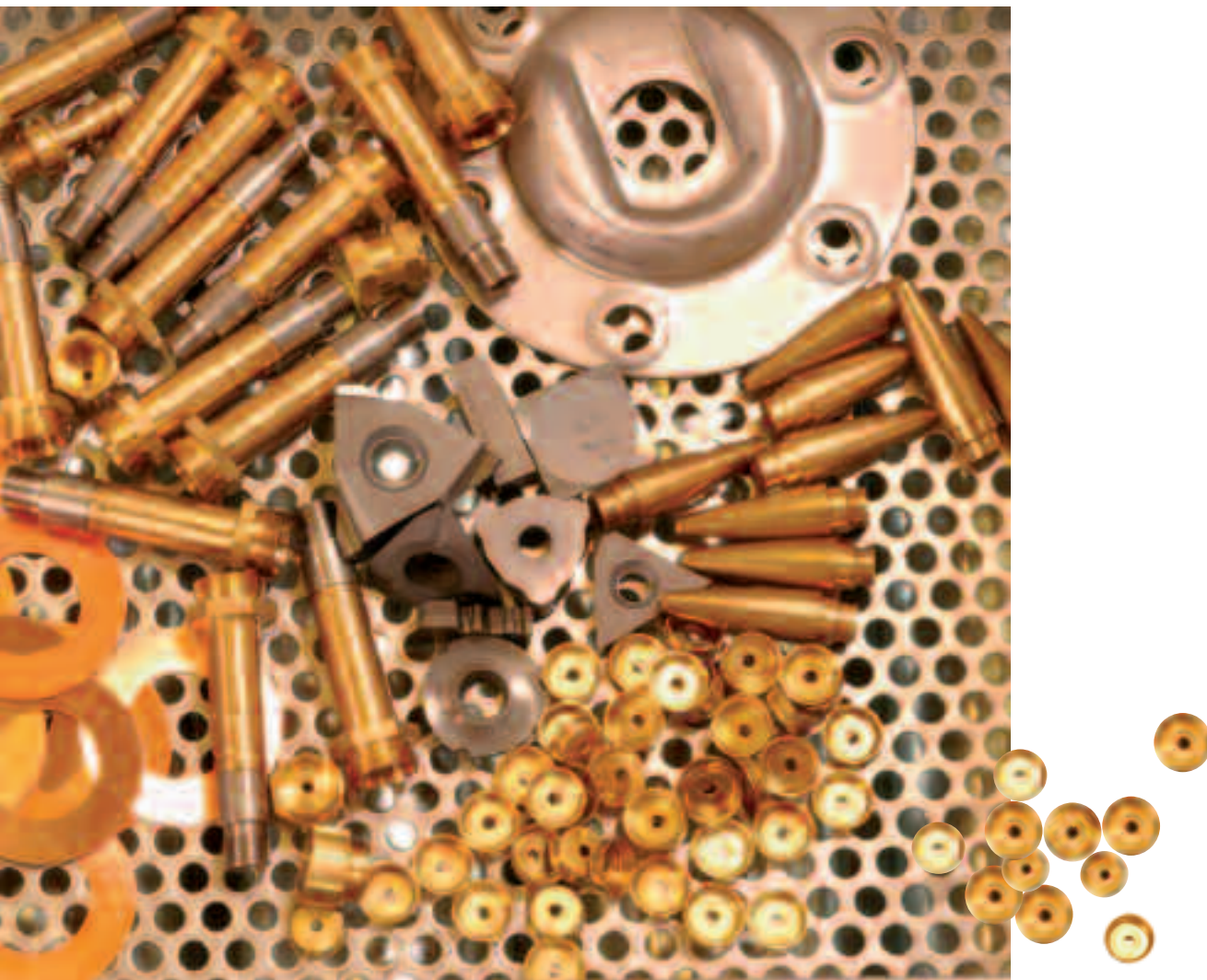




Machines à dégraisser

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 CRAM-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, site Internet... Les publications de l'INRS sont distribuées par les CRAM. 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 le Fonds national de prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles.

