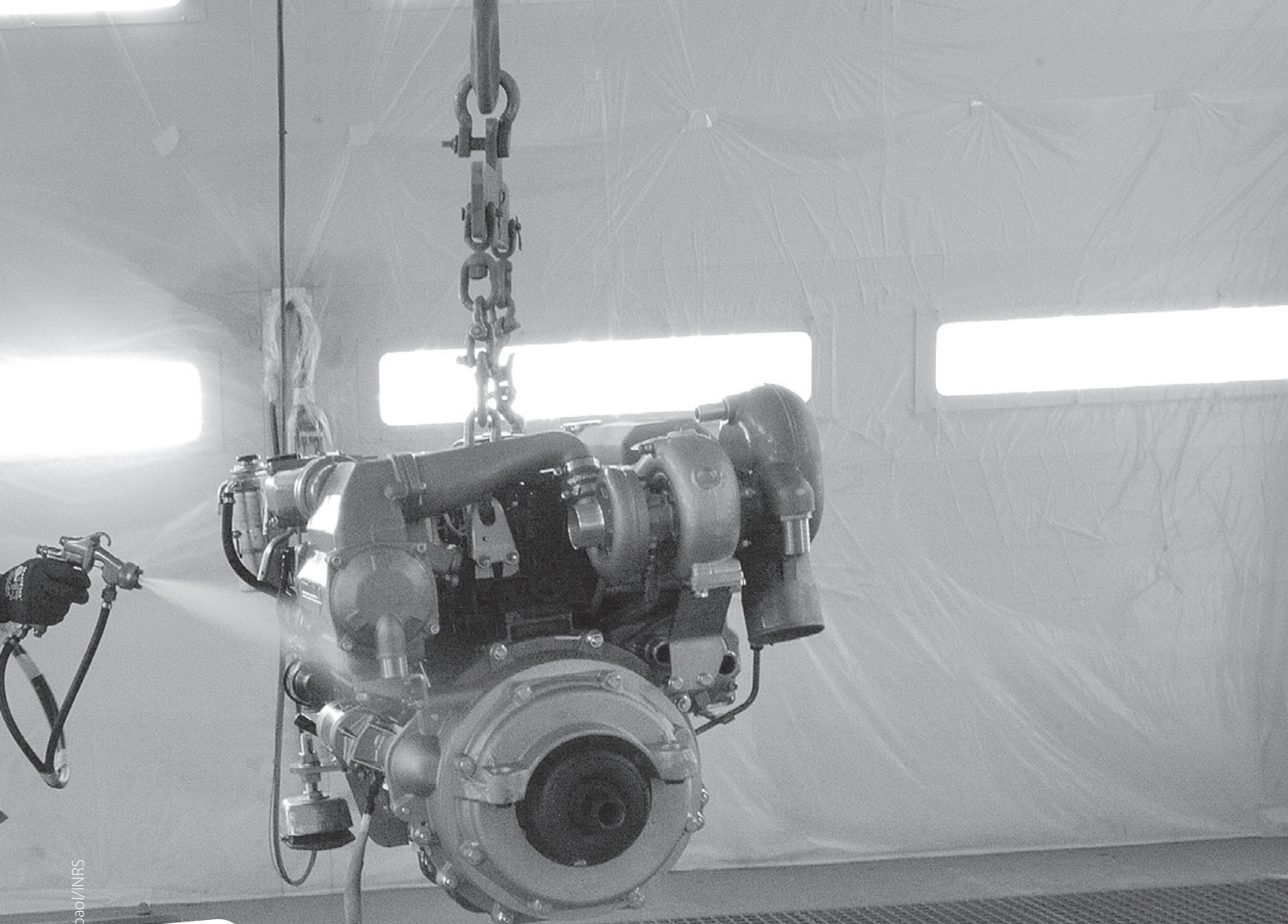
Valeur limite d'exposition professionnelle court terme, mesurée généralement sur 15 minutes.

■ Machines hermétique

Pour ce type de machines, le solvant est utilisé en circuit fermé, sans échange possible avec l'environnement extérieur.

■ Moyens de mises en œuvre

Ensemble d'opérations ou de machines participant au dégraissage et au lavage dans l'industrie. Généralement le procédé implique l'emploi d'un solvant ou de l'eau. Pour la facilité de lecture les moyens de mises en œuvre seront abrégés par « moyens ».



© Gaël Kerbaol/INRS



PROCÉDÉS DE DÉGRAISSAGE

Produits et moyens de mise en œuvre

Chapitre 1

Avant propos

La prise en compte de la dangerosité des solvants habituellement utilisés, renforcée par la réglementation, amène les industriels à se pencher sur une étape particulière et commune à de nombreux procédés : le dégraissage.

Le dégraissage (et le lavage) des métaux ou de tout autre matériau est une étape souvent essentielle d'un procédé industriel. On voit apparaître, sur le marché, de nouveaux produits ou techniques de dégraissage afin de substituer les produits les plus dangereux ou d'adapter les opérations actuelles. Ces évolutions rendent délicat, pour les utilisateurs, le choix d'un couple moyens/produit qui répondra à l'ensemble des critères de leur cahier de charges.

Par ailleurs, les exigences des donneurs d'ordres en matière de propreté des pièces incitent les industriels à mener une réflexion plus globale sur les performances en lavage des pièces. Le dégraissage n'est plus l'unique critère mais la décontamination particulière, la tenue à la corrosion et l'état de surface final sont également devenus des aspects importants dans la qualification des machines à « dégraisser ». **Le procédé de dégraissage devient plus globalement un procédé de lavage.**

Cette brochure se veut une aide pour les industriels, afin de les guider vers le procédé le mieux adapté à leurs propres besoins tout en répondant aux exigences sécurité/hygiène/environnement. Elle présente des principes de prévention s'appliquant non seulement au choix des produits et à la conception des machines, mais aussi à l'installation et à l'exploitation des machines de dégraissage. Elle peut servir de base pour conduire la substitution d'un solvant chloré, remplacer un procédé dangereux par un moins dangereux, établir un cahier des charges ou un dossier d'exploitation. Cette brochure ne traite pas des machines de pressing.

*Pour simplifier la lecture, le couple « **dégraissage/lavage** » sera appelé simplement « **dégraissage** » dans la suite du document.*



Les procédés de dégraissage se distinguent par la nature des produits utilisés et par le type de moyens les mettant en œuvre.

Il existe, une grande diversité de produits, qui va des solutions aqueuses à différents types de solvants (solvants halogénés dont les solvants chlorés, hydrocarbures, dérivés végétaux...). Les opérations de dégraissage peuvent être manuelles (utilisation de chiffons imbibés) ou automatisées dans des machines hautement sophistiquées (industries de façonnage).

Les opérations de dégraissage génèrent des risques pour les utilisateurs et pour l'environnement, risques qui dépendent du produit et de la manière de l'utiliser. Pour tout projet de nouvelle installation ou de modification d'un procédé existant, il est nécessaire d'appréhender ces risques par une étude des techniques et des produits possibles en rapport aux besoins ou aux contraintes de l'industriel. Ainsi seront prévues les mesures de sécurité adaptées, tout en répondant aux besoins techniques de l'entreprise. La solution retenue, moyen de mise en œuvre associé à un produit, devra présenter le moins de risque possible pour la santé des utilisateurs.

1. Généralités

Plusieurs facteurs participent au nettoyage de la pièce : la chimie du solvant bien sûr, l'agitation mécanique (l'intensité et le type de cette agitation),

la température, le temps de lavage etc. Dans ce guide, l'approche sera faite par procédé de lavage, ce qui implique généralement un couple moyens/produit. Dans la suite de la brochure, le couple moyens/produit est défini par la mise en œuvre d'un produit avec une machine ou par une opération donnée (pour le lavage manuel), à froid ou à chaud. Généralement, dans le dégraissage industriel, il est réducteur de se référer uniquement au produit.

En fonction du besoin et des contraintes de l'entreprise, différents moyens de lavage peuvent être utilisés dans la même entreprise (dégraissage manuel ou par une machine).

Dans tous les cas, la nécessité du dégraissage doit être posée : un simple égouttage ou un essorage peut parfois suffire par exemple pour un besoin interopérations ; on évite ainsi l'utilisation d'un produit chimique (le 1^{er} des principes généraux de prévention).

2. Les produits utilisés

Le tableau 1 reprend les produits utilisés à ce jour.

2.1 Les solutions aqueuses

Les produits évoqués sous le terme « solutions aqueuses » sont aussi appelés lessives, préparations détergentes ou produits lessiviels aqueux. Ces solutions aqueuses ne sont pas sans risque

Tableau 1 • Les produits utilisés

Solvants aqueux		
Eau + détergents + bactéries		
Eau + détergents		
Solvants organiques		
Solvants halogénés	Solvants contenant au moins un atome d'halogène (Cl, F, Br, I)	Dangereux : perchloroéthylène, trichloroéthylène, dichloroéthylène
		Non classés : certains solvants fluorés
Solvants non halogénés	inflammables	Acétone, éthanol, MEK, isopropanol
	combustibles	Hydrocarbures type diesel ou éthers de glycol et esters de glycol

Inflammable/combustible

Un produit est dit combustible dans la mesure où il va pouvoir participer à une réaction de combustion (il peut brûler). Le terme inflammable est, quant à lui, réglementaire et va désigner un produit ayant une facilité plus ou moins grande à brûler.

Selon le règlement CLP, un produit est dit inflammable si son point d'éclair est inférieur à 60 °C.

Les solvants combustibles non chlorés ayant un point éclair supérieur à 60 °C sont appelés dans le milieu industriel « solvants A3 ».

Encadré 1

pour la santé des salariés, car elles contiennent des agents chimiques dangereux.

En effet, l'eau est un solvant capable de dissoudre un grand nombre de composés polaires organiques et inorganiques, mais elle présente l'inconvénient de ne pas dissoudre les graisses. On y ajoute donc des substances spécifiques permettant d'améliorer ses propriétés. Il est possible aujourd'hui de travailler à des températures proches de l'ambient avec des produits moins agressifs (au voisinage de la neutralité) en raison de l'amélioration des performances des tensio-actifs. Différentes techniques de filtration (désuillage, centrifugation, ultrafiltration...) permettent de récupérer une partie des lessives et de séparer les huiles.

Les solutions aqueuses sont donc des préparations complexes contenant :

- majoritairement des agents tensio-actifs (appelés aussi agents de surface ou surfactants). Ils permettent le mouillage des surfaces, le décrochage des salissures, la formation d'émulsions et la solubilisation des huiles ou graisses de par leur propriété amphiphile – c'est-à-dire qu'ils possèdent une partie hydrophile (soluble dans l'eau) et une partie lipophile (soluble dans les huiles ou graisses) ;

- des agents stabilisateurs de pH (hydroxydes de sodium ou de potassium, phosphates, carbonates, silicates ou borates) qui permettent entre autres la saponification des graisses naturelles, la neutralisation des salissures acides, l'amélioration de la dispersion des salissures, la stabilisation des émulsions ;

- des séquestrants spécifiques qui permettent l'adoucissement de l'eau afin de préserver l'efficacité du nettoyage et de protéger l'équipement des dépôts calcaires. On retrouve du gluconate de sodium, des sels de sodium, du NTA⁽¹⁾ ou de l'EDTA⁽²⁾ ;

- des additifs divers : des agents anticorrosion (composés aminés, principalement), des dispersants, des stabilisants de mousse, des composés bactéricides ou fongicides, des co-solvants organiques (d-limonène et éthers de glycol), des colorants, des agents odoriférants. Certains additifs peuvent être classés CMR ;

- de l'eau.

Les années quatre-vingt-dix ont vu l'apparition, en France, des fontaines de biodégradation des graisses, contenant un mélange de tensioactif et de bactéries. Ces fontaines sont équipées de systèmes assurant l'aération du milieu et son maintien à une température bien précise (36 °C à 40 °C en fonction du type de bactérie), afin d'assurer la survie des bactéries. Les fontaines fonctionnent en circuit fermé : le mélange tensioactif/bactéries est aspiré depuis la cuve pour asperger les pièces mécaniques, le tensioactif met en suspension les graisses et les huiles, qui tombent ensuite dans la cuve. Les bactéries dégradent alors, par réaction enzymatique, les graisses et les huiles, prolongeant de ce fait la durée de vie du tensioactif. Les bactériesensemencées entrent en compétition avec les bactéries de l'environnement qui finissent généralement par coloniser la fontaine.

2.2 Les produits inflammables

Les produits inflammables sont généralement :

- des hydrocarbures :

- aromatiques (toluène, xylènes...), qui sont caractérisés par la présence d'un noyau benzénique avec une ou plusieurs chaînes latérales ; le benzène n'est plus utilisé comme solvant mais peut se retrouver comme impureté à une concentration inférieure à 0,1 % dans d'autres hydrocarbures. L'utilisation d'hydrocarbures aromatiques est en voie de disparition ;

- non aromatiques (héptane, cyclohexane...) ;

- des solvants organiques oxygénés (cétones, alcools...). Ils sont assez efficaces pour le dégraisage, surtout pour les salissures polaires. En revanche, ils sont moins efficaces pour les salissures apolaires et minérales. Ils sont volatils. En raison du risque incendie explosion, leur emploi est réservé au nettoyage manuel des pièces de contrôle qui nécessite l'utilisation de petites quantités de solvant dans les cas où l'utilisation de solutions moins dangereuses n'est pas techniquement possible. Dans cette catégorie de solvants on trouve :

- des esters (acétates d'éthyle, de *n*-butyle, lactate d'éthyle, esters d'acides dicarboxyliques...) ;

1. acide nitriloacétique.

2. acide éthylènediaminotétracétique.

- des cétones (acétone, méthyléthylcétone...);
- des alcools (éthanol, isopropanol...).

2.3 Les produits combustibles (communément appelés A3)

Les solvants combustibles (voir encadré 1) peuvent dans certaines conditions d'utilisation (à chaud, par pulvérisation...) devenir inflammables. Les fabricants de produits de dégraissage ont exploré cette classe de solvants et proposent un éventail très large de préparations capables de résoudre la plupart des problèmes de dégraissage.

Afin de limiter la volatilité et donc limiter l'exposition des opérateurs et le risque d'incendie, des molécules à masse moléculaire élevée sont utilisées. Afin de conserver une efficacité comparable aux solvants traditionnels (perchloroéthylène, trichloroéthylène) l'augmentation de la température ou l'emploi d'une agitation supplémentaire sont nécessaires.

On trouve dans cette gamme de produits :

- Des hydrocarbures (appelés communément solvants pétroliers) :
 - paraffiniques et isoparaffiniques (distillats hydrotraités, naphta léger, naphta lourd...), souvent sous la forme de mélanges complexes caractérisés par une gamme de points d'ébullition ; généralement les molécules contiennent entre 9 et 13 atomes de carbone ;
- Des solvants oxygénés (appelés communément alcools modifiés) :
 - des éthers de glycol, qui forment une large famille de solvants dérivés, principalement du propylène glycol ou de l'éthylène glycol (2-butoxy éthanol, 1-méthoxy-2-propanol, 2-propoxy éthanol, 1-propoxy-2-propanol butyle, propylène glycol

nomomethyl éther, éther butylique de propylène glycol). Ils possèdent un caractère amphiphile qui leur confère une affinité à la fois pour les composés aqueux et les hydrocarbures. Ce sont ainsi de bons solvants pour de nombreuses substances ;

- des acétates d'éthers de glycol (acétate de méthoxypropanol, acétate d'éthyl glycol). Ils sont généralement utilisés sous forme de mélange. Certains de ces solvants sont reprotoxiques. La voie principale de pénétration est la voie cutanée car ils sont peu volatils.

- Des substances particulières, telles que la N-méthylpyrrolidone, les terpènes (d-limonène...). La N-méthylpyrrolidone est de moins en moins utilisée en raison de ses effets reprotoxiques.

2.4 Les produits halogénés

Cette famille de produits regroupe les hydrocarbures dont un ou plusieurs atomes d'hydrogène ont été substitués par des halogènes (fluor, chlore, brome ou iode). Dans la pratique, les solvants chlorés sont les plus largement répandus. Les solvants chlorés sont, pour la grande majorité, ininflammables et efficaces, même à température ambiante pour de nombreuses huiles, graisses, polymères. En revanche, ils sont dangereux pour la santé des opérateurs et pour l'environnement. Leur volatilité importante augmente l'exposition par inhalation.

En 2013, le dichlorométhane, le tétrachloroéthylène (perchloréthylène), le trichloroéthylène représentaient plus de 50 % des solvants de dégraissage. Le trichloroéthylène est un cancérogène avéré, le dichlorométhane et le tétrachloroéthylène (perchloréthylène) sont des cancérogènes suspects.

De nouvelles substances existent sur le marché pour pallier les restrictions grandissantes,



© Carsat Rhône-Alpes



© Vincent Gremillet pour l'INRS

Photos 1 • Machines pour solvants fluorés ou azéotropes

par exemple des HFE : hydrofluoroéther, HFA : hydrofluoroalcane, HFC : hydrofluorocarbure ou HFO : hydrofluoro-Oléfine. Utilisés actuellement dans des applications spécifiques en aéronautique et électronique, ces produits présentent un pouvoir solvant généralement faible. Ils peuvent être proposés en mélange avec d'autres solvants (mélanges azéotropiques) ou en complément d'un autre solvant (système cosolvant, chaque solvant étant contenu dans un bain séparé) pour améliorer les performances.

2.5 Les mélanges de solvants, les azéotropes, les cosolvants

■ Mélange simple classique : les solvants pétroliers proposés en mélange avec des substances chlorées ou fluorées sont généralement étiquetés ininflammables. En effet la présence de solvant halogéné dans un mélange permet d'augmenter le point d'éclair apparent, et on parle alors de « point d'éclair masqué ». Ils peuvent cependant donner lieu à la formation d'une atmosphère explosive lorsque le mélange s'appauvrit en solvant halogéné au cours de l'utilisation ou en cas de surchauffe. Les produits ayant cette caractéristique doivent

être identifiés par les éléments d'étiquetage suivants : EUH209A « Peut devenir facilement inflammable en cours d'utilisation » et EUH209 - « Peut devenir inflammable en cours d'utilisation ».

■ Mélange azéotropique : les solvants organiques fluorés présentent une forte volatilité, ce qui implique une forte émissivité de vapeurs dans l'atmosphère. Afin d'augmenter leur efficacité ou de baisser leur volatilité, ils sont utilisés sous forme de mélanges azéotropiques (mélange ayant un point d'ébullition unique, différent de celui des différents solvants constituants, et généralement plus haut). Un mélange azéotropique se comporte du point de vue physique comme un solvant pur (évaporation, ébullition etc.).

Une attention particulière doit être portée à l'utilisation de mélanges azéotropiques. Composés de solvants d'origine pétrolière et de dérivés fluorés (HFA ou HFE), ils devraient se comporter comme une substance pure, ininflammable. Cependant, des produits présents sur le marché sous cette dénomination sont parfois de simples mélanges. Leur utilisation peut alors être risquée en cas d'évolution de leur composition, de surchauffe ou en complément d'un autre solvant généralement pétrolier dans une même machine (système cosolvant). Tous les produits ayant cette caractéristique doivent être identifiés par les éléments d'étiquetage précédents (EUH209 et EUH209A) soit par l'information additionnelle EUH018 « Lors de l'utilisation, formation possible de mélange vapeur-air inflammable/explosif ».

2.6 Les solvants autres que les solvants pétroliers

On trouve aussi sur le marché des agrosolvants (issus d'essences végétales) et des DBE (esters dibasiques), qui, bons dégraissants, nécessitent souvent un rinçage ultérieur des pièces avec des solvants classiques industriels (cétones ou solvants halogénés).



Vincent Gremillet pour l'INRS

Photo 2 • Fontaine utilisant des solutions de biodégraissage

3. Techniques de dégraissage manuel

Le dégraissage manuel à température ambiante est généralement effectué avec un solvant organique. Il doit être réservé à des opérations de courte durée, pour un nombre limité de pièces afin de limiter la quantité de solvant utilisé.

L'eau, qu'elle soit pure, chaude ou sous pression, peut, dans certains cas, remplacer avantageusement des solvants organiques. Une alternative à

l'utilisation de solvants est la fontaine biologique. Cette technologie présente des performances comparables à celles obtenues avec des solvants organiques.