Les Caisses régionales d'assurance maladie (CRAM) et Caisses générales de sécurité sociale (CGSS)

Les Caisses régionales d'assurance maladie 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 deux ans et d'une amende de 150 000 euros (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

© INRS, 2006. Photo couverture © Vincent Grenouillet/INRS. Illustrations intérieur Atelier Causse. Maquette EPBC.

Machines à dégraisser

Cette brochure a été réalisée 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.

p. 4	Préface
p. 5	Introduction
p. 6	Chapitre 1. Analyse des besoins et des contraintes
p. 10	Chapitre 2. Techniques et produits de dégraissage
p. 16	Chapitre 3. Analyse des risques
p. 20	Chapitre 4. Prévention des risques
p. 24	Chapitre 5. Conception des machines : recommandations de sécurité
p. 31	Chapitre 6. Installation
p. 32	Chapitre 7. Exploitation et maintenance
p. 34	Annexe 1. Liste des phrases de risque
p. 37	Annexe 2. Liste des conseils de prudence
p. 39	Glossaire
p. 40	Bibliographie

L'évolution réglementaire visant à améliorer la qualité de l'air et la prise en compte de la toxicité des solvants habituellement utilisés amènent les industriels, depuis la fin des années quatre-vingt-dix, à se pencher sur une étape particulière et commune à de nombreux procédés : le dégraissage.

Le dégraissage 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 ou d'adapter les opérations actuelles. Ces évolutions rendent délicat, pour les utilisateurs, le choix d'un couple machine/produits qui répondra à l'ensemble des critères.

Cette brochure se veut une aide pour les industriels afin de les guider vers la technologie la mieux adaptée à leurs propres exigences tout en répondant aux réglementations 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 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.

Cette brochure ne traite pas des machines de pressing ou des machines utilisant du CO₂ supercritique, des billes de carboglace ou des abrasifs.

Elle a été rédigée par un groupe de travail comprenant des représentants des CRAM et de l'INRS.

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

Il existe, en effet, une grande diversité de produits, qui va de solutions aqueuses à différents types de solvants (solvants halogénés, 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 au plus tôt afin de prévoir des mesures de sécurité adaptées.

Analyse des besoins et des contraintes

Comme dans tout projet industriel, l'installation de nouvelles techniques ou l'adaptation de procédés existants passent par une première étape incontournable : l'identification et l'analyse des besoins et contraintes, réglementaires ou internes à l'entreprise.

1.1 Identification des besoins et contraintes internes

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

- 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, productivité... ;
- les moyens de nettoyage existants ;
- les contraintes économiques ;
- les critères d'hygiène, de sécurité et d'environnement spécifiques à l'entreprise ;
- etc.

À ce niveau de l'analyse, il est intéressant de remettre en cause l'étape 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'innovation technologique des machines (usinages multiples sur une même machine). Cette stratégie, appelée parfois « no clean » permet un gain de productivité et de sécurité.

1.2 Les contraintes réglementaires

Le début des années quatre-vingt-dix a amorcé un renforcement de la réglementation touchant

l'ensemble des solvants grâce, d'une part, à l'amélioration des connaissances toxicologiques des produits et, d'autre part, à la prise de conscience de l'impact sur l'environnement de la pollution atmosphérique industrielle.

1.2.1 La santé des salariés

Les solvants utilisés industriellement sont, pour la plupart, susceptibles de provoquer des pathologies dont certaines sont inscrites dans des tableaux de maladies professionnelles du régime général de la Sécurité sociale.

Des valeurs limites d'exposition (VLE ou VME) des salariés sont indiquées ou imposées par la réglementation pour la prévention des maladies professionnelles. Elles correspondent aux niveaux de concentration à ne pas dépasser dans l'atmosphère du poste de travail et ne tiennent donc pas compte de l'exposition cutanée.

La réglementation européenne définit une classification et un étiquetage des produits chimiques dangereux (directive 67/548/CEE) tout en identifiant les produits cancérogènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction (*voir ci-contre*).

Le code du travail prévoit une section spécifiant des règles de prévention du risque chimique (*voir ci-contre*). La transposition de directives européennes se référant à ce sujet a modifié ces règles par le biais de décrets dont les deux derniers sont le décret dit « CMR » du 1^{er} février 2001 et le décret dit « Agents chimiques » du 23 décembre 2003.

Classification CE des substances cancérogènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction

- ▶ **Catégorie 1** : substances que l'on sait être cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction pour l'homme ; phrases de risque R45 « Peut causer le cancer », R49 « Peut causer le cancer par inhalation », R46 « Peut causer des altérations génétiques héréditaires », R60 « Peut altérer la fertilité » et/ou R61 « Risque pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant ».
- ▶ **Catégorie 2** : substances devant être assimilées à des substances cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction pour l'homme ; phrases de risque R45 « Peut causer le cancer », R49 « Peut causer le cancer par inhalation », R46 « Peut causer des altérations génétiques héréditaires », R60 « Peut altérer la fertilité » et/ou R61 « Risque pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant ».
- ▶ **Catégorie 3** : substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction possibles mais pour lesquelles les informations disponibles ne permettent pas une évaluation suffisante ; phrases de risque R40 « Effet cancérogène suspecté – preuves insuffisantes », R68 « Possibilité d'effets irréversibles », R62 « Risque possible d'altération de la fertilité » et/ou R63 « Risque possible pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant ».

Pour les préparations, il faut tenir compte des concentrations suivantes :

- ▶ Si la préparation contient un produit cancérogène ou mutagène de catégorie 1 ou 2 à une concentration supérieure à 0,1 %, l'étiquette doit porter les phrases de risque R45, R49 ou R46.
- ▶ Si la préparation contient un produit toxique pour la reproduction de catégorie 1 ou 2 à une concentration supérieure à 0,5 %, l'étiquette doit porter les phrases de risque R60 ou R61.
- ▶ Si la préparation contient un produit cancérogène ou mutagène de catégorie 3 à une concentration supérieure à 1 %, l'étiquette doit porter les phrases de risque R40 ou R68.
- ▶ Si la préparation contient un produit toxique pour la reproduction de catégorie 3 à une concentration supérieure à 5 %, l'étiquette doit porter les phrases de risque R62 ou R63.

Le code du travail et la prévention du risque chimique (art. R. 231-51 à R. 231-59-2)

Les premiers articles de la section « Prévention du risque chimique » précisent les règles de classement des produits, de déclaration et d'information auxquelles sont soumis les fabricants ou importateurs de produits chimiques (art. R. 231-51 à R. 231-53-4).

Des règles générales de prévention du risque chimique (art. R. 231-54 à R. 231-54-17) prévoient notamment :

- ▶ l'obligation, pour le chef d'entreprise, de procéder à une évaluation des risques ;
- ▶ l'information et la formation des travailleurs, du CHSCT.

Si l'évaluation des risques révèle un risque :

- ▶ l'obligation de substituer l'agent chimique dangereux ou, à défaut, son utilisation en système clos et l'application de mesures efficaces de protection collective ;
- ▶ la limitation du nombre de salariés exposés ;
- ▶ l'information des salariés sur les effets potentiels des substances ou préparations ;
- ▶ la constitution d'un dossier individuel, par le médecin du travail, contenant une fiche d'exposition et des résultats d'exams médicaux ;
- ▶ l'obligation de faire contrôler les niveaux d'exposition régulièrement ;
- ▶ ...

Une sous-section particulière régit les contrôles du risque chimique sur les lieux de travail (art. R. 231-55 à R. 231-55-3).