Le dégraissage peut être réalisé :

- au chiffon/lingette pré-imprégné (dégraissage de pièces avant emballage par exemple) ;
- au pinceau classique ou à l'aide d'un pinceau alimenté de solvant par une pompe (fontaine pour le dégraissage de pièces mécaniques par exemple) ;
- au trempé par immersion des pièces dans le solvant (dégraissage de pièces avant contrôle par exemple) ;
- par aspersion : les pièces sont placées dans une enceinte ou un tunnel où elles sont aspergées manuellement de lessive/solvant (dégraissage de pièces avant peinture par exemple) ;
- par vapeur sèche : ce système comprend l'utilisation de la vapeur sèche (température supérieure à 150 °C et pression supérieure à 5 bars). Cette vapeur a les propriétés d'un gaz. Son utilisation ne produit pas d'eau à l'état liquide qui risquerait d'interagir avec les pièces. De plus son efficacité est accrue grâce à son état physique. La vapeur sèche, une fois utilisée, se disperse dans l'atmosphère sans contribuer significativement à l'humidité de l'air ambiant ;
- par neige carbonique : s'effectue sans eau, sans sable ni produits chimiques. Ce système comprend la projection de neige carbonique (CO_2 à l'état solide). La neige carbonique libère du dioxyde de carbone gazeux (CO_2) par sublimation, ce qui permet de récupérer les salissures.

Ces techniques manuelles peuvent exposer l'opérateur à des contacts cutanés avec le solvant ainsi qu'à l'inhalation de vapeurs, ce qui limite le type de produits utilisables et impose la mise en place de moyens de prévention adaptés (captage des vapeurs par exemple).

De plus, en cas d'utilisation d'un solvant inflammable, le poste peut présenter un risque incendie/explosion.

3.1 Équipements pour le dégraissage manuel

Les différentes techniques de dégraissage manuel évoquées ci-dessus peuvent s'effectuer dans des systèmes ouverts (bacs, fontaines de dégraissage) ou en systèmes fermés (cabines, tunnels...).

L'usage manuel de solvants volatils s'effectuera obligatoirement (d'autant plus s'il y a création d'aé-

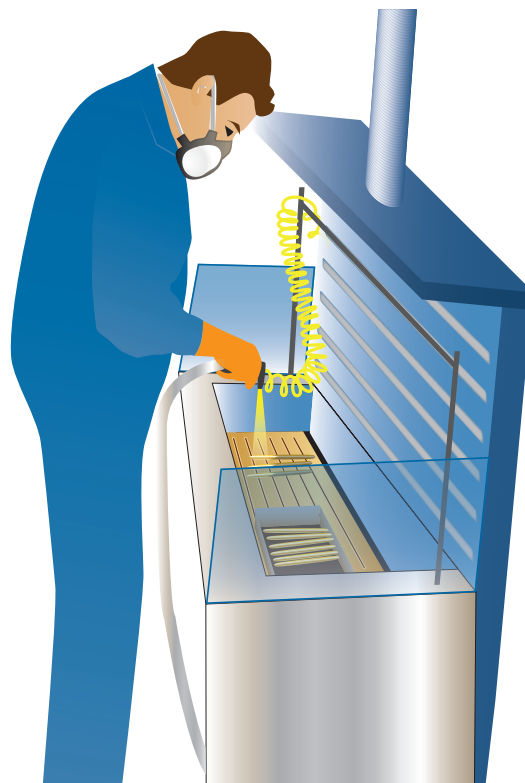


Figure 1 • Bac de nettoyage et zone d'égouttage placé devant un dossier aspirant

rosols) sur un poste équipé d'un système de captage des vapeurs et des aérosols⁽³⁾.

3.1.1 Dossieret aspirant

Le dégraissage au chiffon peut être pratiqué sur une table équipée d'un plan aspirant ou d'un dossieret aspirant.

Dans le cas d'un dégraissage au pinceau, le bac de solvant et la zone d'égouttage peuvent être intégrés au plan de travail (voir figure 1).

L'utilisation d'une fontaine de dégraissage, système constitué d'un bac généralement placé sur le fût de solvant et d'un pinceau alimenté au moyen d'une pompe, peut se faire dans les mêmes conditions.

3.1.2 Cabine ouverte (ventilation horizontale)

Le dégraissage par aspersion, générateur d'aérosols, doit être réalisé dans un dispositif de captage enveloppant.

Dans le cas de pièces de petites et moyennes dimensions, le dégraissage peut être pratiqué dans

3. Se reporter au document INRS ED 6049 « Poste d'utilisation manuelle de solvants », coll. Guide pratique de ventilation, n° 20, 2009.

une cabine ouverte en face avant, ventilée par un double fond aspirant (voir figure 2). Les pièces sont alors suspendues ou disposées sur un support tournant pour que l'opérateur reste toujours face à l'aspiration.

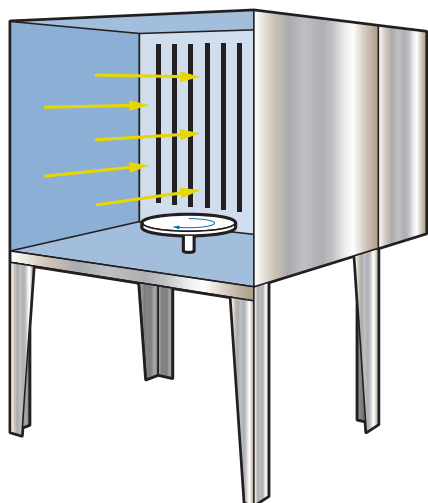


Figure 2 • Cabine ouverte à ventilation horizontale

3.1.3 Cabine (ventilation verticale)

Pour les pièces de grande taille, machines ou véhicules par exemple, le dégraissage est parfois réalisé dans une cabine à toit ouvert avec extraction de l'air pollué sous un caillebotis au sol ou, mieux, dans une cabine fermée équipée d'une ventilation verticale descendante obtenue par un soufflage d'air neuf en plafond et extraction de l'air pollué au sol sous un caillebotis⁽⁴⁾.

3.1.4 Enceinte

Le dégraissage est réalisé manuellement au pinceau ou par aspersion dans une enceinte ventilée comportant des manchons étanches munis de gants (enceinte type boîte à gants). Le risque d'incendie peut alors être prévenu par exemple par inertage.

4. Se reporter au document INRS ED 839 « Cabines d'application par pulvérisation de produits liquides », 2008.



Gaël Kerbaol/INRS

Photo 3 • Dégraissage avec une machine à jet sous pression.

3.1.5 Tunnel

Les pièces défilent dans un tunnel où elles sont manuellement aspergées d'une solution nettoyante (voir figure 3). Cette technique est réservée exclusivement aux solutions aqueuses. L'utilisation d'un solvant organique avec cette technique rendrait l'exposition difficilement maîtrisable.

En fonction des conditions opératoires (toxicité du produit lessiviel, température...), il peut être nécessaire d'associer un système de captage des vapeurs et aérosols produits dans le tunnel.

3.2 Paramètres additionnels associés au dégraissage

3.2.1 Température

L'apport de calories augmente l'efficacité des solvants sur le dégraissage. En revanche, il augmente l'émission de vapeur et l'exposition des opérateurs par inhalation. L'utilisation de ce paramètre doit donc être réservée exclusivement aux systèmes aqueux.

Le bio-dégraissage nécessite une température précise (39 °C à 41 °C en fonction des bactéries) pour le maintien en vie des micro-organismes.

La vapeur sèche nécessite des températures supérieures à 150 °C, obtenues par un système de génération de vapeurs.

3.2.2 Agitation mécanique

Pour faciliter le détachement des salissures, dans des opérations de dégraissage au trempé, le solvant ou le support des pièces peut être agité manuellement ou mécaniquement. Une autre approche est le brossage.

Cette technique additionnelle augmente l'émission de vapeurs.

3.2.3 Ultrasons

Des cuves à ultrasons peuvent être utilisées pour effectuer le lavage de pièces à froid. Les ultrasons entraînent une élévation de température du solvant.

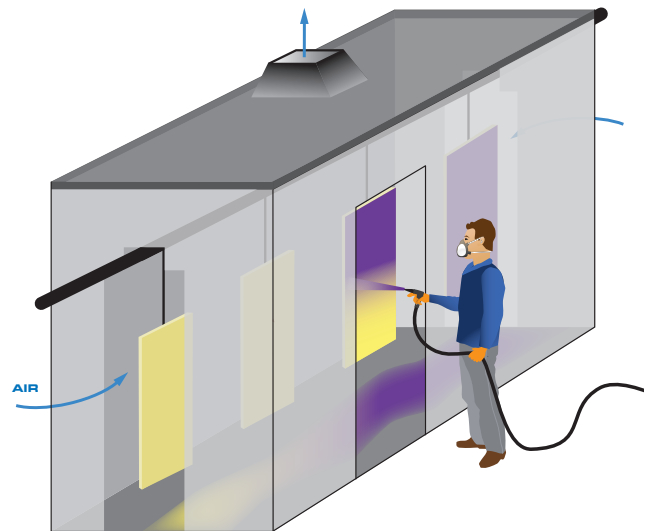


Figure 3 • Tunnel d'aspersion ventilé

4.1 Procédés aqueux

Le dégraissage est pratiqué, soit dans des systèmes ouverts (bacs ou cuves), soit dans des systèmes fermés (machines, tunnels ou cabines).

4.1.1 Systèmes ouverts

■ **Bac ou cuve ouverte :** ce système de dégraissage est, par exemple, intégré sur des lignes de traitements de surface. Le dégraissage est alors réalisé chimiquement par trempage des pièces dans un bain lessiviel à une température comprise entre 50 et 80 °C ou par électrolyse (dégraissage électrolytique). Les dégraissages chimique et électrolytique émettent des vapeurs et des aérosols irritants ou corrosifs qui doivent être captés par des aspirations latérales ⁽⁵⁾ (voir figure 4).

5. Se reporter au document INRS ED 651 « Cuves de traitement de surface », 2014.

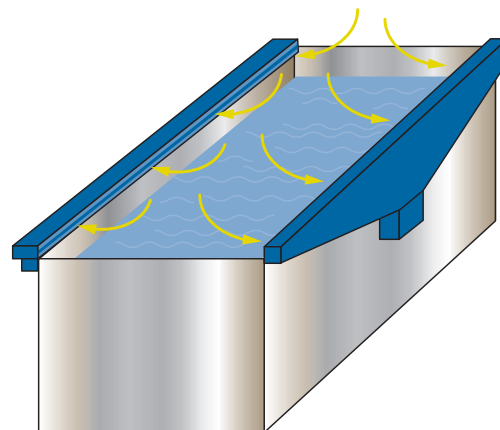


Figure 4 • Bac de dégraissage chimique ventilé par des aspirations latérales

4. Techniques du dégraissage automatisé

Le dégraissage automatisé peut être réalisé soit avec des produits aqueux (solutions lessiviellles) additionnés ou non de micro-organismes, soit avec des solvants.

Généralement, les petites pièces sont conditionnées dans des paniers alors que les grandes sont fixées sur des convoyeurs.

Dans certains cas, le dégraissage peut être à l'origine d'un dégagement d'hydrogène qui peut présenter un risque d'incendie/explosion (dégraissage de métaux légers par des solutions alcalines par exemple).

■ Tunnel : accrochées à un convoyeur, les pièces sont immergées dans un ou plusieurs bains ou aspergées de solution lessivienne chaude (voir figure 5).

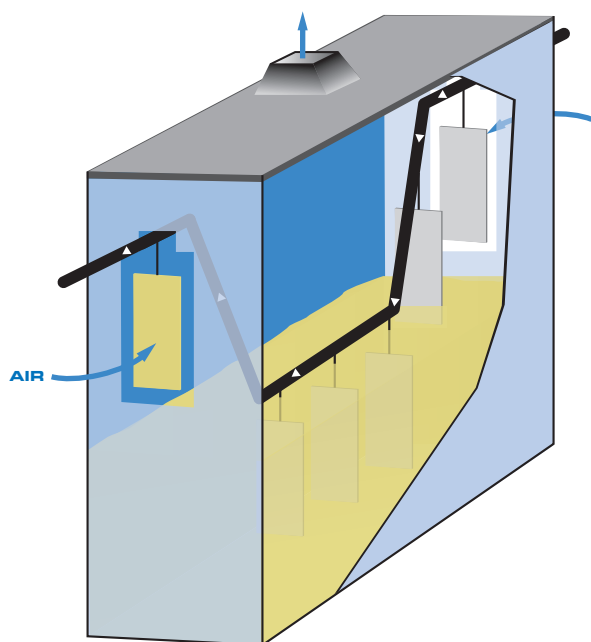


Figure 5 • Dégraissage par immersion dans un tunnel ventilé

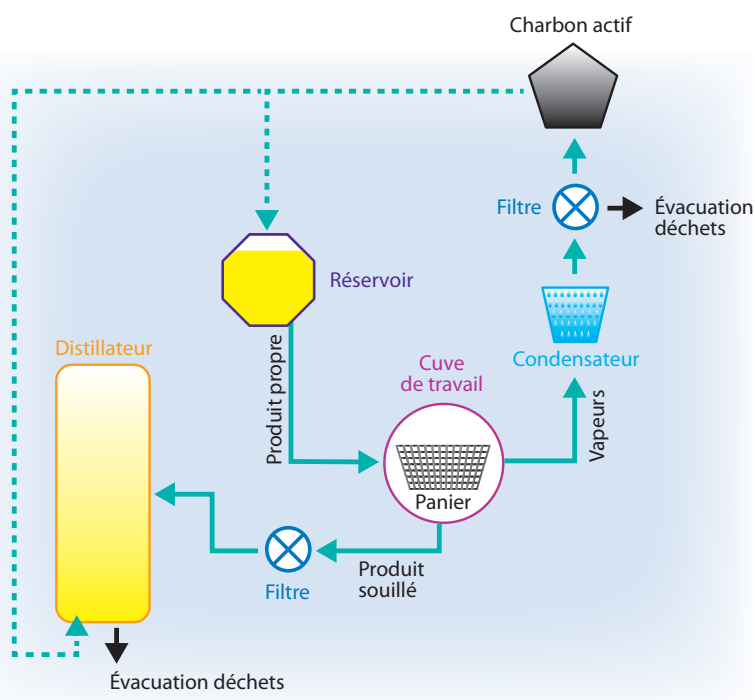


Figure 6 • Système étanche avec compartiment unique (machine hermétique). Schéma de principe

4.1.2 Systèmes fermés

■ Machine : les pièces sont placées dans une machine et aspergées de solution chaude par exemple au moyen de jets.

4.2 Procédés aux solvants

Le dégraissage à chaud avec des solvants organiques doit toujours être réalisé en machines. Plusieurs types de machines peuvent être rencontrés.

4.2.1 Système hermétique

Pour ce type de machines, le solvant est utilisé en circuit fermé, sans échange possible avec l'environnement extérieur. Cette technique nécessite un séchage efficace des pièces en fin de cycles de lavage, afin d'éviter les émissions de vapeurs de solvant lors de l'ouverture de la chambre de lavage. La machine comporte un compartiment qui est utilisé à la fois pour le traitement des pièces et pour la collecte des vapeurs de solvant lors du séchage (voir figure 6).

Sauf impossibilité technique (dimensions des pièces), ce type de machine hermétique est à privilégier.

En effet, les contraintes liées à la sécurité aux postes de travail et aux exigences environnementales imposent de mieux maîtriser les émissions de solvant, ce qui ne peut être obtenu que dans une machine hermétique.

4.2.2 Système ouvert ou non hermétique

Dans ce cas, le contact entre le solvant et l'environnement extérieur est possible pendant le fonctionnement normal, y compris pendant les phases de chargement et de déchargement. Les systèmes à cuves ouvertes ne permettent généralement pas de satisfaire aux exigences réglementaires en matière de santé au travail et d'environnement. Ils doivent impérativement être réservés à l'utilisation de produits aqueux et sont proscrits pour les solvants.

■ Système capoté : ces systèmes consistent en une ou plusieurs cuves ouvertes placées dans une enceinte (capotage). Les pièces à nettoyer sont acheminées à travers le système par manutention mécanique (convoyeur) et les vapeurs de solvant sont collectées dans l'enceinte, généralement aux points d'entrée et de sortie des pièces.

Ces systèmes capotés nécessitent une installation annexe importante destinée à ventiler l'enceinte et à épurer l'air pollué capté, dont le suivi devra être rigoureux. Le respect des exigences d'aération et d'assainissement du poste de travail reste cependant difficile lors de l'utilisation de produits volatils. Les systèmes capotés sont exclus pour les sol-



vants chlorés : trichloréthylène, dichlorométhane, perchloréthylène.

4.3 Moyens additionnels

4.3.1 Température

L'apport de calories augmente l'efficacité des solvants sur le dégraissage. La mise en phase vapeur du solvant est employée sur certains procédés. Dans ces conditions, l'exposition des opérateurs et le risque d'incendie ou d'explosion sont donc accrus.

4.3.2 Agitation mécanique

Pour faciliter le détachement des salissures, le solvant ou le support des pièces peut être agité mécaniquement (rotation des paniers, mouvements oscillatoires, jets d'aspersion...). Une autre approche est le brossage.

Cette technique additionnelle augmente également l'émission de vapeurs.

4.3.3 Ultrasons

Les ultrasons peuvent augmenter l'efficacité du dégraissage et sont fréquemment utilisés.

4.4 Systèmes sans solvants

Dans cette catégorie se trouvent actuellement le CO₂ supercritique, le laser, le plasma, ainsi que les systèmes vibratoires et la vapeur sèche.

4.4.1 CO₂ supercritique

Le nettoyage par CO₂ supercritique consiste à utiliser les propriétés physico-chimiques dans le domaine supercritique du CO₂ (pouvoir solvant, diffusivité...) pour solubiliser des huiles et des graisses, et enlever des particules.

Les pièces sont nettoyées dans une chambre de travail pressurisée avec du CO₂ à une pression et à une température situées dans le domaine supercritique (> 74 bars / > 31 °C).

Ce procédé est en cours d'industrialisation.

4.4.2 Plasma

Un plasma est un gaz dont une certaine portion des constituants est ionisée, mais qui macroscopiquement est neutre électriquement.

On distingue deux grands types de mise en œuvre :

- le plasma sous vide nommé aussi « en enceinte » permettant de nettoyer des pièces unitaires ou par lot avec un fonctionnement à des pressions inférieures à 2 mbar ;

- le plasma à pression atmosphérique (projection du plasma sur la surface) créé dans une buse dans laquelle un flux d'air comprimé traverse une décharge électrique de haute tension à haute fréquence. Le plasma homogène, continu, et sans potentiel électrique est conduit à l'extérieur par la tête de la buse. Cette technologie est utilisée pour le nettoyage de bandes en continu (coils) avant peinture.

La technologie est adaptée aux nettoyages de finition et permet l'obtention de la propreté exigée par le traitement de surface ultérieur.

4.4.3 Laser

Le nettoyage par laser consiste à faire interagir le rayon laser et les salissures des pièces à nettoyer. Le processus de nettoyage correspond à une photoablation qui est le résultat d'une combinaison d'interactions thermiques et mécaniques entre le rayonnement absorbé et les salissures.

Ce procédé est automatisable et robotisable. Le principal avantage est l'enlèvement de toutes les couches de salissures en une seule passe, avec l'obtention de la propreté nécessaire exigée par le traitement de surface ultérieur.

4.4.4 Technique vibratoire

Cette technique comprend la fabrication d'un moule en polymère à la taille des pièces à nettoyer. Les pièces sont placées dans le moule qui à son tour est placé dans un système capable de produire des vibrations à des fréquences et amplitudes précises. Ainsi les salissures liquides ou solides sont dissociées des pièces puis aspirées.





© Serge Morillon/INRS



ANALYSE DES RISQUES

Chapitre 2

1. Le risque lié au produit

1.1 Toxicologie

Les deux principaux modes de pénétration d'un produit dans le corps humain sont l'inhalation et le contact cutané, mais on peut également mentionner l'ingestion (accidentelle, le plus souvent). Les dangers présentés par un produit sont repérables grâce :

- à l'étiquetage réglementaire auquel il est soumis apparaissant sur les emballages sous la forme de pictogrammes de danger et de mentions de danger ;

- au contenu de la fiche de données de sécurité qui doit être obligatoirement transmise par le fournisseur.

L'utilisateur doit vérifier dans la FDS si le produit utilisé est bien prévu pour le dégraissage.

Aucun solvant n'est inoffensif. Ils ont tous des effets sur la santé, variables selon les produits et la nature de l'exposition professionnelle. Ils peuvent être liés à des expositions importantes uniques (effets aigus) ou à des expositions répétées (chroniques). Les solvants peuvent ainsi provoquer des affections cutanées (dermatose), des atteintes du système nerveux (vertiges, ébriété, paralysie...), du sang (anémie), du foie (hépatite), des reins (insuffisance rénale). Ils peuvent également induire des effets sur la reproduction (infertilité, malformations) ou des cancers.

De plus, ils détruisent la barrière naturelle de la peau et favorisent le passage d'autres substances dangereuses.

Certains solvants ont des effets plus spécifiques qui doivent être connus des utilisateurs. C'est notamment le cas des solvants organiques halogénés qui peuvent avoir un impact sur le système nerveux ou sur certains organes comme le foie ou les reins. Les solvants chlorés et fluorés peuvent perturber le rythme cardiaque.

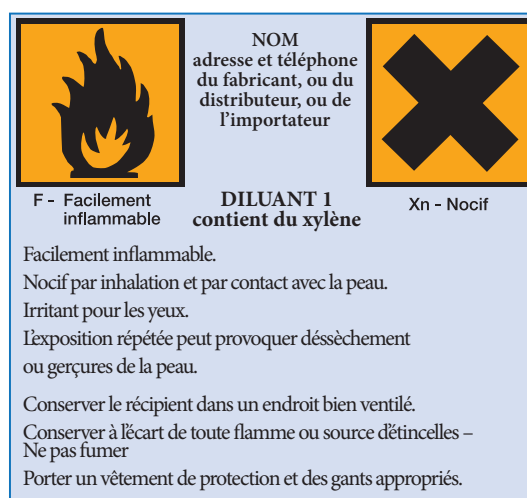


Figure 7 • Exemple d'étiquette selon le système préexistant

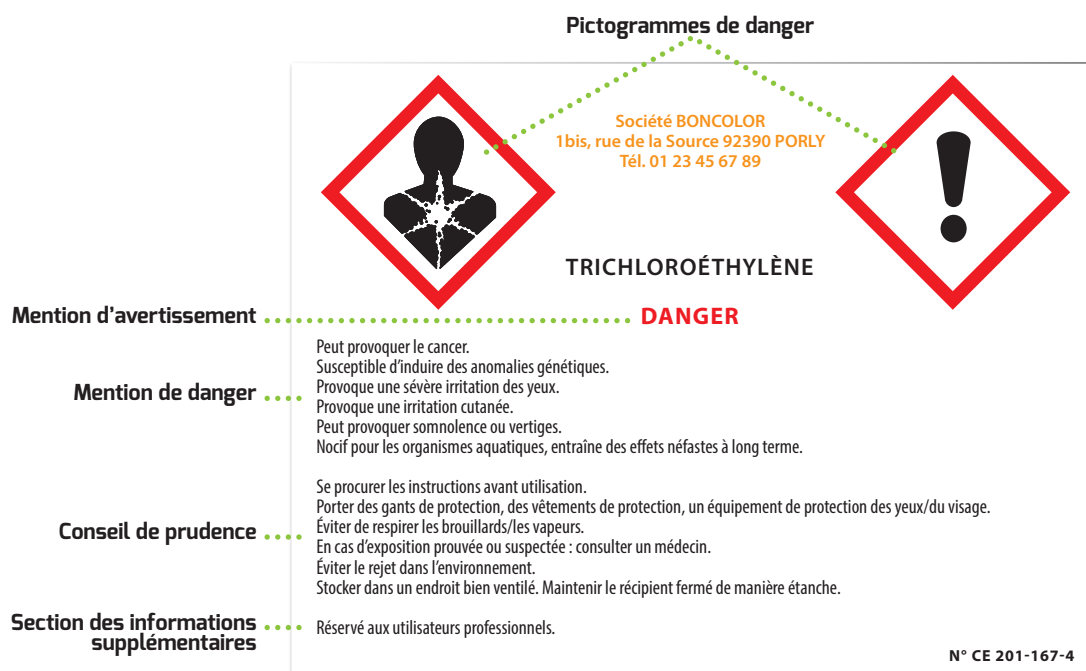


Figure 8 • Exemple d'étiquette selon le nouveau système de classification et d'étiquetage (règlement CLP)

Certains solvants chlorés sont cancérogènes ou mutagènes, (classification selon le règlement CLP) comme par exemple :

- le trichloroéthylène : cancérogène catégorie 1B et mutagène catégorie 2 ;
- le perchloroéthylène : cancérogène catégorie 2 ;
- le dichlorométhane (ou chlorure de méthylène) : cancérogène catégorie 2.

Les **solvants organiques non halogénés** peuvent entraîner une atteinte du système nerveux ou des troubles psychophysiologiques (insomnie, troubles du comportement...) en cas d'exposition chronique à leurs vapeurs.

L'utilisation des solvants organiques peut conduire au développement de pathologies professionnelles. Les principaux tableaux concernés sont présentés ci-après (tableau 2).

Les caractéristiques des solvants couramment utilisés pour le dégraissage des métaux sont rassemblées (tableau 3).

Dans le cas des produits lessiviels, les risques pour la santé sont essentiellement liés au caractère caustique ou irritant des solutions utilisées. Ceci est d'autant plus vrai lors de la préparation des bains au cours de laquelle on peut craindre également des projections de produits concentrés.

Cependant, certaines lessives peuvent contenir des additifs présentant des risques supplémentaires pour la santé. Si le bain est chauffé, une émission d'aérosols alcalins irritants pour les voies respiratoires est possible.

La technologie de **biodégraissage**, quant à elle, est proportionnellement moins polluante que les autres procédés. Néanmoins, quelques souches peuvent entraîner des toxi-infections alimentaires ou des surinfections des plaies sur des personnes dont le système immunitaire est affaibli. Le fabricant doit donc fournir toutes les informations sur la pathogénicité des souches.

1.2 Le risque incendie/explosion

L'incendie est une combustion qui se développe sans contrôle dans le temps et dans l'espace. La faculté qu'ont certains produits à s'enflammer peut être caractérisée par leur point d'éclair ; ce point d'éclair est la température minimale à laquelle un liquide dégage des vapeurs en quantité telle qu'il en résulte un mélange vapeur/air pouvant s'enflammer au contact d'une flamme ou d'une étincelle.

Les produits pouvant conduire à un risque d'incendie ou d'explosion sont repérables par pictogrammes en plus des mentions de danger (voir exemples, figure 9).



Figure 9 • Exemples de pictogramme de danger

Tableau 2 • Tableaux de maladies professionnelles liés à l'utilisation des solvants organiques

Numéro du tableau de maladies professionnelles	Intitulé du tableau (régime général)
4 bis	Affections gastro-intestinales provoquées par le benzène, le toluène, les xylènes et tous les produits en renfermant.
9	Affections provoquées par les dérivés halogénés des hydrocarbures aromatiques.
12	Affections professionnelles provoquées par les dérivés halogénés de certains hydrocarbures aliphatiques.
59	Intoxications professionnelles par l'hexane.
84	Affections engendrées par les solvants organiques liquides à usage professionnel : hydrocarbures liquides aliphatiques, alicycliques, hétérocycliques et aromatiques, et leurs mélanges (white-spirit, essences spéciales) ; dérivés nitrés des hydrocarbures aliphatiques ; acétonitrile ; alcools, aldéhydes, cétone, esters, éthers dont le tétrahydrofurane, glycol et leurs éthers ; diméthylformamide, diméthylsulfoxyde.

Tableau 3 • Principales caractéristiques de quelques solvants

Nom	Point d'éclair (°C)	LIE (%) à 20 °C (limite inférieure d'explosivité)	LSE (%) à 20 °C (limite supérieure d'explosivité)	VLEP 8 h (valeur limite d'exposition professionnelle sur 8 h)	VLEP CT (valeur limite d'exposition professionnelle court terme)	Étiquetage	Pression de vapeur (Pa)
Toluène	4,4	1,2	7,1	20 ppm (76,8 mg/m ³)	100 ppm (384 mg/m ³)		3 000
Xylènes	27	1	7	50 ppm (221 mg/m ³)	100 ppm (442 mg/m ³)		800
Méthyléthylcétone	- 9	1,8	11,5	200 ppm (600 mg/m ³)	300 ppm (900 mg/m ³)		10 330
Perchloroéthylène	Non combustible			20 ppm (138 mg/m ³)	40 ppm (275 mg/m ³)		1 900
Trichloroéthylène	Non déterminable	8	90	75 ppm (405 mg/m ³)	200 ppm (1 080 mg/m ³)		8 600
Dichlorométhane		13	22	50 ppm (178 mg/m ³)	100 ppm (356 mg/m ³)		46 500
Acétone	- 18	2,15	13	500 ppm (1 210 mg/m ³)	1 000 ppm (2 420 mg/m ³)		24 700
Alcool Isopropylique	12	2	12		400 ppm (980 mg/m ³)		4 200
Hydrocarbures (*) (solvants A3)	> 60	0,6 à 0,8	6 à 8	1 000 mg/m ³	1 500 mg/m ³		~ 200

(*) Une valeur objective de 500 mg/m³ est prévue par circulaire.

La classification comme cancérigène ou mutagène peut ne pas s'appliquer s'il peut être établi que la substance contient moins de 0,1 % poids/poids de benzène.

Attention !

Certains mélanges de solvants, considérés comme ininflammables à l'état initial, peuvent conduire, par évaporation sélective d'un des composants ou en cas de surchauffe, à des compositions de mélanges inflammables ou à l'émission de substances inflammables (cas de certains mélanges azéotropiques). Souvent les solvants fluorés HFA/HFE/HFC/HFO, sont utilisés sous forme de mélanges afin d'augmenter leur efficacité ou de baisser leur volatilité. Associés à d'autres solvants, ils peuvent former des mélanges azéotropiques (mélange ayant un point d'ébullition unique, différent de celui des différents solvants constitutifs, mélange qui garde la même constitution à l'état vapeur qu'à l'état liquide). Lorsqu'ils sont neufs, les mélanges présentent bien les propriétés physico-chimiques recherchées (point d'ébullition élevé, absence du point d'éclair). Lors de l'utilisation, l'équilibre azéotropique peut être déplacé et des vapeurs inflammables peuvent donc se former.

Encadré 2

Les produits inflammables présentent également un risque d'explosion. Si la concentration dans l'air des vapeurs dégagées atteint une valeur appartenant au domaine d'explosivité, lesdites vapeurs peuvent exploser en s'enflammant. Ce domaine d'explosivité est délimité par les limites inférieures d'explosivité (LIE) et supérieure d'explosivité (LSE), qui sont les concentrations volumiques dans l'air de la vapeur d'un liquide inflammable, entre lesquelles le mélange est explosible en présence d'une source d'inflammation.

Les valeurs des points d'éclair et des LIE/LSE des principaux solvants utilisés pour le dégraissage des métaux sont mentionnées dans le tableau 3.

Dans tous les cas, l'évaluation des risques incendie et explosion ne doit pas se limiter à la prise en compte du point d'éclair et des LIE/LSE. En effet, la mise en œuvre d'un produit, et notamment sa température d'utilisation, constitue un ensemble de paramètres indispensables permettant d'apprécier au mieux ce risque d'incendie ou d'explosion. Il faudra par exemple privilégier l'utilisation en dessous de son point d'éclair minoré de 15 °C d'un solvant combustible (ou inflammable).

Remarque

Dans les conditions normales d'utilisation, la plupart des solvants chlorés sont ininflammables.

Les solvants organiques non halogénés sont généralement inflammables ou combustibles. Le personnel les utilisant est donc généralement exposé à des risques d'incendie et d'explosion.

Remarque

Les effets sur la santé d'un agent chimique se manifestent généralement à des niveaux de concentration très inférieurs à ceux qui sont nécessaires pour induire un risque d'incendie ou d'explosion.

1.3 Le risque de réactions dangereuses

Les solvants chlorés (dichlorométhane, trichloroéthylène, perchloroéthylène...) peuvent réagir violemment avec les métaux alcalins ou alcalinotereux, ainsi qu'avec les produits fortement alcalins comme la soude et la potasse.

Certains solvants organiques non halogénés (toluène, white-spirit, acétone...) ne corrodent pas les métaux usuels. Par contre, ils peuvent réagir vivement avec des agents oxydants forts. En présence d'une base forte (hydroxyde de sodium ou de potassium), l'acétone peut aussi réagir violemment avec certains hydrocarbures halogénés (trichlorométhane).

1.4 Risques liés aux espaces confinés ⁽⁶⁾

L'intervention dans des cuves ou d'autres endroits confinés ayant contenu des solvants organiques présente des risques. Plus précisément, même en absence de solvant à l'état liquide, les cuves vides peuvent contenir des quantités importantes de vapeur de solvant. Cette configuration engendre trois principaux risques :

- le risque d'anoxie due à la faible quantité d'oxygène présent dans les cuves ou autres endroits confinés. Ce risque existe notamment lors des interventions dans des enceintes ou un inertage à l'azote a été effectué ;
- le risque d'intoxication aiguë due à la présence de quantité importante de vapeurs de solvant organique résiduelles ;

⁶. Se référer au document INRS ED 6184 « Les espaces confinés. Assurer la sécurité et la protection de la santé des personnels intervenants », 25 p, 2014.

- le risque d'explosion dans le cas des solvants inflammables.

Ces risques sont trop souvent la source d'accidents mortels dans l'industrie. La présence de vapeur de solvant ou le manque d'oxygène dans les cuves ou autre espace confiné doit être impérativement pris en compte avant toute intervention.

2. Le risque lié à l'installation

Le dégraissage nécessite l'emploi d'équipements divers qui présentent des risques qu'il convient de prendre en compte. La majorité des processus de dégraissage automatisés emploie des installations qui sont soumises à la directive européenne « Machines » 2006/43/CE.

Pour être aptes à fonctionner, à être réglées et entretenues sans exposer les personnes à un risque, les machines doivent être conçues en respectant des règles techniques de conception définies par cette directive européenne (transposée dans le Code du travail).

Risques liés aux interventions

Lors des opérations de maintenance ou toute autre intervention ponctuelle (panne, réglage etc.) sur les machines, les opérateurs s'exposent à l'ensemble des risques mentionnés dans ce chapitre. Les accès aux équipements, et plus particulièrement à l'intérieur des machines, exposent les opérateurs à des risques graves, voire mortels : électrocution, chute, choc, intoxication aiguë, anoxie. Ces opérations de maintenance doivent faire l'objet d'une évaluation des risques pour assurer la mise en sécurité de la machine avant toute intervention. Si des prestataires de services sont amenés à intervenir, il conviendra de formaliser les résultats de cette évaluation dans un plan de prévention. L'information et la formation des intervenants, y compris des prestataires de services, sont par ailleurs indispensables.

Encadré 3

2.1 Risques mécaniques

Les éléments mobiles concourant au travail et les éléments mobiles de transmission peuvent provoquer des accidents par écrasement, cisaillement, coupure, entraînement, choc...

2.2 Risques liés au manque de stabilité

L'instabilité des machines, des plates-formes, des passerelles, des convoyeurs, des crochets, des palans et des accessoires de levage, peut provoquer des chutes de pièces (projection éventuelle de liquides dégraissants) ou la chute de l'opérateur.

2.3 Risques liés aux manutentions

La manutention des pièces, paniers ou cadres, qu'elle s'effectue manuellement ou au moyen d'équipements de levage et de manutention, peut provoquer des accidents (choc, écrasement, coupures...) ou être à l'origine de maladies professionnelles comme des troubles musculosquelettiques (voir encadré 3).

2.4 Risques thermiques

Les dispositifs de chauffage ou de production de froid, les fluides caloporteurs ou frigoporteurs, les serpentins, les pièces dégraissées peuvent par projection, par perte de confinement ou par contact direct, provoquer des brûlures, aggravées par la corrosivité ou la nocivité du liquide dégraissant.

Le dérèglement de dispositifs de chauffage est susceptible d'engendrer un risque d'incendie ou d'explosion.

2.5 Risques liés aux fuites et aux épanchements des produits

Les fuites accidentelles ou non peuvent provoquer des glissades, brûlures, blessures, inflammations.

2.6 Risques et nuisances liés au bruit

Des niveaux sonores inconfortables, voire lésionnels, peuvent être induits par l'utilisation d'agitation par des ultrasons, la manutention (mécanisée ou non) des pièces ou des paniers, la ventilation, les échappements d'air des commandes pneumatiques, la pulvérisation, les moteurs en fonctionnement, les pompes à vide...

2.7 Risques liés à l'éclairage

La non-visibilité de certaines parties ou de certains organes de la machine augmente la fatigue visuelle et le risque d'accident. L'apport de moyens d'éclairage de fortune peut être à l'origine d'électrocution, d'inflammation, voire d'explosion.

2.8 Risques liés à l'électricité

Les machines de dégraissage ont recours à l'énergie électrique, entre autres pour le fonctionnement des organes de contrôle et de sécurité, pour la manutention, l'agitation, la circulation des fluides ou les systèmes de chauffage ou de refroidissement. L'électricité statique peut être présente lors de la

circulation des liquides dans les tuyauteries, par exemple.

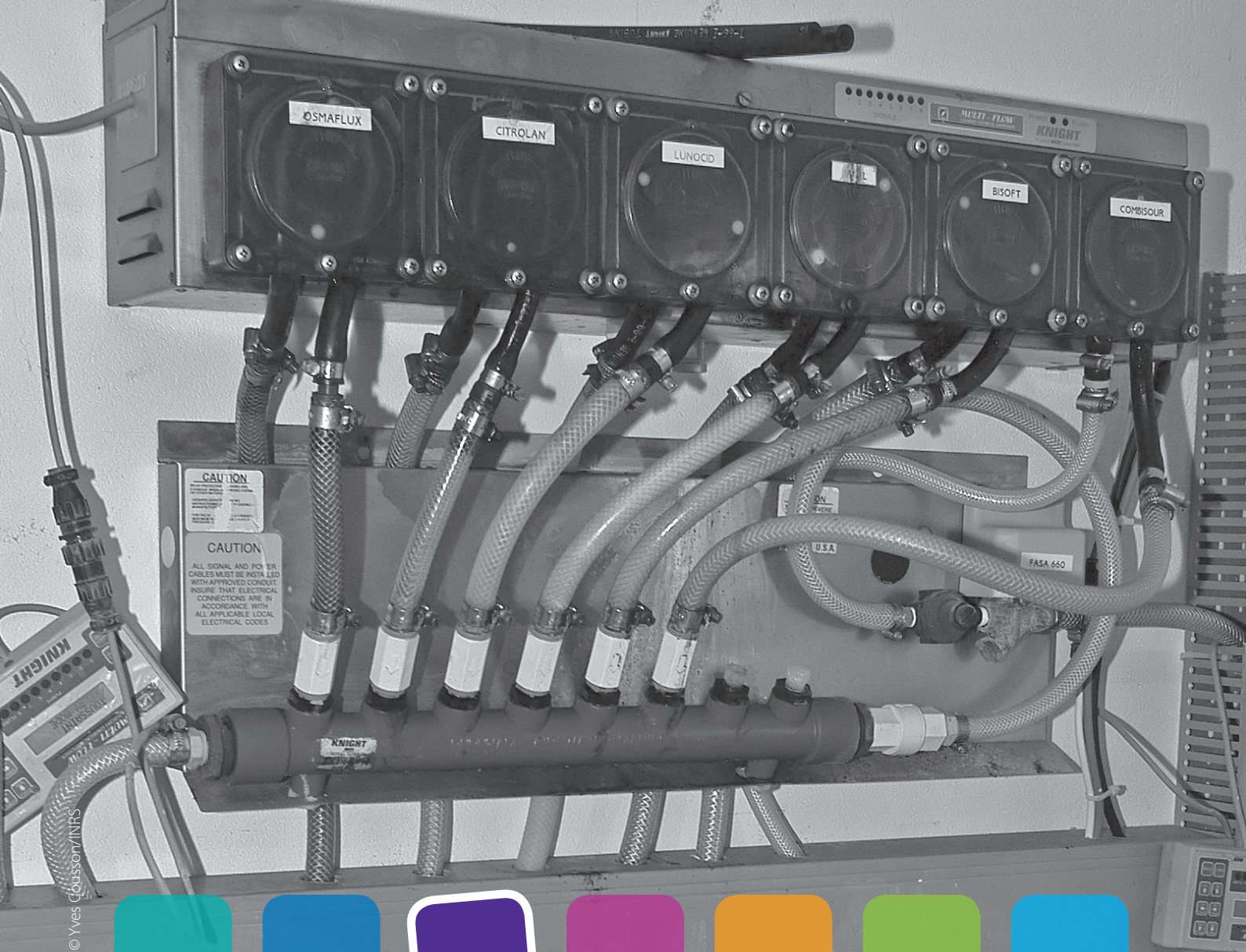
Des équipements électriques inadaptés ou en mauvais état, des défauts d'isolement, des mauvaises liaisons à la terre, des défauts de consignation peuvent être à l'origine d'électrocution, d'incendie ou d'explosion.