Des règles particulières de prévention à prendre contre les risques d'exposition aux agents cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction de catégorie 1 ou 2 sont prévues (art. R. 231-56 à R. 231-56-12). Les mesures de prévention sont semblables à celles instaurées pour les agents chimiques mais sont applicables quel que soit le résultat de l'analyse des risques. Quelques règles spécifiques comme l'interdiction d'affecter des femmes enceintes ou allaitant à des postes les exposant à des agents avérés toxiques pour la reproduction ou l'obligation de vérification de niveaux d'exposition au moins une fois par an sont ajoutées.

Les derniers articles (art. R. 231-57 à R. 231-59-2) traitent de dispositions d'urgence, de dispositions spécifiques à certains agents chimiques dangereux (benzène, poussières de bois, chlorure de vinyle monomère, plomb métallique et ses composés ou substances affectées de VLEP contraignantes) et de mesures d'application.

1.2.2 Les atmosphères explosives

La prévention des explosions sur les lieux de travail fait l'objet d'une réglementation spécifique : transposition des directives dites ATEX par le décret 96-1010 (du 19/11/96) pour les fabricants de matériels, le décret 2002-1553 (du 24/12/02) et les arrêtés des 8 et 28/07/03 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.

1.2.3 L'environnement

La réglementation consécutive 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 à la protection de la couche d'ozone est le règlement européen (CE) 2037/2000 qui a abouti, notamment, à l'interdiction de produire, d'importer et d'utiliser certains solvants halogénés (voir tableau ci-dessous).

La directive européenne sur les composés organiques volatils (COV) (directive 1999/13/CE) impose de nouvelles contraintes concernant les rejets industriels atmosphériques (voir encadré ci-contre). Dès lors que la consommation annuelle de solvants dépasse 1 tonne, ce texte prévoit l'établissement d'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. Cette directive a été transcrite en droit français par l'arrêté du 29 mai 2000 pour les entreprises soumises à autorisation au sens de la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Pour les entreprises soumises à déclaration, des arrêtés types par rubrique ICPE permettent la transcription de la directive.

*Calendrier de réduction de la production des produits
portant atteinte à la couche d'ozone suivant le règlement CE 2037/2000*

	Arrêt de la production	Arrêt d'utilisation
Tétrachlorure de carbone	1 ^{er} janvier 1995	2000
CFC 113	1 ^{er} janvier 1995	2000
1,1,1-trichloroéthane	1 ^{er} janvier 1996	2000
Hydrobromofluorocarbures	1 ^{er} janvier 1996	2000
HCFC tel que le 141b	réduction entre 2008 et 2025	2002 (en tant que solvant)

Les principales mesures de la directive COV

- **Choix entre :**
- le respect de valeurs limites d'émissions pour chaque installation ;
 - la mise en place d'un schéma de maîtrise 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 R45, R46, R49, R60 et R61 :

- si la consommation est inférieure à 1 t/an avec un flux horaire > 10 g/h :
 - émissions canalisées : 2 mg/m³,
 - flux d'émissions diffuses fixé par arrêté préfectoral ;
- si la consommation est supérieure à 1 t/an :
 - émissions canalisées : 2 mg/m³,
 - flux annuel d'émissions diffuses : 15 % de la quantité de solvants utilisée.

Pour les solvants étiquetés R40 :

- si la consommation est inférieure à 1 t/an avec un flux horaire > 100 g/h :
 - émissions canalisées : 20 mg/m³,
 - flux d'émissions diffuses fixé par arrêté préfectoral ;
- si la consommation est supérieure à 1 t/an :
 - émissions canalisées : 20 mg/m³,
 - flux annuel d'émissions diffuses : 15 % de la quantité de solvants utilisée.

Pour les autres solvants :

- si la consommation est inférieure à 2 t/an avec un flux horaire > 2 kg/h :
 - émissions canalisées : 110 mg/m³,
 - flux d'émissions diffuses fixé par arrêté préfectoral ;
- si la consommation est supérieure à 2 t/an :
 - émissions canalisées : 75 mg/m³,
 - flux annuel d'émissions diffuses : 20 % de la quantité de solvants utilisés.