2.9 Risques liés aux défaillances des systèmes de commande

La défaillance des systèmes de détection et de surveillance (niveaux des bacs, température de chauffage ou de condensation, mesure de pression...) ou des systèmes de commande peut être à l'origine d'accidents.



© Guillaume J. Plisson pour l'INRS



© Yves Cousson/INRS



DÉMARCHE POUR LE CHOIX D'UN NOUVEAU PROCÉDÉ OU DE MODIFICATION DE PROCÉDÉ EXISTANT

Chapitre 3

Comme dans tout projet industriel, l'installation de nouvelles techniques ou l'adaptation de procédés existants passe par une première étape incontournable : l'identification et l'analyse des besoins et des contraintes internes à l'entreprise, ainsi que des obligations réglementaires. L'annexe I (fiche récapitulative pour le choix d'un procédé de dégraissage/lavage) résume la démarche.

1. Identification des besoins et des contraintes internes

Cette étape consiste à rassembler les informations, propres à l'entreprise, définissant le besoin en nettoyage, telles que :

- l'organisation de la production : les opérations en amont et en aval de l'opération de nettoyage et les contraintes qu'elles imposent,
- les caractéristiques des pièces à dégraisser : dimensions, forme, matériau, quantité, comportement à la chaleur...
- le type de salissure : colle, graisse, fluide d'usinage, pâte à polir...
- les exigences de performance : propreté [au niveau des particules et au niveau des liquides (huile, graisse etc.)], productivité...
- les moyens de dégraissage existants dans l'entreprise (solvants, procédés de types manuels, par machines...),

- les contraintes économiques,
- les critères d'hygiène, de sécurité et d'environnement spécifiques à l'entreprise,
- l'évolution de l'entreprise : objectifs, stratégie, niveau de priorité, nouvelles matières, nouveaux marchés, nouvelles exigences de propreté, nouveau positionnement ou nouvelle image,
- etc.

À ce niveau de l'analyse, il est intéressant de remettre en cause les étapes de dégraissage en se posant la question de sa véritable importance. Dans certains cas, il est en effet possible de supprimer les nettoyages interopérations grâce, par exemple, à l'essorage, à l'égouttage ou à l'innovation technologique des machines (usinages multiples sur une même machine). Cette stratégie, appelée parfois « no clean » permet un gain de productivité et de sécurité.

2. Les obligations réglementaires

2.1 La prévention du risque chimique

Le Code du travail précise les règles de prévention du risque chimique. Ces règles prennent en compte la nature des agents chimiques et leur dangerosité. Elles sont déclinées dans les articles R. 4412-1 à R. 4412-93 (voir aussi encadré 4).

Règles générales de prévention

La mise en œuvre des règles de prévention du risque chimique s'appuie sur les principes généraux de prévention (article L. 4121-2 du Code du travail) à savoir :

- 1 – Éviter les risques.
- 2 – Évaluer les risques qui ne peuvent pas être évités.
- 3 – Combattre les risques à la source.
- 4 – Adapter le travail à l'homme, en particulier en ce qui concerne la conception des postes de travail ainsi que le choix des équipements de travail et des méthodes de travail et de production, en vue notamment de limiter le travail monotone et le travail cadencé et de réduire les effets de ceux-ci sur la santé.
- 5 – Tenir compte de l'état d'évolution de la technique.
- 6 – Remplacer ce qui est dangereux par ce qui n'est pas dangereux ou par ce qui est moins dangereux.
- 7 – Planifier la prévention en y intégrant, dans un ensemble cohérent, la technique, l'organisation du travail, les conditions de travail, les relations sociales et l'influence des facteurs ambiants, notamment les risques liés au harcèlement moral et au harcèlement sexuel, tel qu'ils sont définis aux articles L. 1152-1 et L. 1153-1.
- 8 – Prendre des mesures de protection collective en leur donnant la priorité sur les mesures de protection individuelle.
- 9 – Donner les instructions appropriées aux travailleurs.

Encadré 4

2.1.1 Évaluation des risques

L'évaluation des risques est le préalable de toute démarche de prévention. L'employeur doit prendre en compte, pour cette évaluation, toutes les informations concernant les dangers des agents chimiques dangereux (fiches de données de sécurité et étiquettes des produits chimiques, entre autres), les situations de travail et les expositions potentielles. Les résultats de cette évaluation sont consignés dans le document unique et mis à disposition du médecin du travail, du CHSCT, des délégués du personnel ou, à défaut des personnes exposées à un risque pour leur santé ou leur sécurité dans l'entreprise. La mesure régulière de l'exposition des opérateurs aux agents chimiques dangereux est recommandée (voir encadré 5). L'archivage des valeurs permet le suivi de l'exposition de l'opérateur le long de sa carrière. Elles étayent cette évaluation et permettent de vérifier que les niveaux d'exposition sont les plus bas possibles, inférieurs aux valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP).

2.1.2 Mesures de prévention

Une fois les risques identifiés, les mesures à mettre en œuvre doivent donner la priorité à la suppression ou la substitution des produits et procédés dangereux par d'autres produits ou procédés moins dangereux. Quand ni la suppression, ni la substitution ne sont réalisables, la recherche du niveau d'exposition le plus bas possible à l'aide des mesures de protection collective est la solution à privilégier.

Ces mesures portent notamment sur les circuits fermés, les installations de ventilation, les situations accidentelles, l'hygiène, la signalisation, l'accès limité aux locaux.

Quand les mesures de protection collective sont insuffisantes, le port d'équipements de protection individuelle (EPI) peut être préconisé. Tous les salariés exposés devront en tout état de cause être informés et formés.

2.1.3 Surveillance médicale et maladies professionnelles

L'exposition à certaines substances peut être à l'origine de maladies professionnelles inscrites aux tableaux annexés au Code de la sécurité sociale : pour le régime général, tableaux n° 65 « Lésions eczématiformes de mécanisme allergique » et n° 84 « Affections engendrées par les solvants organiques liquides à usage professionnel » ainsi que n° 12 « Affections professionnelles provoquées par les dérivés halogénés des hydrocarbures aliphatiques ». Une autre obligation de l'employeur est la mise en place d'une surveillance médicale renforcée pour

Valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP)

Elles sont fixées par le Code du travail (art. R. 4412-149 et R. 4412-150).

L'employeur doit s'assurer de leur respect mais le niveau d'exposition doit être aussi bas que techniquement possible. Ces valeurs correspondent aux niveaux de concentration à ne pas dépasser dans l'atmosphère de travail et ne tiennent pas compte de l'exposition cutanée.

Ces valeurs VLEP sont :

→ la VLECT (valeur limite d'exposition à court terme) : c'est la valeur maximale mesurée sur un temps n'excédant pas 15 minutes à laquelle peut être exposé un opérateur sans risque d'effets délétères immédiats ;

→ la VLEP-8 h (valeur moyenne d'exposition) : c'est la valeur moyenne maximale admissible pondérée pour 8 heures par jour.

Le contrôle des VLEP est encadré par les articles du Code du travail R. 4412-27 à R. 4412-31 et R. 4412-76 à R. 4412-80.

Encadré 5

les travailleurs exposés à des agents chimiques pouvant présenter un risque pour la santé (visite médicale au moins tous les 24 mois, attestation d'exposition pour les expositions antérieures au 1^{er} février 2012).

2.1.4 Classification et étiquetage

L'évaluation des risques passe forcément par la connaissance de la classification et l'étiquetage des produits utilisés. La réglementation euro-

Agents CMR (catégorie 1A ou 1B selon le règlement CLP/ catégorie 1 ou 2 selon la réglementation préexistante) **ou** **procédés cancérogènes** (arrêté du 5 janvier 1993 modifié).

Les règles de prévention du risque chimique sont renforcées pour ces agents (article R. 4412-59 à R. 4412-93). Par exemple ces textes imposent l'archivage de l'étude technique justifiant la non-substitution des CMR dans le document unique.

Encadré 6

péenne définit une classification et un étiquetage des produits chimiques dangereux (règlement (CE) n° 1272/2008 dit règlement « CLP » qui remplace les directives 67/548/CEE et 1999/45/CE préexistantes) identifiant les dangers, en particulier les effets cancérogènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction (CMR) (voir tableau 4).

La mise en place du règlement (CE) n° 1907/2006 (dit règlement REACH) a introduit la procédure d'autorisation visant à contrôler les substances extrêmement préoccupantes (voir encadré 7).

Une fois les substances identifiées comme telles, elles sont ajoutées à la liste candidate (<http://echa.europa.eu/fr/candidate-list-table>) des substances susceptibles d'être incluses dans la liste des substances soumises à autorisation (annexe XIV de REACH).

Après recommandation de l'ECHA, la commission décide ou non de les inclure à l'annexe XIV.

L'inscription d'une substance à l'annexe XIV signifie qu'elle sera interdite en Europe après la date d'expiration donnée, à moins qu'une autorisation soit octroyée pour une utilisation donnée. C'est le cas par exemple du trichloroéthylène qui ne pourra plus être utilisé ni mis sur le marché, dès le 21 avril 2016 sans autorisation.

La procédure d'autorisation

Les substances qui peuvent être soumises à autorisation sont celles répondant aux critères énoncés à l'article 57 REACH :

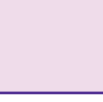
- substances cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction, catégorie 1A et 1B, (règlement CLP) ;
- substances persistantes, bioaccumulables et toxiques (PBT) ou très persistantes et très bioaccumulables (vPvB) ;
- substances de niveau de préoccupation équivalent (exemples : perturbateurs endocriniens, sensibilisants respiratoires) PBT/vPvB.

Encadré 7

Pour en savoir plus

Se référer aux documents suivants sur www.developpement-durable.gouv.fr : « La demande d'autorisation dans Reach » et « Informez-vous sur les substances candidates à l'autorisation dans Reach ».

Tableau 4 • Classification CE des substances cancérogènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction (substances CMR)

RÈGLEMENTATION PRÉ-EXISTANTE				RÈGLEMENTATION CLP			
Classification	Symbole	Phrase de risque	Seuil de classification des mélanges	Classification	Pictogramme	Mention de danger	Seuil de classification des mélanges
Cancérogène catégorie 1 et 2		R45 ou R49	0,1 %	Cancérogène catégorie 1A et 1B		H350 ou H530i	0,1 %
Cancérogène catégorie 3		R40	1 %	Cancérogène catégorie 2		H351	1 %
Mutagène catégorie 1 et 2		R46	0,1 %	Mutagène catégorie 1A et 1B		H340	0,1 %
Mutagène catégorie 3		R68	1 %	Mutagène catégorie 2		H341	1 %
Toxique pour la reproduction catégorie 1 et 2		R60 et/ou R61	0,5 %	Toxique pour la reproduction catégorie 1A et 1B		H360 ou H360F ou H360D ou H360FD ou H360Fd ou H360Df	0,3 %
Toxique pour la reproduction catégorie 3		R62 et/ou R63	5 %	Toxique pour la reproduction catégorie 2		H361 ou H361f ou H361d ou H361fd	3 %



2.2 L'incendie

La prévention des incendies sur les lieux de travail vise essentiellement à assurer la protection des personnes. Le Code du travail reprend les obligations, d'une part, du maître d'ouvrage lors de la conception des lieux de travail ou lors de leurs modifications (articles R. 4216-1 à R. 4216-30 et R. 4216-32 à R. 4216-34) et, d'autre part, de l'employeur utilisateur des lieux de travail (articles R. 4227-1 à R. 4227-41 et R. 4227-55 à R. 4227-57).

D'une manière générale, les objectifs de l'employeur en matière de prévention du risque incendie sont l'évacuation des personnes présentes (ou la mise en sécurité), la limitation de la propagation de l'incendie (extincteurs, désenfumage, etc.) et l'aide à l'intervention des secours extérieurs.

Il faut également garder à l'esprit que l'utilisation des solvants peut être soumise à d'autres réglementations relatives aux installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). En général, les seuils de soumission sont en fonction des quantités de produits utilisés.

Trois rubriques de l'ICPE sont à retenir :

- N° 1432 – Stockage en réservoirs manufacturés de liquides inflammables.
- N° 1433 – Installation de mélange ou d'emploi de liquides inflammables.
- N° 2564 – Nettoyage, dégraissage, décapage de surfaces utilisant des liquides organohalogènes ou des solvants organiques.

2.3 Les atmosphères explosives

L'utilisation de procédés chauffants et de solvants combustibles ou inflammables nécessite une évaluation du risque incendie/explosion.

La prévention des explosions sur les lieux de travail fait l'objet d'une réglementation spécifique, dite réglementation ATEX, qui fait suite à deux directives européennes transposées dans le Code du travail aux articles R. 4227-42 à R. 4227-54 pour la protection des travailleurs. Les points majeurs de cette réglementation sont la délimitation des zones à risque d'explosion et l'utilisation de matériels (non seulement électriques, mais aussi mécaniques, hydrauliques, pneumatiques...) adaptés à ces différentes zones.

Les machines utilisées pour le dégraissage relèvent de la directive « Machine » 2006/42/CE. À ce titre, le fabricant doit prendre toutes les mesures nécessaires pour éviter le risque d'incendie ou d'explo-

sion que présentent la machine elle-même ou les substances qu'elle produit ou utilise.

2.4 L'environnement

La réglementation relative à la protection de l'environnement vise les trois objectifs suivants :

- protéger la couche d'ozone stratosphérique,
- diminuer l'effet de serre,
- réduire les polluants photochimiques, en particulier l'ozone troposphérique formé à partir des émissions d'oxydes d'azote et des composés organiques volatils (COV).

Le principal texte relatif entre autres à la protection de la couche d'ozone est le règlement européen 1005/2009/UE qui a abouti, notamment, à l'interdiction de produire, d'importer et d'utiliser certains solvants halogénés (voir encadré 8).

Les principales mesures de la directive IED

→ **Respect de valeurs limites d'émissions pour chaque installation.**

→ **Mise en place d'un schéma de réduction des émissions (SME) si le flux total d'émissions de COV est inférieur au flux atteint par une application des valeurs limites canalisées et diffuses.**

Les valeurs limites à respecter

→ **Pour les solvants étiquetés* H340, H350, H350i, H360D ou H360F :**

- **si le flux horaire > 10 g/h : valeur limite des rejets = 2 mg/m³.**

→ **Pour les solvants halogénés étiquetés H341 ou H351 ainsi que les solvants de l'annexe III de l'arrêté du 2 février 1998 consolidé :**

- **si le flux horaire > 100 g/h : valeur limite des rejets = 20 mg/m³.**

→ **Pour les autres solvants :**

- **si le flux horaire > 2 kg/h : valeur limite des rejets = 110 mg/m³, flux d'émissions diffuses fixé par arrêté préfectoral ;**

- **si une technique d'oxydation des COV est utilisée : valeur limite des rejets = 20 mg/m³ (50 mg/m³ si le rendement d'épuration est supérieur à 98 %).**

* H340 – Respect de valeurs limites d'émissions pour chaque installation.

H350 – Peut provoquer le cancer.

H350i – Peut provoquer le cancer par inhalation.

H360D – Peut nuire au fœtus.

H360F – Peut nuire à la fertilité.

H341 – Susceptible d'induire des anomalies génétiques.

H351 – Susceptible de provoquer le cancer.

Encadré 8

La directive européenne 2010/75/UE, relative aux émissions industrielles, prévoit des dispositions spéciales applicables aux composés organiques volatils (COV). Ses dispositions ont été transposées dans le Code de l'environnement et l'arrêté du 2 février 1998 modifié. Cet arrêté impose aux installations classées soumises à autorisation d'établir un plan de gestion des solvants (PGS), le respect de valeurs contraignantes d'émissions canalisées et diffuses ou la possibilité de mise en œuvre d'un schéma de maîtrise des émissions. Pour les entre-

prises soumises à déclaration, des arrêtés types par rubrique ICPE intègrent les dispositions de la directive.

3. Choix du couple moyens/produit

Pour toute nouvelle opération de dégraissage ou lorsqu'un changement de moyens ou de produit

Tableau 5 • Couples moyens/produit

Produits	Applications à température ambiante
Aqueux	Peu utilisées <i>Les solutions aqueuses sont peu efficaces à température ambiante. Dans le cas des fontaines biologiques, une température bien précise est nécessaire pour la survie des bactéries.</i>
Inflammables de PE < 60 °C	Utilisables avec précaution <i>L'utilisation à froid de cétones, d'alcools, d'éthers ou d'esters doit être justifiée pour des raisons d'efficacité ; il est en effet préférable d'utiliser des produits de point d'éclair plus élevé.</i> <i>L'utilisation de ce type de produits peut engendrer des risques d'inflammation, d'intoxication ou de pollution de l'atmosphère. Les précautions suivantes doivent être prises :</i> - limiter le travail manuel (risque cutané), - réserver la pratique à des interventions ponctuelles, - déconseiller la pulvérisation, procédé augmentant les risques, - éviter l'accumulation de charges électrostatiques, - caractériser les zones à risques d'explosion (suivant les règles ATEX) et utiliser du matériel adapté aux zones, - éloigner les postes de tout point chaud (four, étuve, poste de soudage...), - mettre en place des systèmes d'aspiration au plus près des points d'émissions de vapeurs de solvants.
Combustibles de PE > 60 °C (type A3)	Utilisables <i>L'utilisation manuelle, en bain ou en machine étanche, à froid, de solvants de point d'éclair supérieur à 60 °C est admissible pour des opérations limitées dans le temps.</i>
Chlorés	Utilisables en machine hermétique <i>Tous les représentants du groupe des solvants halogénés n'ont pas des effets sur la santé aussi importants que le trio trichloroéthylène, perchloroéthylène ou dichlorométhane ou présentent moins de risques lors de leur utilisation. Ceci ne dispense pas l'utilisation des machines maîtrisant efficacement les émissions.</i> <i>Si le perchloroéthylène ou le dichlorométhane sont les seuls choix techniquement possibles, toutes les opérations doivent être effectuées en circuit fermé, étanche type « boîte à gants » (photo 4). Le trichloroéthylène doit être substitué si cela est techniquement possible.</i> 

Photo 4 • Intérieur d'une machine fermée type « boîte à gants ».



© Eric Rambour



est envisagé, il est nécessaire d'entreprendre une étude structurée pour obtenir une solution efficace, pérenne et comportant le moins de risques.

Cette démarche intègre l'étude de l'ensemble des caractéristiques de l'opération à effectuer, de façon à prendre en compte tous les paramètres qui interviennent.

Il faut simultanément s'interroger sur les produits utilisables et sur les moyens de mise en œuvre possibles (couple produit/moyens).

Applications à chaud

Utilisables

Les applications de solutions aqueuses en fontaine, en tunnel, en machine, au jet en cabine ou par immersion peuvent engendrer des risques de brûlures caustiques ou thermiques. Il s'agit donc d'éviter le contact cutané et l'inhalation d'aérosols. On veillera notamment à :

- mettre en place des systèmes d'aspiration si la température est supérieure à 40 °C ou s'il y a formation de brouillards^(*),
- prévenir les risques de projections lors de la préparation des bains (exothermicité des dissolutions) ;
- porter des EPI adaptés (gants, vêtements, écran facial).

Non utilisables

L'utilisation à chaud de solvants de point d'éclair inférieur à 60 °C est à proscrire car le risque d'incendie/explosion est alors permanent, y compris lors d'étapes de chargement, de traitement de déchets.

Exclusivement en machine hermétique

- température de travail > (PE - 15 °C)

L'utilisation de solvants à une température supérieure au point d'éclair diminué de 15 °C doit se faire en machine hermétique dans des conditions prévenant le risque d'incendie/explosion (travail sous vide ou atmosphère inerte, etc.).

- température de travail < (PE - 15 °C)

L'utilisation en machine hermétique (pour diminuer le risque de brûlures thermiques ou les émissions de COV, notamment) est recommandée, l'utilisation manuelle doit être proscrite.

Il est nécessaire de maintenir, durant toutes les phases du procédé la température de travail inférieure au point d'éclair diminué de 15 °C.

Exclusivement en machine hermétique

« en circuit fermé »

À chaud, les solvants chlorés doivent être utilisés en machines hermétiques en raison de leur volatilité.

Il convient de suivre les étapes suivantes :

- évaluer les besoins : types de pièces, huiles utilisées, qualité, exigence du client, matériaux...
- définir un procédé adapté,
- déterminer les mesures de prévention correspondant au couple produit/moyens retenu (type d'équipements complémentaires, aménagement du poste de travail...)
- établir un cahier des charges (voir annexe II),
- consulter des fournisseurs,
- réaliser des essais sur les installations proposées,
- commander le nouveau procédé, couple moyens/produit,
- mettre en œuvre l'installation de lavage,
- réceptionner l'installation.

Pour le choix du procédé adapté, il est recommandé de sélectionner par ordre préférentiel :

- sans nettoyage : dans le cas où l'opération de dégraissage n'est pas nécessaire (réalisée par tradition), ou n'est pas demandée par le client ou par le processus.
- les techniques sans produit chimique, (vibratoires, essorage...)
- l'hydro-dégraissage ou procédés sans solvants organiques,
- les solvants combustibles
- autres procédés.

Compte tenu des contraintes réglementaires (COV, ATEX, CMR), le choix de la solution technique retenue doit être formalisé dans un dossier qui reprend les points énoncés ci-dessus. Dans tous les cas, ce dossier doit permettre de prouver que le couple produit/moyens utilisé est le moins dangereux parmi les procédés adaptés à l'entreprise et disponibles sur le marché.

En cas d'impossibilité à substituer un CMR et à l'utiliser dans des conditions de sécurité satisfaisantes, la sous-traitance ou l'externalisation de ces opérations de dégraissage des pièces peut être envisagée, à condition de confier ces opérations à une entreprise qui maîtrise les risques chimiques et surtout les risques engendrés par l'emploi de produits CMR.

Le tableau 5 propose des possibilités de solutions alliant un moyen et un type de produit, ainsi que quelques mesures de prévention adaptées à chaque cas.

^{*} Se référer au document INRS ED 651 « Cuves et bains de traitement de surface », coll. Guide pratique de ventilation, 2014.

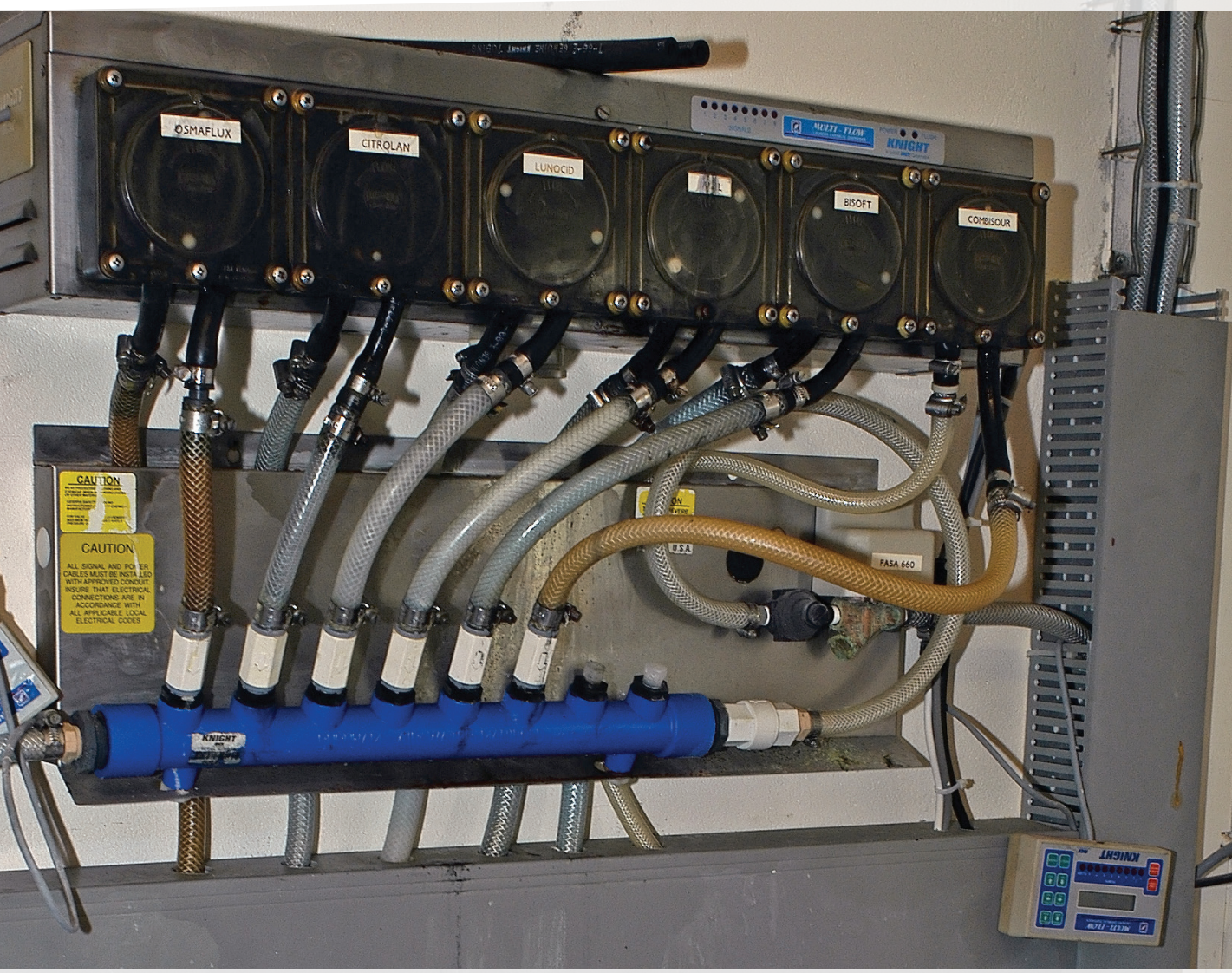
4. L'élaboration du cahier des charges

Après l'évaluation des besoins et des contraintes puis le choix du procédé adapté, avant de lancer une consultation des fournisseurs potentiels, il est nécessaire de définir précisément un cahier des charges. Celui-ci permettra d'obtenir des offres qui répondent aux besoins avec le meilleur engagement des fournisseurs et facilitera ainsi les comparaisons entre les offres. Pour se faire, Il est possible de s'appuyer sur l'exemple donné en annexe II.

5. Réception de la machine

Une des dernières étapes de la mise en place d'un nouveau procédé de dégraissage est la réception de la machine. Cette étape permet de confirmer la cohérence entre l'analyse des besoins, le cahier des charges et le procédé choisi. Elle comprend la documentation associée, les résultats des essais, les certifications. La réception porte également sur l'adéquation des systèmes d'aide à la manutention et au chargement/déchargement de la machine, la nature des systèmes d'alimentation en produits chimiques et de vidange des déchets (circuits fermés, systèmes hermétiques) adaptés aux substances chimiques utilisées, le fonctionnement des systèmes de mise en sécurité avant intervention dans la machine (consignation des énergies, ventilation, dégazage, vidange des bains...).

Photo 5 • Système fermé automatique de dosage de produits





PRÉVENTION DES RISQUES

Chapitre 4

L'évaluation des risques du procédé de dégraissage réalisée annuellement devra tenir compte de l'évolution des connaissances sur la toxicité des produits chimiques utilisés ainsi que de l'évolution de la technologie.

En fonction de cette évaluation des risques, l'entreprise doit prendre des mesures de prévention adaptées.

1. Démarche de prévention

Les principaux axes de la démarche de prévention suite à l'évaluation des risques sont :

- remplacer ce qui est dangereux par ce qui n'est pas dangereux ou par ce qui est moins dangereux. Éviter l'utilisation de procédés ou de produits dangereux lorsqu'un même résultat peut être obtenu avec une méthode présentant des dangers moindres [le remplacement d'un produit cancérigène par un produit moins dangereux, par exemple (voir encadré 9)] ;
- planifier la prévention. Intégrer dans un ensemble cohérent la technique, l'organisation du travail, les conditions de travail, les relations sociales et l'environnement. En cas d'intervention de plusieurs entreprises sur un même lieu, organiser la prévention en commun ;

Substitution ou suppression

La substitution, voire la suppression des agents chimiques dangereux par des solutions moins dangereuses, est une obligation réglementaire. Parmi les agents chimiques dangereux, certains sont CMR. Dès lors qu'il y a mise en œuvre d'un CMR, la substitution de celui-ci doit être un objectif prioritaire dans la démarche de prévention. L'impossibilité de substituer un CMR doit être justifiée, et l'employeur doit être en mesure de le prouver à l'aide notamment d'une étude formalisée.

Encadré 9

■ mettre en œuvre des mesures de protection collective. L'employeur doit donner la priorité aux mesures de protection collective. L'utilisation des équipements de protection individuelle intervient uniquement en complément des protections collectives si elles se révèlent insuffisantes ;

■ donner les instructions appropriées aux travailleurs, nécessaires à l'exécution de leurs tâches dans des conditions de sécurité optimales. Il s'agit notamment de leur fournir les éléments nécessaires à la bonne compréhension des risques encourus et ainsi de les associer à la démarche de prévention.

2. Ventilation

Dans les cas où la substitution et l'emploi de machines hermétiques ne sont pas possibles ou suffisants, une des mesures de protection collective la plus souvent adaptée pour réduire les expositions est la mise en place de systèmes de ventilation.

Les différentes techniques utilisables pour la ventilation des ateliers peuvent se classer en deux catégories : la ventilation générale et le captage localisé (ventilation locale par aspiration à la source).

La ventilation générale opère par dilution des polluants à l'aide d'un apport d'air neuf dans le local de travail, de manière à diminuer les concentrations des substances dangereuses pour les amener à des valeurs aussi faibles que possible.

La ventilation locale par aspiration à la source consiste à capter les polluants au plus près de leur source d'émission, avant qu'ils ne pénètrent dans la zone des voies respiratoires des travailleurs et ne soient dispersés dans l'atmosphère du local. Ceci rend donc en général la ventilation locale plus efficace et préférable à la ventilation générale.

Les sources d'émission doivent être identifiées et hiérarchisées pour concevoir la ventilation appropriée. Généralement, la ventilation locale est mise en œuvre par :

- captage localisé des ouvertures à émission de solvants (hublots, trappes de filtres, trappes de vidange de boues...) ;
- rejet à l'extérieur des effluents émis par le séchage des filtres à copeaux par dépression (tirage au vide).

3. Formation de personnel

La mise en œuvre d'un nouveau procédé de lavage doit être accompagnée d'une formation spécifique qui devra contenir les points suivants :

- une information du personnel à propos des risques dans les différentes phases de fonctionnement, de maintenance et en cas d'incidents ;

- une formation à l'utilisation et à la maintenance du procédé en sécurité. Cette formation doit, par conséquent, intégrer un volet présentant les moyens de prévention des risques intégrés ou associés au procédé, les moyens de détection des dysfonctionnements et la conduite à tenir en cas de dysfonctionnement ou d'incident. Cette formation permettra, notamment, de faire une présentation des éléments incontournables présents dans la documentation technique que le fournisseur transmet à l'entreprise.

Photo 6 • Dégraissage manuel



© Grégoire Maisonneuve pour l'INRS



© Gaël Kerbaol/INRS



CONCEPTION DU POSTE DE TRAVAIL : PRESCRIPTIONS DE SÉCURITÉ

Chapitre 5



L'employeur à l'obligation de mettre en service des machines conformes à la réglementation encadrant la mise sur le marché des machines et de les maintenir en état de conformité. Les machines neuves mises sur le marché depuis le 29 décembre 2009 doivent ainsi être conformes aux exigences essentielles de santé et sécurité prévues par l'annexe I de la directive Machines, 2006/42/CE, transposée en droit français par les articles L. 4311-1 et 5 et R. 4311-1 et suivants du Code du travail. L'acquisition d'une machine doit donc faire l'objet d'une démarche méthodique qui est présentée dans la fiche pratique de sécurité INRS ED 103 « Réussir l'acquisition d'une machine ou d'un équipement de production ».

Les risques particuliers relatifs aux machines à dégraisser font l'objet de préconisations présentées de manière non exhaustive dans la suite de ce chapitre.

La série de normes harmonisées d'application volontaire NF EN 12921-1 à 4 « Machines de nettoyage et de prétraitement de pièces industrielles utilisant des liquides et des vapeurs » est une aide technique pour la conception de ces machines afin d'atteindre la présomption de conformité à la directive machines 2006/42/CE.

Les quatre parties de cette norme européenne concernent respectivement :

Partie 1. Prescriptions générales de sécurité.

Partie 2. Sécurité des machines utilisant des liquides de nettoyage à base aqueuse.

Partie 3. Sécurité des machines utilisant des liquides de nettoyage inflammables.

Partie 4. Sécurité des machines utilisant des solvants halogénés.

L'application de ces normes permet au fabricant de garantir un niveau minimum de sécurité. L'attestation CE de conformité doit être obligatoirement fournie par le fabricant et mentionner les normes utilisées.

1. Prescriptions générales de sécurité

Les différentes machines de dégraissage utilisant des liquides ou des vapeurs présentent des phénomènes dangereux communs. En effet, les installations concernées peuvent comporter les équipements ou composants suivants :

- des pompes d'alimentation ou de recirculation,
- des fluides,
- des systèmes d'aspiration ou de ventilation,

- des systèmes de chauffage ou de condensation,
- des filtres ou séparateurs liquide/liquide,
- des systèmes de contrôle/commande plus ou moins sophistiqués,
- des convoyeurs,
- des appareils de manutention,
- des robots,
- etc.

Le procédé de dégraissage doit être choisi en veillant à la compatibilité chimique entre le solvant envisagé, la nature de la salissure et les matériaux de la machine. Tout changement de solvant doit faire l'objet d'une étude incluant des essais de compatibilité fluides de coupe/salissures et solvant, l'avis du fabricant de la machine et l'assurance de la compatibilité entre le produit et la machine.

Les dimensions de la machine seront déterminées en fonction de celles des pièces ou des paniers, de leur masse et de la productivité demandée.

1.1 Risques mécaniques

Une attention particulière doit être portée sur les risques mécaniques et notamment l'accès aux éléments mobiles pouvant être source d'écrasement, coupure, cisaillement... Les couvercles, les portes et les protections seront de préférence coulissants ou, à défaut, articulés et si possible équilibrés pour éviter tout risque de coincement ou de sectionnement. Leur ouverture devra asservir le fonctionnement de la machine. Sur les machines à alimentation mécanisée, les portes d'accès seront munies



Photo 7 • Aide au levage des paniers à pièces

de dispositifs de verrouillage de sorte que leur ouverture provoque l'arrêt du transfert des pièces. Des prescriptions techniques de conception et des mesures de sécurité spécifiques à ces machines sont décrites dans les normes NF EN 12921-1 à 4.

1.2 Risques thermiques

La prévention du risque de brûlure thermique sera basée sur :

- la limitation de la température de chauffe,
- la présence de systèmes de régulation de température,
- la présence d'alarmes de température haute,
- l'isolation de la machine pour obtenir une température de paroi non dangereuse (inférieure à 60 °C),
- la présence d'écrans ou de barrières sur les machines automatisées,
- le port d'EPI en cas de risque de projection, de pulvérisation ou de chute d'objet.

1.3 Risques liés au bruit

Les machines doivent être conçues de façon à minimiser le bruit, notamment en installant certains de leurs éléments sur des supports antivibratiles ou en isolant les tuyauteries.

Lorsque l'agitation du bain de dégraissage est assurée par ultrasons, le risque lié au bruit peut exis-

ter non seulement dans le domaine audible, mais aussi dans le domaine inaudible.

1.4 Risque électrique

L'appareillage électrique doit être conforme aux règles en vigueur ; les masses doivent notamment être interconnectées entre elles et reliées à la terre. L'équipement électrique de la machine ne doit pas comporter de pièces nues sous tension directement accessibles par les opérateurs.

En cas de dysfonctionnement de la machine, seule une personne qualifiée et habilitée pourra intervenir sur l'équipement électrique de la machine.

1.5 Risques liés au produit. Prévention des fuites, des écoulements et des émissions

L'alimentation, la remise à niveau en solvants neufs et l'évacuation des effluents liquides sont effectuées en circuit fermé par pompage, par aspiration ou par gravité. L'utilisation de fûts sécurisés pour le transport et le stockage des solvants les plus dangereux est recommandée.

Les principales caractéristiques d'un fût sécurisé sont :

- un surfût contenant le fût de solvant assurant une protection, afin d'éviter les chocs et le percement du fût,
- un couvercle assurant l'étanchéité lors du transport et de la manutention,
- une structure intégrant le passage des fourches pour les engins de manutention.

Par ailleurs, les liaisons entre les fûts (alimentation et déchets) et la machine seront étanches, assurées notamment par des raccords rapides. Des systèmes de clapets de sécurité, installés sur les fûts, permettront d'éviter, suivant le cas, leur mise en dépression ou surpression.

Les égouttures avant traitement (huile de coupe généralement) des pièces doivent être collectées afin d'éviter les risques de glissade.

Pour les opérations de dégraissage à froid, des égouttures de produits de lavage doivent être réduites autant que possible et récupérées.

Pour les opérations de dégraissage à chaud, la conception de la machine doit permettre le séchage des pièces, afin d'éviter toute émission de vapeurs. Par principe, aucune égoutture ne devra être produite après traitement. On respectera, en



© Carsat Rhône-Alpes

Photo 8 • Fût sécurisé. Il existe différentes marques de fûts sécurisés selon les fournisseurs de produits



© Carsat Rhône-Alpes

Photo 9 • Raccord rapide pour fût de solvant

particulier, des temps de séchage nécessaires dans la programmation en fin de cycle de lavage. Si un des organes de la machine est susceptible de créer une surpression, des systèmes de décharge de surpression localisés dans des endroits sûrs doivent

être prévus. L'émission de vapeurs et polluants impose un système de ventilation adapté au procédé et à l'environnement de travail.

La concentration en polluants au poste de travail doit être la plus faible possible. La limitation de la concentration dans l'atmosphère de travail à une valeur inférieure à 0,1 VLEP-8 h autour de la machine en fonctionnement, permet de limiter les atteintes à la santé du personnel.

Lors de l'utilisation, la dégradation (acidification...) du produit de lavage (solvants halogénés, hydrocarbures...) peut engendrer une corrosion de la machine qui, par la suite, peut amener à des fuites et des émissions de produits dangereux. Les produits doivent être renouvelés périodiquement et l'état de la machine doit être inspecté pour détecter les débuts de corrosion.

1.6 Risques liés aux manutentions manuelles

Les opérations de dégraissage peuvent engendrer de nombreuses manipulations de pièces, de paniers, de charges lourdes en entrée et en sortie de machine.

Les pièces seront manipulées avec des moyens appropriés afin d'empêcher l'opérateur de se blesser ou d'exercer des efforts physiques ex-



© Carsat Rhône-Alpes

Photo 10 • Table élévatrice et convoyeur de panier à pièces

cessifs ou répétitifs qui peuvent être à l'origine de maladies professionnelles du type troubles musculo-squelettiques (TMS). Les moyens les plus courants sont : tables élévatrices, convoyeur avec chargement automatique, pinces sur potence...

2. Recommandations spécifiques aux machines lessivielles

2.1 Risque de brûlure chimique

Les phases de dilution, d'ajout de produit ou de vidange des cuves, engendrent des risques de contact cutané avec les produits corrosifs des solutions lessiviellles.

Les moyens de prévention seront l'utilisation de circuits fermés (pompes de remplissage pour les produits, trémies d'introduction ou alimentation par vis pour les poudres), la formation des opérateurs à ce risque spécifique, ainsi que le port d'EPI adaptés pour des opérations de courte durée.