Techniques et produits de dégraissage

2.1 Principes et techniques du dégraissage à froid

Le dégraissage manuel à température ambiante est généralement effectué avec un solvant organique.

Il doit être réservé à des opérations de courte durée.

Le dégraissage peut être réalisé :

- au chiffon (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 de solvant sous pression (dégraissage de pièces avant peinture par exemple).

Ces techniques manuelles peuvent exposer l'opérateur à des contacts cutanés avec le solvant ainsi qu'à l'inhalation de ses vapeurs, ce qui limite le type de produits utilisables.

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

2.1.1 Systèmes ouverts

▸ Dosseret aspirant

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

▸ Cabine ouverte

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 une cabine ouverte en face avant, ventilée par un double fond aspirant (voir fig. 2 page ci-contre).

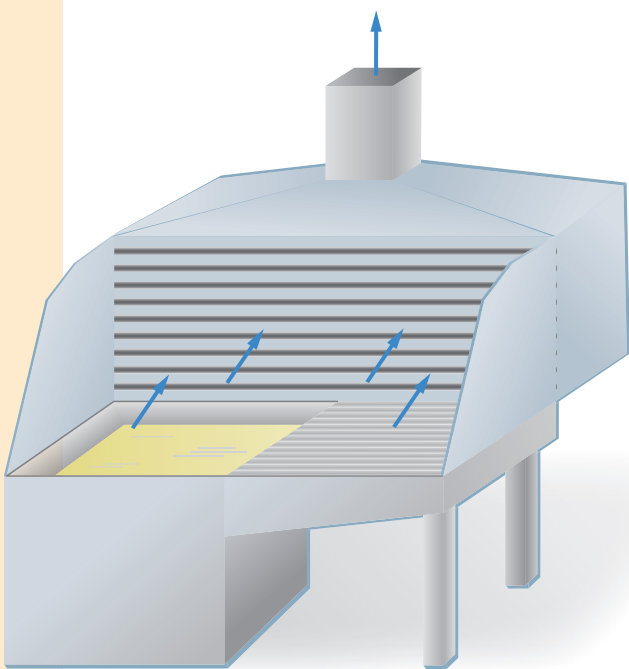


Figure 1.
Bac de nettoyage et zone d'égouttage placés
devant un dosseret aspirant

Les pièces sont alors suspendues ou disposées sur un support tournant pour que l'opérateur reste toujours face à l'aspiration.

2.1.2 Autres systèmes

► Machine fermée

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 inflammation peut alors être prévenu par exemple par inertage.

► Cabine

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 (voir *Cabines d'application par pulvérisation de produits liquides* (Guide pratique de ventilation 9.1), INRS, ED 839).

Ces solutions ne sont pas recommandées compte tenu des contraintes environnementales.

► Tunnel

Les pièces défilent dans un tunnel où elles sont aspergées d'une solution nettoyante (voir fig. 3). Cette technique est à proscrire pour les solvants organiques.

2.1.3 Moyens additionnels

► Agitation mécanique

Pour faciliter le détachement des salissures, dans les opérations de dégraissage au trempé, le solvant ou le support des pièces peut être agité manuellement ou mécaniquement.

Cette technique additionnelle augmente l'émission de vapeurs.

► Ultrasons

L'utilisation des ultrasons peut conduire au même résultat.

Les ultrasons entraînent une élévation de température du solvant.