En cas de risque d'exothermicité lors de la préparation des solutions (introduction de soude par exemple), toutes les précautions seront prises pour éviter la projection de produit corrosif, par exemple : utilisation d'une cuve de profondeur suffisante, capotage de la cuve.

Les produits incompatibles, destinés à des cuves différentes par exemple, doivent être séparés et posséder leur propre circuit d'alimentation et de soutirage (tuyaux identifiant la nature du produit (marquage et couleur), cadenassage spécifique de bouchons...) (voir ED 794)⁽⁷⁾.



© Vincent Gremllet pour l'INRS

Photo 11 • Machines lessiviellles multicuve et par aspersion

Aide à la manutention

Les pièces seront manipulées avec des moyens de manutention appropriés, afin d'empêcher l'opérateur d'exercer des efforts physiques excessifs. En particulier, la manutention de masse supérieure à 20 kg doit être mécanisée. Ces équipements sont soumis à des vérifications réglementaires spécifiques, notamment lors de leur mise en service, périodiquement et après toute réparation concernant un organe essentiel de l'appareil.

Encadré 10

En cas de pulvérisation, un système de coupure de la pompe est prévu lors de l'ouverture des portes ou du capot pour prévenir le risque de projection de liquide de nettoyage vers l'opérateur.



© Vincent Gremllet pour l'INRS



2.2 Risque d'inhalation des aérosols et vapeurs

Pour les tunnels et cuves ouvertes, il convient d'appliquer les mesures de prévention du guide de ventilation ED 651 de l'INRS⁽⁸⁾ qui concerne la ventilation des bains de traitement de surface.

Si la machine utilisée est fermée mais que subsiste un risque de présence de vapeurs lors de l'ouverture des portes, des systèmes d'aspiration et de ventilation seront prévus.

2.3 Risque incendie/explosion

Ce risque peut intervenir dans des cas très spécifiques lorsqu'il y a possibilité, lors du processus de dégraissage, de dégagement d'hydrogène ou si des hydrocarbures ou des liquides inflammables sont introduits par les pièces à nettoyer. Dans ce dernier cas, la couche supérieure du liquide doit être éliminée en continu (système d'écumage). Une ventilation adaptée est dans tous les cas indispensable.

3. Recommandations spécifiques aux machines utilisant des solvants halogénés

L'utilisation de solvants chlorés ne peut être envisagée qu'en machine hermétique. D'autres solvants halogénés (HFE par exemple) peuvent être utilisés dans des machines hermétiques, voire a minima capotées et ventilées avec les réserves présentées dans ce chapitre.

3.1 Prévention des fuites liquides et des émissions de vapeur

Tous les organes de la machine doivent être sécurisés pour éviter toute émission de vapeur ou toute fuite liquide de solvants, qu'elle soit accidentelle ou fugitive.

Toutes les machines seront équipées d'un point de remplissage en solvant neuf et d'un point de vidange du solvant usé, munis au moins d'une vanne

7. Voir document INRS ED 794 « Ateliers de traitement de surface. Guide d'identification des cuves, canalisations et équipements ».

8. Voir document INRS ED 651 « Cuves et bains de traitement de surface », coll. Guide pratique de ventilation n° 2.

9. La valeur de 1 g/m³ correspondant à la VLCT (Valeur limite d'exposition professionnelle court terme) du trichloroéthylène.

et d'un bouchon (ou équivalent) permettant l'alimentation et le soutirage en circuit fermé. La cuve de distillation sera équipée d'un raclage de boues automatique, qui permettra la vidange totale de la cuve.

3.1.1. Machines hermétiques

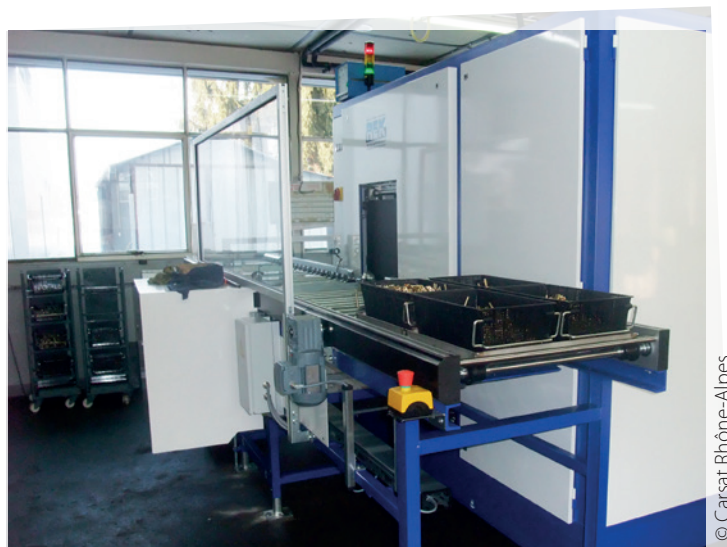
Ces machines doivent être équipées d'un procédé de séchage des pièces intégré (air chaud, séchage sous vide...) permettant la sortie des pièces exemptes de solvant résiduel (photo 12).

En fin de cycle ou lors d'un incident sur la machine, l'ouverture de la porte de la chambre de travail ne doit être possible que si la concentration en solvant dans la chambre de travail est inférieure à 1 g/m³ ou à la VLCT⁽⁹⁾ du solvant si celle-ci est inférieure à 1 g/m³.

Cette concentration peut être mesurée par une sonde reliée à un analyseur (infrarouge par exemple). La sonde doit être étalonnée périodiquement suivant les indications du constructeur.

Si cette absence de solvant résiduel est obtenue techniquement par la mise sous vide de la chambre de travail et le maintien de ce vide pendant une durée fixée, le contrôle de la concentration peut être effectué par la mesure de pression dans la chambre de travail, moyennant un étalonnage de la sonde et sa vérification régulière selon les indications du fabricant et au moins une fois par an.

Toutes les sorties d'air de la machine doivent être connectées à un système d'épuration et l'air épuré rejeté à l'extérieur. Le recyclage d'un air même épuré ne doit pas être réalisé, afin d'éviter toute pollution accidentelle de l'atelier.



© Carsat Rhône-Alpes

Photo 12 • Machine hermétique à alimentation automatisée



Photo 13 • Sortie d'air raccordée sur l'extérieur

On veillera à ce que la conception de la machine et de ses équipements permette les interventions habituelles de maintenance (remplacement ou nettoyage des filtres, élimination des boues du distillateur...) sans émission de vapeurs. Dans le cas contraire, des dispositifs de captage et d'épuration seront à prévoir.

3.1.2 Cuves ouvertes en machines capotées

Ces machines ne sont pas adaptées, d'un point de vue prévention, à l'utilisation des solvants chlorés car ces procédés engendrent des émissions significatives de vapeurs de solvants dans l'atmosphère de travail. Néanmoins, certains fabricants les proposent pour des situations particulières (mélange

avec HFE, HFO, HFC...). En cas d'utilisation d'un co-solvant ou de différents solvants dans plusieurs cuves, une attention particulière sera portée sur la nature des produits. S'il s'agit de liquides combustibles ou inflammables, on se reportera au prochain chapitre « Recommandations spécifiques aux machines utilisant des solvants inflammables et combustibles ».

Nos recommandations pour ce type de machine sont les suivantes : un système de condensation (serpentin ou autre) garantissant la condensation intégrale des vapeurs émises par les solvants dans les cuves.

En cas de défaut de condensation, un système de coupure de la chauffe est prévu.

La hauteur de la zone de refroidissement doit être supérieure à celle des pièces à dégraisser ou du panier les renfermant, en laissant subsister une zone de garde suffisamment dimensionnée. La hauteur de la zone de franc-bord (zone de refroidissement + zone de garde) sera au minimum égale à 0,75 fois la largeur (plus petit côté) de la cuve.

Des dispositifs doivent assurer le contrôle du débit et de la température du fluide de refroidissement alimentant le système de condensation. Un thermostat de sécurité placé dans le condenseur, au-dessus de la zone normale de condensation des vapeurs, doit provoquer la coupure du chauffage en cas de défaut de condensation. Une lèvre aspirante périphérique, placée sur le rebord supérieur de la cuve, doit assurer le captage des vapeurs non condensées.

Les cuves ouvertes doivent systématiquement être intégrées dans une enceinte fermée et ventilée (capotage) afin de limiter au maximum l'exposition des utilisateurs aux vapeurs de solvant. Un système d'épuration de l'air capté peut également s'avérer nécessaire avant son rejet à l'extérieur, pour satisfaire aux exigences environnementales.

Afin de limiter l'effet piston ou l'entraînement de gouttelettes de solvants, la vitesse de translation des pièces doit être limitée à 6 m/min et leur vitesse verticale à 3 m/min.

À l'arrêt de la machine, le fonctionnement des systèmes de condensation et de captage des vapeurs doit être maintenu en service jusqu'à ce que la température du solvant revienne à la température ambiante.

La cuve ou le capotage de la machine doit être maintenu fermé par un couvercle ou par des portes en période d'inactivité.



Photo 14 • Machine à cuves ouvertes capotée



Même à température ambiante, certains solvants très volatils (cas des HFE, HFC ou HFO) peuvent continuer à émettre des vapeurs dans le capotage de la machine. Le système de ventilation devra, par conséquent, induire en permanence un renouvellement minimum du volume d'air interne au capotage, afin d'éviter l'accumulation des vapeurs et l'émission de celle-ci au final en dehors du capotage dans l'atmosphère de l'atelier. Une autre solution est la fermeture étanche des cuves.

Par ailleurs, toute intervention à l'intérieur de ce type de machine doit suivre les règles de prévention définies pour les interventions en espace confiné⁽¹⁰⁾.

3.2 Risque de réactivité chimique

Le matériau des cuves et de tous les équipements annexes en contact avec les vapeurs, doit résister à la présence éventuelle d'acide chlorhydrique dans le cas de solvants chlorés ou de salissures chlorées pouvant provoquer une acidification du solvant. Il faut alors préférer un acier inoxydable de bonne qualité. Le niveau de stabilisation du solvant doit être adapté aux conditions d'utilisation. Un suivi qualitatif régulier du solvant recyclé (pH et acceptation acide ou réserve d'alcalinité de la solution) permet de contrôler la présence de stabilisants en quantités suffisantes.

On interdira la présence de flamme nue ou de points chauds à proximité de machines à solvants chlorés, afin d'éviter la décomposition des solvants (risque de création d'acide chlorhydrique, d'oxyde de carbone, de phosgène, de chlore...).

La température d'ébullition du solvant augmente avec la concentration en salissures. Aussi, la température doit-elle être contrôlée et régulée, afin d'éviter la surchauffe et la dégradation du solvant. Ce système de régulation doit tenir compte de tous les apports calorifiques. La capacité de chauffe doit être limitée à 4 W/cm².

De plus, les machines doivent comporter un système de contrôle de niveau bas, afin d'éviter l'émergence des éléments chauffants.

Lors de la distillation du solvant, l'eau, éventuellement introduite dans la machine par les pièces à nettoyer par exemple, sera éliminée en continu.

10. Voir document INRS ED 6184 « Les espaces confinés. Assurer la sécurité et la protection de la santé des personnels intervenants », 2014.

Les particules ou copeaux de métaux (principalement de métaux légers) doivent être éliminés en continu, à l'aide de filtres par exemple, afin d'éviter leur accumulation et leur éventuelle réaction avec le solvant.

4. Recommandations spécifiques aux machines utilisant des solvants inflammables et combustibles

Les solvants inflammables ou combustibles doivent être utilisés en machine hermétique, excepté quelques cas particuliers où l'utilisation en machine ouverte ou fontaine peut être tolérée. Il s'agit des utilisations de faibles quantités, de courtes durées, à froid et sous réserve de la présence de systèmes de ventilation adaptés.

Dans tous les cas il faut :

- définir les différentes zones à risque d'explosivité dans la machine et son environnement ;
- supprimer toute source d'inflammation susceptible de déclencher un incendie ou une explosion dans les zones à risque (flamme nue, points chauds tels postes de soudage, fours de traitement thermique...) ;
- prévenir les risques inhérents aux décharges d'électricité électrostatique, par exemple, en installant des liaisons équipotentielles et lieux de mise



© Guillaume J. Plisson pour l'INRS

Photo 15 • Machine hermétique utilisant un solvant combustible (solvant A3)

à la terre du bâti de la machine, ou en limitant la vitesse de circulation des fluides dans les tuyauteries. La création d'étincelles provoquées par les parties métalliques en mouvement ou en frottement sera limitée ;

- limiter les équipements (électriques et non électriques) dans les zones à risque d'explosion et les adapter au classement de la zone.

4.1 Dégraissage à froid

À froid (c'est-à-dire sans apport de calories), on choisira préférentiellement des solvants de point d'éclair supérieur à 60°. La température d'utilisation est ainsi inférieure d'au moins 15 °C au point éclair.

L'utilisation d'un solvant peu volatil devra être privilégiée.

La formation de brouillard doit être évitée. Le séchage à la soufflette est donc proscrit. La pulvérisation de liquide est déconseillée mais peut, cependant, être admise si la pression de la buse est inférieure à 70 kPa (recommandation issue de EN 12921-3).

L'usage de solvant implique la mise en place d'un poste adapté : confinement de la zone de dégraissage et aspiration des vapeurs émises.

4.2 Dégraissage à chaud

4.2.1 Prévention de la formation d'une atmosphère explosible

La principale prévention du risque d'incendie/explosion est basée sur le choix du solvant (dont le point d'éclair doit être le plus élevé possible) et sur la prise en compte de la température de travail nécessaire pour accomplir la tâche.

À chaud, on choisira de préférence des solvants de point d'éclair supérieur à 60 °C, qui seront utilisés en machine hermétique.

La pulvérisation de liquides inflammables à chaud est proscrite en machine ouverte. Cette pratique, augmentant le risque, peut cependant être admise en machine hermétique.

Plusieurs approches de la prévention du risque incendie-explosion existent :

- Limitation de la température d'utilisation : si la prévention est basée sur la limitation de la température de travail, on aura soin de toujours respecter le concept suivant :

Température d'utilisation < Point d'éclair -15 °C

Nota

Il faudra apporter une attention accrue aux mélanges d'hydrocarbures et de solvants ininflammables (solvants halogénés par exemple) qui peuvent avoir un point d'éclair masqué ou non mesurable. Dans ce cas, le point éclair à prendre en compte est le point éclair du composé inflammable.

Si le mélange est composé de deux solvants inflammables, c'est le point éclair du composé le plus inflammable (le plus bas) qui doit être pris en compte.

La température de travail tiendra compte de tous les apports extérieurs (échauffement lié à l'utilisation d'ultrasons ou d'agitateurs mécaniques, aux frottements de pièces métalliques, à l'apport de pièces chaudes, ambiance thermique...).

Il faudra s'assurer que les sondes de mesure de température sont adaptées aux conditions de dégraissage (solvant, température...) et correctement positionnées. Un contrôle régulier des sondes de température sera effectué (au moins une fois par mois).

Une alarme de température haute, positionnée au seuil de la température limite, déclenchera la mise en sécurité de la machine avec, obligatoirement, la coupure du système de chauffe et la possibilité de refroidir la chambre de travail.

- Travail sous vide : la prévention du risque incendie/explosion peut être obtenue par un dégraissage sous une pression qui ne pourra pas, dans ce cas, excéder 10 kPa (pression absolue) (recommandation issue de la norme EN 12921-3).

Les capteurs de pression seront adaptés aux conditions de dégraissage (solvant, température...) et correctement positionnés. Un contrôle régulier de ces capteurs sera effectué (selon les recommandations du constructeur et au moins une fois par an pour l'étalonnage).

Une alarme de pression haute, réglée à une valeur inférieure ou égale à 10 kPa, déclenchera la mise en sécurité de la machine.

L'air extrait du système de vide doit être épuré et rejeté à l'extérieur. Le recyclage dans l'atelier d'un air, même épuré, ne doit pas être retenu.

- Inertage de la chambre de travail : une autre mesure de prévention peut se substituer ou être ajoutée aux concepts de limitation de la température et de travail sous vide. Il s'agit de remplacer l'oxygène contenu dans l'air de la chambre de travail



par un gaz d'inertage (souvent de l'azote) jusqu'à une concentration en oxygène inférieure à 7 % volumique⁽¹¹⁾.

Dans ce cas, un système de détection de débit et de pression est prévu sur l'alimentation en gaz d'inertage. La concentration en oxygène doit être surveillée par une sonde qui sera vérifiée et étalonnée régulièrement (suivant les recommandations du constructeur et au moins une fois par an).

Toutes les purges de gaz doivent avoir une concentration en vapeurs inflammables inférieure à 25 % de la LIE⁽¹²⁾ et être rejetées, après épuration, à l'extérieur.

Toute maintenance dans la machine doit faire l'objet d'une vérification de la concentration en oxygène qui doit être ramenée à plus de 19 % avant intervention humaine. Cette vérification doit être faite aussi dans le cas de l'ouverture des différentes trappes/hublots après un inertage avec un gaz.

4.2.2 Prévention des fuites liquides ou des émissions de vapeurs

Ces machines doivent être équipées d'un procédé de séchage des pièces intégré (air chaud, séchage sous vide...) permettant la sortie des pièces exemptes de solvant résiduel.

En fin de cycle ou lors d'un incident sur la machine, l'ouverture de la porte de la chambre de travail ne doit être possible que si la concentration en solvant dans la chambre de travail est inférieure à 1 g/m³ ou à la VLEP court terme du solvant si celle-ci est inférieure à 1 g/m³.

Cette concentration peut être mesurée par une sonde reliée à un analyseur (infrarouge par exemple). La sonde doit être étalonnée périodiquement suivant les indications du constructeur. Si cette absence de solvant résiduel est obtenue techniquement par la mise sous vide de la chambre de travail et le maintien de ce vide pendant une durée fixée, le contrôle de la concentration peut être effectué par la mesure de pression dans la chambre de travail, moyennant un étalonnage de la sonde et sa vérification régulière selon les indications du fabricant et au moins une fois par an.

Toutes les sorties d'air de la machine doivent être connectées à un système d'épuration et l'air épu-

ré rejeté à l'extérieur. Le recyclage d'un air, même épuré, ne doit pas être retenu.

On veillera à ce que la conception de la machine et ses équipements permettent les interventions habituelles de maintenance (nettoyage ou changement des filtres, élimination des boues du distillateur...) sans émissions de vapeurs. Dans le cas contraire, des dispositifs de captage et d'épuration seront à prévoir.

4.2.3 Prévention de la formation de substances explosives

Lors de leur régénération, les solvants souillés ne doivent pas être distillés à sec (le mélange chauffé pour la distillation doit être liquide) afin d'éviter :

- la formation de peroxydes explosifs en présence de produits oxygénés, non seulement dans le solvant initial, mais aussi dans les salissures ;
- la modification de la composition du solvant (diminution de la concentration des stabilisants par exemple).

4.2.4 Prévention des dommages

La machine doit résister à une explosion interne et limiter la projection de pièces contondantes. Aussi, les éléments constitutifs de la machine doivent-ils résister à une pression correspondant à dix fois la pression de service.

Si les autres mesures mises en place ne fournissent pas un niveau de sécurité suffisant, les dommages possibles dus à une explosion doivent être réduits par au moins une des mesures suivantes : conception résistant à l'explosion, mise en place d'évents d'explosion, de systèmes de suppression d'explosion ou contre la propagation de flamme ou de l'explosion.

La distillation interne des solvants usés doit être appréhendée dès la conception de l'installation car, dans certains cas, des problèmes peuvent survenir lors du traitement du solvant (formation de mousse par exemple).

11. Valeur déterminée par la norme EN 12921-3.

12. La LIE est la limite inférieure d'explosivité qui correspond à la concentration minimale en vapeurs de solvants combustibles dans l'air pouvant exploser en présence d'une source d'inflammation..



INSTALLATION

Chapitre 6

L'étude des conditions d'implantation est indispensable, afin d'adresser tous les aspects du fonctionnement et de sécurité : accès, ventilation, incendie/explosion, exploitation, coactivité...

1. Implantation

Il est souhaitable que s'établisse un dialogue entre l'utilisateur et le constructeur afin de prendre en compte les contraintes du site d'implantation et celles relatives à l'exploitation de la machine.

La machine doit être positionnée sur un sol stable en respectant les contraintes de la charge au sol.

Elle doit être installée loin d'une source chaude telle que four de traitement thermique, étuve, poste de soudage, système de chauffage, etc., notamment lors de l'utilisation de solvants inflammables, combustibles ou de produits chlorés.

L'accessibilité de la machine pour les opérateurs et les produits (notamment pour le remplissage de réservoirs, le changement de filtres, la maintenance ou le contrôle des organes de la machine...) doit être assurée.

Le risque de chute des opérateurs dans les cuves ouvertes doit être prévenu en disposant ces dernières de sorte que leur rebord supérieur soit à au moins un mètre au-dessus du sol ou de la plateforme de travail.

2. Aération/ventilation

L'emplacement nécessaire pour le captage localisé des vapeurs ou fumées doit faire partie du projet, si nécessaire en fonction du type de machine et de l'analyse des risques.

Une ventilation générale de l'atelier est très souvent nécessaire pour assurer en toutes circonstances l'assainissement du local.

3. Aire d'exploitation et d'accès

Une aire de stockage suffisante doit être réservée près de la machine à dégraisser pour déposer les pièces ou les paniers de pièces nécessaires à l'approvisionnement de la machine, ainsi que les pièces traitées. Cette aire doit être dimensionnée de manière à tenir compte des à-coups inévitables de flux de fabrication.

La machine doit être protégée d'éventuels chocs par des engins de manutention en séparant clairement les voies de circulation et en prévoyant des protections (rambardes par exemple).

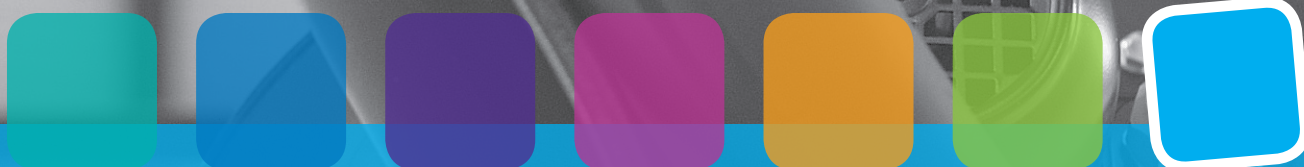
4. Prévention des fuites

Le sol, sur lequel risque d'être déversé accidentellement du solvant, doit être muni d'un revêtement étanche et résistant aux produits déversés. Il est aménagé de façon à diriger tout écoulement vers un bassin de rétention étanche. Cette rétention doit être dimensionnée de manière à pouvoir contenir au moins tout le volume de solvant utilisé dans la zone. Il s'agira non seulement de prévoir des rétentions pour l'emplacement de la machine, mais aussi pour les zones de stockage de solvants.

Tous les effluents gazeux, qu'ils soient accidentels ou permanents, doivent être rejetés à l'extérieur après un traitement approprié (sur charbon actif, par absorption ou adsorption par exemple).

5. Incendie/explosion

Des systèmes ponctuels d'extinction peuvent être judicieusement installés au-dessus ou à proximité des machines où existe un risque d'incendie/explosion.



EXPLOITATION ET MAINTENANCE

Chapitre 7

1. Gestion des changements

L'opération de dégraissage allie un type de solvant à une machine spécifique. Le changement de famille de solvants, ou même de solvant au sein d'une famille, ou encore de fournisseur, doit faire l'objet d'une analyse de compatibilité et de risques, en collaboration étroite avec le fournisseur de la machine. En effet, des problèmes de corrosion des cuves de traitement peuvent apparaître en cas de mauvais choix du solvant. Un changement de solvant peut nécessiter une modification des caractéristiques de la machine (puissance de chauffe, capacité de refroidissement, instrumentation...), afin de maintenir les niveaux d'opérabilité et de sécurité.

Il ne faut pas utiliser de produits régénérés ou souillés, sauf si la qualité (composition, niveau de stabilisation pour les solvants chlorés...) peut être garantie par analyse.

Le changement de matière des pièces à dégraisser ou de type de salissures doit également faire l'objet d'études préalables, afin de vérifier la compatibilité chimique entre la nature de la pièce ou de la salissure et le solvant utilisé. Par exemple, le solvant chloré, utilisé pour le dégraissage de pièces en alliage d'aluminium ou de magnésium, doit être stabilisé pour cet usage.

2. Utilisation de la machine

Un mode opératoire précis et clair sera disponible au poste de travail. Le chef d'établissement s'assurera que les instructions mentionnées ont été comprises et sont appliquées. Ce mode opératoire comportera notamment :

- des instructions pour l'apport de solvant, le soutirage des boues, le nettoyage des filtres ;
- des procédures de démarrage et d'arrêt de la machine (prévoir une temporisation de la ventilation et des systèmes de refroidissement par rapport à l'arrêt de la chauffe) ;
- des conditions d'utilisation : instructions de chargement des paniers, temps de cycle, approvisionnement en solvant, ordonnancement du lavage...
- des consignes en cas d'incidents : instructions en cas de défaillance d'un système, procédures d'alerte...

- des mesures de prévention au poste de travail (mise en marche de systèmes de ventilation, port d'équipements de protection individuelle...).

L'ajout et la vidange de solvant devront être effectués sur une machine froide, par l'intermédiaire d'une pompe ou par gravité, en circuit fermé. Les quantités de solvant mises en œuvre lors de ces opérations seront enregistrées afin de détecter des dérives de consommation. Le suivi des rejets d'huile, notamment le taux de solvant résiduel, peut être un bon indicateur du fonctionnement de l'installation.

Le chargement des pièces dans le panier doit faire l'objet d'une attention particulière. Il s'agira en effet d'éviter la rétention de solvant dans les cavités, en arrangeant les pièces dans les paniers avec l'orifice vers le bas, en aménageant éventuellement des orifices d'écoulement, ou en positionnant les pièces longues avec une légère inclinaison. Il ne faut pas dépasser la charge préconisée par le fabricant.

Des paramètres importants pour la sécurité doivent être identifiés. Il peut s'agir de mesures de pression, de température de la chambre de travail ou du condenseur, de niveau, de concentration... Ces paramètres doivent être surveillés en continu.



© Yves Cousson/INRS

Photo 16 • Système automatisé de contrôle/commande

3. Gestion des déchets et effluents

Tous les effluents gazeux (air de la chambre de travail, azote d'inertage ou vapeurs de solvants) doivent être épurés avant d'être rejetés à l'atmosphère à l'extérieur des bâtiments.

Les solvants usés et les boues doivent être soutirés en circuit fermé, afin d'éviter tout contact avec l'opérateur.

Les solvants souillés, s'ils ne sont pas régénérés *in situ*, doivent être envoyés à un régénérateur de solvants ; en aucun cas, ils ne doivent être rejetés à l'égout ou dans le milieu naturel.

Les boues et déchets solides souillés de solvants doivent être confiés à une société spécialisée dans l'élimination des déchets industriels.

De manière générale les déchets doivent être étiquetés en indiquant au moins le produit le plus dangereux.

Les opérations de maintenance prévisibles doivent être identifiées avant la mise en service de la machine, afin de définir les procédures d'intervention. La liste des contrôles préventifs et des vérifications des instruments importants pour la sécurité est établie de façon à assurer la périodicité fixée par le fabricant de la machine. Pour suivre le bon fonctionnement de l'installation, les contrôles suivants peuvent être réalisés : qualité du lavage, consommation et qualité des produits (acidité...), état de la machine (corrosion, étanchéité, état des filtres...), teneur en solvant dans les déchets...

Un contrat de maintenance avec le fabricant de la machine permet de garantir une pérennité de l'état de la machine et de conserver le niveau de sécurité requis.

Par ailleurs, des contrôles périodiques (annuels) des systèmes de ventilation doivent être réalisés.

Le travail par points chauds (soudure par exemple) est un facteur aggravant, en particulier sur les machines contenant des hydrocarbures (risque d'incendie/explosion) ou des solvants chlorés (risque de décomposition thermique produisant des fumées très toxiques). L'établissement d'un permis de feu est obligatoire.

En cas d'intervention indispensable à l'intérieur d'une cuve, il faudra appliquer les règles de prévention relatives aux espaces confinés décrites dans les documents suivants : la recommandation de la CNAMTS R 435 ; les brochures INRS ED 703 et ED 6184 (voir bibliographie).

4. Maintenance de l'installation

Lors d'opérations d'entretien ou de nettoyage, concernant l'installation de dégraissage ou s'effectuant au voisinage de la machine, des risques particuliers apparaissent en raison de la présence de vapeurs de solvants.

Bibliographie

Documents publiés par l'INRS

- Dégraissage des métaux. Choix des techniques et des produits, coll. Fiche pratique de sécurité, ED 48, 2014, 4 p.
- Cuves de traitement de surface, coll. Guide pratique de ventilation, ED 651, 2014, 24 p.
- Cabines d'application par pulvérisation de produits liquides, coll. Guide pratique de ventilation, ED 839, 2008, 28 p.
- Ventilation des espaces confinés, coll. Guide pratique de ventilation, ED 703, 2015, 12 p.
- Les espaces confinés. Assurer la sécurité et la protection de la santé des personnels intervenants, ED 6184, 2014, 25 p.

- David C. – Évaluation des risques des fontaines de biodégradation des graisses. *Hygiène et sécurité du travail*, n° 201, PR 20, 2005, pp. 73-79.
- David C., Boucher D. et coll. – Suivi de la flore microbiologique des fontaines de biodégradation des graisses. *Hygiène et sécurité du travail*, ND 2304, 2009, 16 p.
- Cuves et réservoirs. Interventions à l'extérieur ou à l'intérieur des équipements fixes utilisés pour contenir ou véhiculer des produits gazeux, liquides ou solides. Recommandation CNAMTS, R 435, 2008, 8 p.
- Explosion et lieu de travail, ED 5001, 2013, 4 p.

- Incendie et lieu de travail, coll. Le point des connaissances sur..., ED 5005, 2013, 4 p.
- Permis de feu, ED 6030, 2008, 12 p.

Norme

- NF EN 12921 – Machines de nettoyage et de prétraitement de pièces industrielles utilisant des liquides ou des vapeurs. Partie 1. Prescriptions générales de sécurité. Partie 2. Sécurité des machines utilisant des liquides de nettoyage à base aqueuse. Partie 3. Sécurité des machines utilisant des liquides de nettoyage inflammables. Partie 4. Sécurité des machines utilisant des solvants halogénés.



Annexes

Annexe 1

Fiche récapitulative pour le choix d'un procédé de dégraissage/lavage

1. Étude préalable

Objectifs

Choisir le procédé (machine/moyens et produits) adapté en fonction des contraintes internes et externes à l'entreprise : santé, sécurité environnement, productivité, qualité de lavage, réglementations...

Moyens

- Bilan préalable technique et financier du procès existant de dégraissage.
- Tests de compatibilité entre les huiles utilisées, les salissures à éliminer et le procédé de lavage envisagé.
- Tests de lavage de pièces sur des machines existantes chez des confrères ou chez des fabricants : vérifications temps de cycle, niveau de qualité attendue...
- Implication des salariés afin de prendre en compte l'ensemble de l'activité de travail et l'adhésion des futurs utilisateurs au nouvel équipement.

2. Conformité, réglementation, engagements

Objectifs

Acquérir un procédé conforme aux normes de sécurité en vigueur et respectant la réglementation en vigueur (code du travail, environnement) et les recommandations de l'INRS.



© Carsat Rhône-Alpes

Photo 17 • Rejet gazeux canalisé vers l'extérieur

Moyens

- Engagements du fournisseur vis-à-vis des textes (normes NF EN 12921-1 et 2...) et recommandations (brochure INRS ED 964) en vigueur à travers le cahier des charges.
- Certificats de conformité à la directive Machines du nouvel équipement de travail.

3. Risque chimique

Objectifs

Limitier le risque chimique engendré par l'activité de dégraissage dans son ensemble.

A. Maîtrise des émissions solvant en phase de production et de maintenance

Moyens

- Captage des rejets vapeur.
- Canalisation des rejets gazeux provenant de la pompe à vide vers l'extérieur.
- Maintien de la capacité de confinement de la machine par la maintenance périodique.

B. Vidange des filtres à copeaux

Moyens

- Maîtrise du séchage des filtres à copeaux avant leur ouverture pour les vider (tirage au vide par exemple).
- Port des équipements de protection individuelle adaptés : gants, lunettes, vêtements de travail.

C. Alimentation et vidange

Moyens

- Utilisation de produit chimique prêt à l'emploi.
- Utilisation de contenants adaptés avec raccordement direct à la machine et équipés d'une pompe doseuse (photo 18).
- Vidange des effluents liquides par un circuit étanche.
- Limitation des quantités stockées au poste de travail.

4. Risque incendie/explosion (en fonction du solvant)

Objectifs

Limiter le risque incendie/explosion engendré par l'activité de dégraissage dans son ensemble.

A. Au sein de la machine

Plusieurs solutions existent :

- Travailler sous vide.
- Inertiser la chambre de travail.
- Contrôler les paramètres de fonctionnement (pression, températures...). À prévoir dès la conception de la machine et de son automate avec mise en sécurité de la machine en cas de dérive d'un paramètre.

B. Autour de la machine

- Zonage ATEX.
- Installation de la machine à l'écart de toute source d'inflammation : flamme nue, source thermique...
- Installation du stockage de solvants à l'écart de toute source d'inflammation.
- Installation de la machine et du stockage sur un bac de rétention afin d'éviter le déversement de solvant (photo 19).



© Carsat Rhône-Alpes

Photo 18 • Pompe doseuse

5. Chargement/déchargement des pièces

Objectifs

Limiter les risques liés à la manutention manuelle, diminuer les ports de charges et les reprises de paniers de pièces (photo 20).

Moyens

- Équipements adaptés pour la manutention manuelle des paniers : pinces sur potence, gerbeur, tables élévatoires, convoyeur avec chargement automatique...
- Choix de paniers adaptés aux types de pièces en amont de l'activité de lavage pour réduire le transfert des pièces.



© Carsat Rhône-Alpes

Photo 19 • Machine sur zone de rétention



© Carsat Rhône-Alpes

Photo 20 • Table élévatrice

Annexe 2

Guide pour la rédaction d'un cahier des charges machine à laver industrielle

1. Cahier des charges (CDC) – Généralités

Le CDC est un outil exprimant les besoins de l'entreprise et permettant le dialogue avec les fournisseurs (car ils peuvent proposer des solutions auxquelles l'entreprise n'a pas songé).

Ce guide détaillera les points spécifiques aux machines à laver industrielles. D'autres rubriques peuvent exister dans un CDC.

Pour plus de détails, voir le document INRS ED 103 « Réussir l'acquisition d'une machine ou d'un équipement de production ».

Ce CDC a pour but, entre autres, de fixer les critères exigés pour un équipement de lavage correspondant au mieux aux besoins de l'entreprise.

Cette étape doit permettre d'aboutir à une première sélection de fournisseurs, avec qui des essais sur pièces seront faits, afin de vérifier les performances et de préciser certaines conditions techniques.

Le CDC est partagé en deux volets : un premier pour l'utilisateur, où il devra mentionner ses besoins et ses contraintes associés aux machines à laver industrielle. Un deuxième pour le fournisseur, où il devra préciser les éléments associés à la machine à laver industrielle proposée.

En réponse à ce CDC, il est demandé aux fournisseurs qui souhaitent faire une offre documentée :

- de répondre point par point au CDC en étayant les réponses,
- de faire un chiffrage global, et détaillé, de tout l'équipement nécessaire pour obtenir les résultats souhaités. Les autres équipements pouvant être précisés en option.

2. Besoins de l'utilisateur

Type d'équipement

- Nouvel équipement
- Équipement complémentaire à
- Remplacement d'un équipement en service : machine

Procédés présélectionnés (si c'est le cas), pour lesquels des offres sont souhaitées :

- solvant fluoré en machine à cuve,

- solvant chloré en machine hermétique,
- solvant A3 en machine hermétique,
- lessiviel en machine multicuves,
- lessiviel en machine monocuve à aspersion,
- lessiviel en machine monocuve à immersion (à chambre),
- lessiviel en tunnel (machine à passage),
- autre...

Besoins de nettoyage industriel de l'utilisateur

Dimension des pièces

Gamme de dimensions des pièces à nettoyer. Préciser également la taille maximum possible.

Formes et morphologie des pièces à laver

Morphologies et les formes des pièces à laver. Dans le cas de limitations liées à certaines morphologies, le fournisseur doit l'indiquer dans l'offre.

Matériaux constitutifs

Matériaux des pièces à laver et proportion

- Aciers :
- Inox :
- Autres :

Les différents matériaux doivent être lavés avec des performances identiques.

Si des limitations existent, le fournisseur doit les indiquer.

Types et quantité de salissures

Les produits utilisés dans le process en amont, et qui sont à éliminer au lavage sont les suivant :

Les fiches de données de sécurité et la documentation des produits utilisés sont jointes au CDC.

La quantité totale de salissures, mesurée sur les pièces types, est de

La quantité prévue d'huile entrant dans la machine à laver est de Kg/jour en moyenne.

Le flux peut atteindre Kg/h.

Le procédé proposé doit permettre d'obtenir un lavage performant avec ces diverses salissures, tout en permettant le lavage avec les quantités et cadence indiquées ci-après (voir « quantité et cadence »).

Conditionnement (préciser rangement, paniers, nombre pièces, poids...)

Pour les pièces type, le conditionnement des pièces souhaité pendant le lavage est indiqué.

L'installation proposée par le fournisseur doit permettre le lavage avec le même conditionnement. Dans le cas contraire, le fournisseur doit l'indiquer. Il doit également préciser :

- la dimension maximum du (ou des) panier(s),
- le poids de charge maximum,
- la possibilité d'utilisation des paniers standard.

Quantité à laver

Indiquer le nombre de permettre paniers type à laver par jour (ou autre unité de mesure).

Cadence de lavage et autonomie

Préciser la cadence de lavage moyenne de paniers par heure (production journalière sur h de fonctionnement continu).

La durée de fonctionnement journalière doit pouvoir être assurée sans arrêt technique de la machine.

L'autonomie de la machine recherchée doit être de mn environ (chargement et déchargement sans intervention de l'opérateur).

Qualité de nettoyage

Décrire le niveau de propreté demandée et les méthodes d'évaluation des résultats.

Préciser les moyens d'évaluation et ceux envisagés pour des essais.

Les performances de lavage doivent être obtenues sans endommagement des pièces (chocs, rayures...).

Les pièces particulièrement fragiles doivent être identifiées.

Séchage

Indiquer l'efficacité du séchage souhaitée (temps, quantité résiduelle de solvant...) pour les différentes pièces type.

La température limite à ne pas dépasser, doit être précisée.

Les moyens permettant de garantir l'efficacité du séchage devront être décrits par le fournisseur (sonde reliée à un analyseur, maintien du vide pendant une durée déterminée...).

3. Contraintes de l'utilisateur

Espace disponible pour l'installation

Indiquer l'espace disponible pour l'implantation de la machine et ses accessoires.

Alimentations et évacuations disponibles

Préciser les alimentations et les évacuations disponibles,

avec leurs caractéristiques (puissance, débit, raccordement...) :

- fluides : eau, air comprimé...
- alimentation électrique, évacuations de fluides,
- extracteurs et ventilation.

Équipements de la machine de lavage

Indiquer les équipements incontournables dont doit être prévue la machine. Pour plus de détails, voir dans le chapitre 4 « Équipements souhaités par l'utilisateur ».

Autres contraintes

Préciser les autres contraintes spécifiques à l'entreprise.

4. Éléments demandés au fournisseur

Produits de lavage

Choix du produit

Produits envisagés :

L'utilisateur peut indiquer s'il y a lieu, les produits ayant donné de bons résultats en essais préliminaires. Joindre les documentations et FDS concernées dans ce cas.

Le fournisseur peut proposer des produits similaires, s'il en a l'expérience, qu'ils soient fournis par lui, ou par un autre distributeur.

Compatibilité avec les matériaux

Fournir que des produits (et procédés) compatibles avec les matériaux indiqués par l'utilisateur (cités dans le chapitre 2, « Matériaux constitutifs »). En cas de problème, le fournisseur doit faire les réserves nécessaires.

La plage de température de travail lors des cycles doit être précisée.

Compatibilité avec les salissures amont

Fournir que des produits (et procédés) compatibles avec les souillures et les fluides indiqués par l'utilisateur (cités au § 2.2.4).