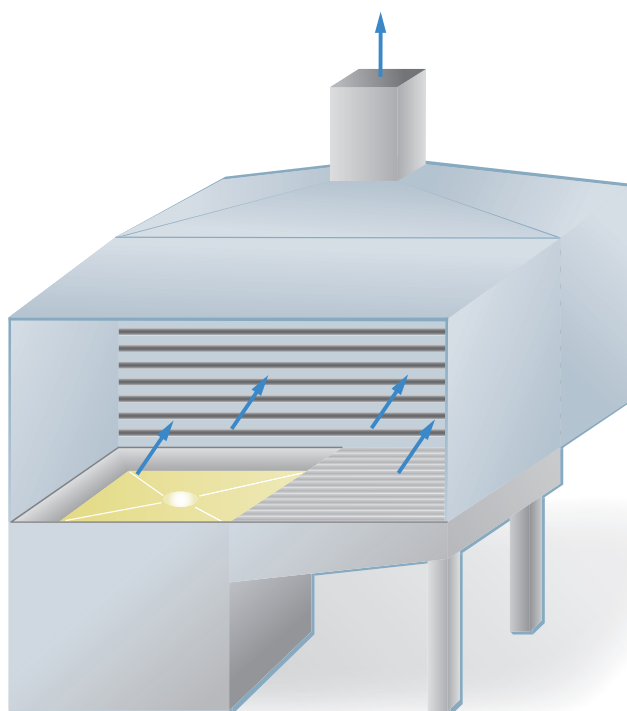


Figure 2.
Fontaine et zone d'égouttage placées dans une cabine ouverte ventilée

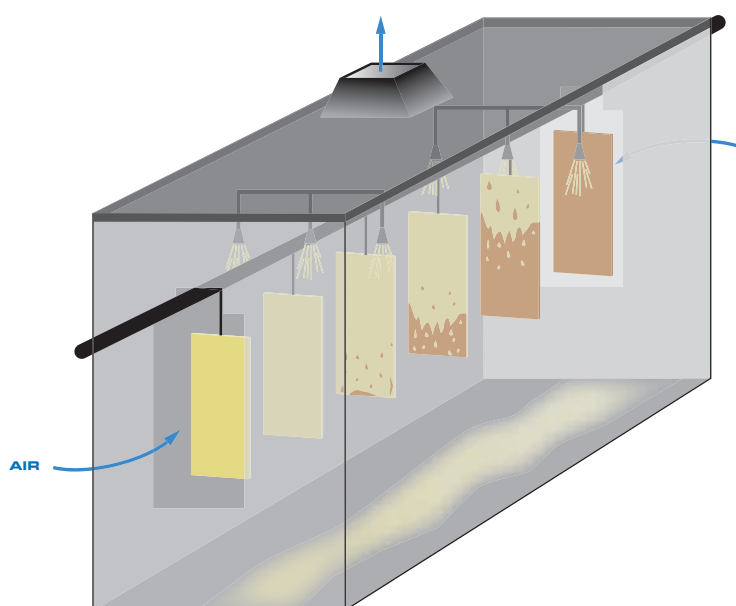


Figure 3.
Tunnel d'aspersion ventilé

2.2 Principes et techniques du dégraissage à chaud

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

2.2.1 Procédés aqueux

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

2.2.1.1 Systèmes ouverts

► Bacs

Ce système de dégraissage est, par exemple, intégré sur des lignes de traitements électrochimiques.

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 (voir fig. 4).

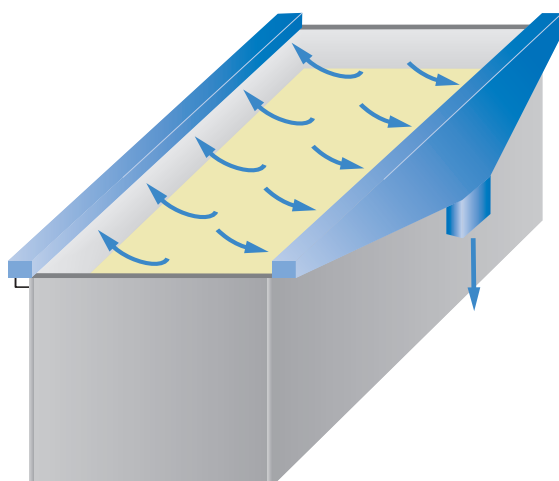


Figure 4.
Bac de dégraissage chimique ventilé
par des aspirations latérales

Les bacs peuvent également être placés dans un tunnel ventilé.

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).