Dans le cas des solvants de type A3, le fournisseur doit donner des éléments permettant de s'assurer que le risque de co-distillation est exclu. Si besoin, le fournisseur proposera des essais de compatibilité à mener, afin de s'en assurer.

Le fournisseur doit également donner des éléments sur la stabilité du solvant, en présence des salissures amont et des entraînements éventuels de produits aqueux.

Fourniture FDS

Fournir les fiches de données de sécurité des produits proposés (jointes à l'offre).

Consommation estimée

Indiquer la consommation estimée de produit de lavage dans les conditions de production données, en indiquant les règles à mettre en œuvre pour que celle-ci soit tenue dans le temps.

La fréquence de vidange envisagée, en fonction de la quantité de salissures apportée dans les bains, est également à indiquer.

Machine à laver

Équipements de base

Le fournisseur est libre de proposer les équipements qu'il juge indispensables pour :

- respecter la législation en vigueur,
- assurer la sécurité des personnes et de l'équipement,
- obtenir les besoins de production et de propreté définis dans les paragraphes précédents.

Ces équipements sont à justifier et à décrire dans l'offre, avec un chiffrage séparé de chacun d'eux. Cette description devra traiter au minimum des points suivants :

- possibilité d'agitation,
- mouvements de la charge,
- équipement ultrasons,
- système de chauffage,
- système de filtration,
- régénération (solvant),
- système d'optimisation de la durée de vie des bains (écrémage, déshuilage, centrifugation, ultra-filtration),
- moyens de chargement/déchargement,
- système de réfrigération,
- système de programmation.

Équipements optionnels proposés par le fournisseur

Le fournisseur peut proposer des équipements non indispensables, mais qui peuvent apporter une amélioration par rapport aux besoins exprimés. Ceux-ci doivent être décrits et chiffrés séparément.

Équipements souhaités par l'utilisateur

Il est conseillé à l'utilisateur de limiter les souhaits dans la première consultation, à moins qu'il y ait un impératif, de manière à laisser le fournisseur proposer un équipement répondant aux besoins. Si la machine peut être équipée des éléments suivants, ils seront décrits et chiffrés séparément. À titre d'exemple, quelques équipements optionnels :

- moyens de séchage complémentaire,
- contrôle et appoint automatique de concentration (lessiviel),
- système d'optimisation de la consommation et recyclage des eaux de rinçage. Les caractéristiques

de l'eau de l'entreprise sont à joindre par l'utilisateur en annexe dans ce cas,

- production d'eau déminéralisée et/ou osmosée. Les caractéristiques de l'eau de l'entreprise sont à joindre par l'utilisateur en annexe dans ce cas,
- système de traitement des effluents (aqueux et/ou gazeux),
- dispositif facilitant la traçabilité.

Sécurité - environnement

Contraintes réglementaires et marquage CE

Le fournisseur s'engage à fournir un équipement répondant aux exigences réglementaires susceptibles de le concerner, notamment la directive Machines 2006/42/CE.

Afin de répondre aux exigences essentielles de santé et de sécurité de cette directive, les machines proposées suivront les bonnes pratiques décrites dans les normes harmonisées suivantes ou tout autre moyen permettant d'atteindre au minimum le même niveau de sécurité :

■ NF EN 12921-1+A1 du 2010-07-01 : Machines de nettoyage et de pré-traitement de pièces industrielles utilisant des liquides ou des vapeurs – Partie 1 : prescriptions générales de sécurité + normes ci-dessous suivant le type de machine.

■ NF EN 12921-2 du 2009-02-01 : Machines de nettoyage et de pré-traitement de pièces industrielles utilisant des liquides ou des vapeurs – Partie 2 : sécurité des machines utilisant des liquides de nettoyage à base aqueuse.

■ NF EN 12921-3 du 2009-02-01 : Machines de nettoyage et de pré-traitement de pièces industrielles utilisant des liquides ou des vapeurs – Partie 3 : sécurité des machines utilisant des liquides de nettoyage inflammables

■ NF EN 12921-4 du 2009-02-01 : Machines de nettoyage et de pré-traitement de pièces industrielles utilisant des liquides ou des vapeurs – Partie 4 : sécurité des machines utilisant des solvants halogénés.

La machine devra de plus être conforme à la directive 2004/108/CE du 15 décembre 2004 relative au rapprochement des législations des États membres concernant la compatibilité électromagnétique, dite directive « CEM » et, dans le cas où l'utilisateur prévoit une utilisation en atmosphère explosive, à la directive 94/9/CE du 23 mars 1994 concernant le rapprochement des législations des États membres pour les appareils et les systèmes de protection destinés à être utilisés en atmosphères explosibles, (préciser le zonage ATEX concerné).

La machine sera livrée avec sa déclaration CE de conformité aux directives applicables et le marquage CE correspondant sera apposé sur la machine.

Autres contraintes

Respecter les préconisations du réseau Prévention, concernant le fournisseur, formalisées dans le présent guide.

Valeurs limites d'exposition professionnelle

Donner des relevés de mesures habituelles, sur ce type d'installation, dans des conditions normales de travail.

Valeurs limites d'émission

Donner des relevés de mesures habituelles, sur ce type d'installation, dans des conditions normales de travail.

Installations classées

Indiquer le volume total des cuves et, si possible, ce volume doit être inférieur au volume imposant une demande d'autorisation au sens de la réglementation ICPE.

Maintenance

Maintenance interne

Fournir avec l'offre une liste des opérations recommandées de maintenance et de suivi, réalisables par l'entreprise cliente.

Maintenance constructeur

Fournir avec l'offre une liste des opérations de maintenance recommandées, avec intervention du constructeur, ou d'une société agréée par lui. Un chiffrage de cette maintenance externe doit être fourni, en précisant :

- le coût de déplacement et la distance,
- le coût de main-d'œuvre,
- le délai d'intervention,
- la durée d'immobilisation de l'installation.

Intervention en cas de panne

Préciser dans l'offre les conditions d'intervention sur panne :

- le coût de déplacement et la distance,
- le coût de main-d'œuvre,
- le délai d'intervention.

Contrat de maintenance

Si la possibilité d'un contrat de maintenance existe, donner les conditions en comparaison des conditions de maintenance hors contrat.

L'étendue du contrat, la prise en charge de pannes et les exclusions éventuelles doivent être clairement précisées.

Pièces de rechange

Fournir une liste des pièces à changer périodiquement, avec les fréquences, coûts unitaires et délai d'approvisionnement.

En cas de pompe à vide installée, les consommables et pièces à remplacer, les fréquences et coûts sont à indiquer.

Fournir également une liste des pièces d'usure qu'il est recommandé d'avoir en stock.

Garantie

Préciser la durée de garantie, sa couverture et les exclusions éventuelles.

La réalisation de visites techniques pendant la période de garantie est également à préciser.

Livraison, installation et mise en route

Espace nécessaire pour implantation

L'offre doit préciser les espaces nécessaires pour :

- la machine à laver,
- le bac de rétention (si besoin),
- les équipements annexes,
- les zones de sécurité et de maintenance.
- les prescriptions pour les opérations avoisinantes.

Alimentations et évacuations

Informez sur les alimentations et les évacuations nécessaires, avec leurs caractéristiques (puissance, débit, raccordement...) :

- fluides : eau, air comprimé...
- alimentation électrique, évacuations de fluides,
- extracteurs et ventilation.

Des précisions doivent être données sur les consommations (eau, électricité, air comprimé...). Toutes les sorties d'air de la machine devront être connectées à un système de condensation et/ou d'épuration et l'air épuré devra pouvoir être rejeté à l'extérieur.

Livraison

Préciser dans l'offre les coûts d'emballage, transport, douane et déchargement.

Le délai de livraison est également à préciser.

Indiquer les moyens et l'espace nécessaires sur site, pour le déchargement et la mise en place de l'installation.

Mise en route

Informez sur le délai de mise en route et de réglage, le temps et les ressources à y consacrer.

Documentation

L'utilisateur précise la langue dans laquelle la notice d'instructions doit être livrée. Elle sera obligatoirement accompagnée de la notice en langue originale si celle-ci est différente de celle demandée par l'utilisateur.

La notice d'instructions doit respecter la directive

Machines 2006/42/CE (annexe 1, partie 1.7.4.2) et doit donc comprendre notamment les informations suivantes :

Description générale de la machine

- Les plans, schémas, descriptions et explications nécessaires pour l'utilisation, l'entretien et la réparation de la machine ainsi que pour la vérification de son bon fonctionnement.
- Une description du (des) poste(s) de travail susceptible(s) d'être occupé(s) par les opérateurs.
- Une description de l'usage normal de la machine.
- Des avertissements concernant les contre-indications d'emploi de la machine qui, d'après l'expérience, peuvent exister.

Information avant mise en service

- Les instructions de montage, d'installation et de raccordement, y compris les plans, les schémas, les moyens de fixation et la désignation du châssis ou de l'installation sur laquelle la machine doit être montée.
- Les instructions relatives à l'installation et au montage destinées à diminuer le bruit et les vibrations.
- Les instructions concernant la mise en service et l'utilisation de la machine et, le cas échéant, des instructions concernant la formation des opérateurs.
- Les informations sur les risques résiduels qui subsistent.
- Les instructions concernant les mesures de protection à prendre par les utilisateurs, y compris, le cas échéant, l'équipement de protection individuelle à prévoir.
- Les instructions concernant les opérations de transport, de manutention et de stockage.

Informations pour l'utilisation

- Les caractéristiques essentielles des outils pouvant être montés sur la machine.
- Les conditions dans lesquelles les machines répondent à l'exigence de stabilité en cours d'utilisation, de transport, de montage ou de démontage, lorsqu'elles sont hors service, ou pendant les essais ou les pannes prévisibles.
- Le mode opératoire à respecter en cas d'accident ou de panne.
- Le mode opératoire à respecter pour permettre un déblocage en toute sécurité.
- La description des opérations de réglage et d'en-

retien que devrait effectuer l'utilisateur, ainsi que les mesures de prévention qui doivent être respectées.

- Les instructions pour le réglage et l'entretien et les mesures de protection qui doivent être prises durant ces opérations.
- Les spécifications concernant les pièces de rechange à utiliser.
- Les informations concernant l'émission de bruit aérien.

Formation

Définir dans l'offre la formation nécessaire à la mise en œuvre et à l'exploitation de l'installation. Le contenu et les conditions de réalisation sont également à préciser pour les différents niveaux requis :

- acquisition des connaissances de base pour exploiter l'équipement,
- acquisition des compétences pour un entretien courant (maintenance 2^e niveau).

Coût d'exploitation

Consommation électrique

Préciser :

- la puissance électrique de chaque élément,
- la consommation estimée pour la mise en température, ainsi que le temps nécessaire,
- la consommation estimée en phase de travail.

Estimation du coût d'exploitation

Estimer le coût d'exploitation global, les éléments pris en compte et le mode de calcul.

Autres éléments à préciser

Recette et réception de l'équipement

Pour la réception finale, un délai de 2 mois est nécessaire, à partir de la mise en fonctionnement de l'installation, de manière à pouvoir vérifier ses performances en production et sa conformité au CDC et à la réglementation.

Réalisation d'essais

Préciser la possibilité et les conditions de réalisation d'essais de lavage sur une installation correspondant à l'offre.

Références

Fournir avec l'offre une liste de références avec les applications concernées, sur un équipement similaire.

Pour obtenir en prêt les audiovisuels et multimédias et pour commander les brochures et les affiches de l'INRS, adressez-vous au service Prévention de votre Carsat, Cram ou CGSS.

Services Prévention des Carsat et Cram

Carsat ALSACE-MOSELLE

(67 Bas-Rhin)
14 rue Adolphe-Seyboth
CS 10392
67010 Strasbourg cedex
tél. 03 88 14 33 00
fax 03 88 23 54 13
prevention.documentation@carsat-am.fr
www.carsat-alsacemoselle.fr

(57 Moselle)
3 place du Roi-George
BP 31062
57036 Metz cedex 1
tél. 03 87 66 86 22
fax 03 87 55 98 65
www.carsat-alsacemoselle.fr

(68 Haut-Rhin)
11 avenue De-Lattre-de-Tassigny
BP 70488
68018 Colmar cedex
tél. 03 69 45 10 12
www.carsat-alsacemoselle.fr

Carsat AQUITAINE

(24 Dordogne, 33 Gironde,
40 Landes, 47 Lot-et-Garonne,
64 Pyrénées-Atlantiques)
80 avenue de la Jallière
33053 Bordeaux cedex
tél. 05 56 11 64 36
fax 05 57 57 70 04
documentation.prevention@carsat-aquitaine.fr
www.carsat.aquitaine.fr

Carsat AUVERGNE

(03 Allier, 15 Cantal,
43 Haute-Loire,
63 Puy-de-Dôme)
Espace Entreprises
Clermont République
63036 Clermont-Ferrand cedex 9
tél. 04 73 42 70 76
offredoc@carsat-auvergne.fr
www.carsat-auvergne.fr

Carsat BOURGOGNE - FRANCHE-COMTÉ

(21 Côte-d'Or, 25 Doubs,
39 Jura, 58 Nièvre,
70 Haute-Saône,
71 Saône-et-Loire, 89 Yonne,
90 Territoire de Belfort)
46, rue Elsa Triolet
21044 Dijon cedex
tél. 03 80 33 13 92
fax 03 80 33 19 62
documentation.prevention@carsat-bfc.fr
www.carsat-bfc.fr

Carsat BRETAGNE

(22 Côtes-d'Armor, 29 Finistère,
35 Ille-et-Vilaine, 56 Morbihan)
236 rue de Châteaugiron
35030 Rennes cedex
tél. 02 99 26 74 63
fax 02 99 26 70 48
drpcdi@carsat-bretagne.fr
www.carsat-bretagne.fr

Carsat CENTRE-VAL DE LOIRE

(18 Cher, 28 Eure-et-Loir, 36 Indre,
37 Indre-et-Loire, 41 Loir-et-Cher, 45 Loiret)
36 rue Xaintrilles
45033 Orléans cedex 1
tél. 02 38 81 50 00
fax 02 38 79 70 29
prev@carsat-centre.fr
www.carsat-centre.fr

Carsat CENTRE-OUEST

(16 Charente, 17 Charente-Maritime,
19 Corrèze, 23 Creuse, 79 Deux-Sèvres,
86 Vienne, 87 Haute-Vienne)
37 avenue du président René-Coty
87048 Limoges cedex
tél. 05 55 45 39 04
fax 05 55 45 71 45
cirp@carsat-centreouest.fr
www.carsat-centreouest.fr

Cram ÎLE-DE-FRANCE

(75 Paris, 77 Seine-et-Marne,
78 Yvelines, 91 Essonne,
92 Hauts-de-Seine, 93 Seine-Saint-Denis,
94 Val-de-Marne, 95 Val-d'Oise)
17-19 place de l'Argonne
75019 Paris
tél. 01 40 05 32 64
fax 01 40 05 38 84
demande.de.doc.inrs@cramif.cnamts.fr
www.cramif.fr

Carsat LANGUEDOC-ROUSSILLON

(11 Aude, 30 Gard, 34 Hérault,
48 Lozère, 66 Pyrénées-Orientales)
29 cours Gambetta
34068 Montpellier cedex 2
tél. 04 67 12 95 55
fax 04 67 12 95 56
prevdoc@carsat-lr.fr
www.carsat-lr.fr

Carsat MIDI-PYRÉNÉES

(09 Ariège, 12 Aveyron, 31 Haute-Garonne,
32 Gers, 46 Lot, 65 Hautes-Pyrénées,
81 Tarn, 82 Tarn-et-Garonne)
2 rue Georges-Vivent
31065 Toulouse cedex 9
fax 05 62 14 88 24
doc.prev@carsat-mp.fr
www.carsat-mp.fr

Carsat NORD-EST

(08 Ardennes, 10 Aube, 51 Marne,
52 Haute-Marne, 54 Meurthe-et-Moselle,
55 Meuse, 88 Vosges)
81 à 85 rue de Metz
54073 Nancy cedex
tél. 03 83 34 49 02
fax 03 83 34 48 70
documentation.prevention@carsat-nordest.fr
www.carsat-nordest.fr

Carsat NORD-PICARDIE

(02 Aisne, 59 Nord, 60 Oise,
62 Pas-de-Calais, 80 Somme)
11 allée Vauban
59662 Villeneuve-d'Ascq cedex
tél. 03 20 05 60 28
fax 03 20 05 79 30
bedprevention@carsat-nordpicardie.fr
www.carsat-nordpicardie.fr

Carsat NORMANDIE

(14 Calvados, 27 Eure, 50 Manche,
61 Orne, 76 Seine-Maritime)
Avenue du Grand-Cours, 2022 X
76028 Rouen cedex
tél. 02 35 03 58 22
fax 02 35 03 60 76
prevention@carsat-normandie.fr
www.carsat-normandie.fr

Carsat PAYS DE LA LOIRE

(44 Loire-Atlantique, 49 Maine-et-Loire,
53 Mayenne, 72 Sarthe, 85 Vendée)
2 place de Bretagne
44932 Nantes cedex 9
tél. 02 51 72 84 08
fax 02 51 82 31 62
documentation.rp@carsat-pl.fr
www.carsat-pl.fr

Carsat RHÔNE-ALPES

(01 Ain, 07 Ardèche, 26 Drôme, 38 Isère,
42 Loire, 69 Rhône, 73 Savoie,
74 Haute-Savoie)
26 rue d'Aubigny
69436 Lyon cedex 3
tél. 04 72 91 97 92
fax 04 72 91 98 55
preventionrp@carsat-ra.fr
www.carsat-ra.fr

Carsat SUD-EST

(04 Alpes-de-Haute-Provence,
05 Hautes-Alpes, 06 Alpes-Maritimes,
13 Bouches-du-Rhône, 2A Corse-du-Sud,
2B Haute-Corse, 83 Var, 84 Vaucluse)
35 rue George
13386 Marseille cedex 5
tél. 04 91 85 85 36
fax 04 91 85 75 66
documentation.prevention@carsat-sudest.fr
www.carsat-sudest.fr

Services Prévention des CGSS

CGSS GUADELOUPE

Immeuble CGRR, Rue Paul-Lacavé, 97110 Pointe-à-Pitre
tél. 05 90 21 46 00 – fax 05 90 21 46 13
lina.palmont@cgss-guadeloupe.fr

CGSS GUYANE

Direction des risques professionnels
CS 37015, 97307 Cayenne cedex
tél. 05 94 29 83 04 – fax 05 94 29 83 01
prevention-rp@cgss-guyane.fr

CGSS LA RÉUNION

4 boulevard Doret, 97704 Saint-Denis Messag cedex 9
tél. 02 62 90 47 00 – fax 02 62 90 47 01
prevention@cgss-reunion.fr

CGSS MARTINIQUE

Quartier Place-d'Armes, 97210 Le Lamentin cedex 2
tél. 05 96 66 51 31 et 05 96 66 51 32 – fax 05 96 51 81 54
prevention972@cgss-martinique.fr
www.cgss-martinique.fr

Les pratiques concernant le dégraissage doivent évoluer afin de protéger les salariés des divers risques auxquels ils sont susceptibles d'être exposés, et être en conformité avec la réglementation applicable. L'offre de produits et de machines s'est donc adaptée afin de proposer des solutions de substitution ou des améliorations des opérations actuelles. Ces évolutions rendent délicat, pour les utilisateurs, le choix d'un couple moyens/produit qui répondra à l'ensemble des contraintes.

Cette brochure se veut une aide pour les industriels : elle les guidera vers la technologie la mieux adaptée à leurs exigences, tout en répondant à la réglementation sécurité/hygiène/environnement. Elle présente des principes de prévention s'appliquant non seulement au choix des produits et à la conception des machines, mais aussi à l'installation et à l'exploitation des machines de dégraissage. Elle peut servir de base pour l'établissement d'un cahier des charges et d'un dossier d'exploitation.



Institut national de recherche et de sécurité
pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles
65, boulevard Richard-Lenoir 75011 Paris • Tél. 01 40 44 30 00 • info@inrs.fr

Édition INRS ED 6248

1^{re} édition • décembre 2016 • 3 000 ex. • ISBN 978-2-7389-2270-0

► L'INRS est financé par la Sécurité sociale - Assurance maladie / Risques professionnels ◀

www.inrs.fr

YouTube