► Cabines ouvertes

Comme dans le cas du dégraissage manuel à température ambiante, le dégraissage à chaud par aspersion peut être réalisé dans une cabine ouverte en face avant ventilée par un double fond aspirant (voir fig. 2, p. 11).

► Tunnels

Accrochées à un convoyeur, les pièces sont immergées dans un ou plusieurs bacs ou aspergées de solution lessivielle chaude (voir fig. 5).

2.2.1.2 Systèmes fermés

► Machines

Les pièces sont placées dans une machine et aspergées de solution chaude par exemple au moyen de jets rotatifs.

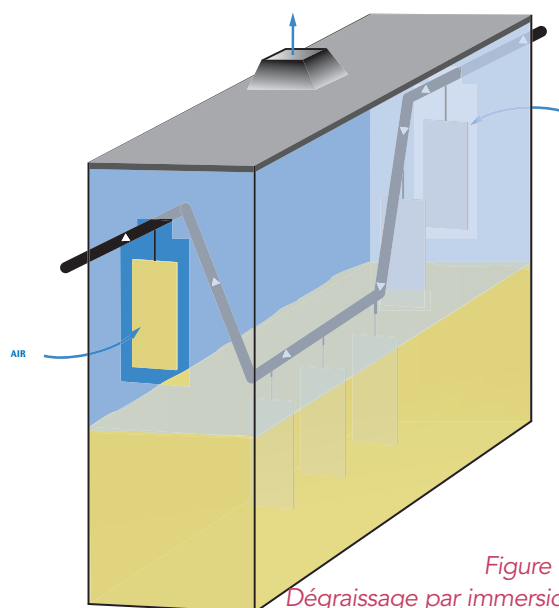


Figure 5.
Dégraissage par immersion
dans un tunnel ventilé

► Cabines fermées

Le dégraissage est alors réalisé par un opérateur au moyen d'une machine équipée d'un jet sous pression dans une cabine ventilée.

La technique de ventilation utilisée dans ce cas sera du type ascensionnel (voir fig. 6).

2.2.2 Procédés aux solvants

Le dégraissage à chaud avec des solvants organiques doit toujours être réalisé en machines.

Plusieurs types de machines peuvent être rencontrés.

2.2.2.1 Système étanche

Pour ce type de machines, il n'y a pas d'échange possible entre l'espace contenant du solvant et l'environnement extérieur pendant le fonctionnement normal, y compris pendant les phases de chargement et de déchargement.

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 fig. 7).

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

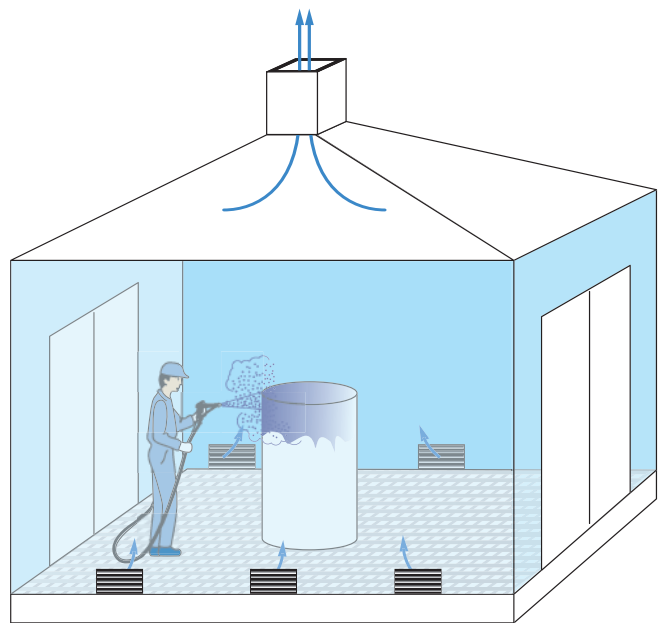


Figure 6.
Dégraissage avec une machine à jet sous pression

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 étanche.

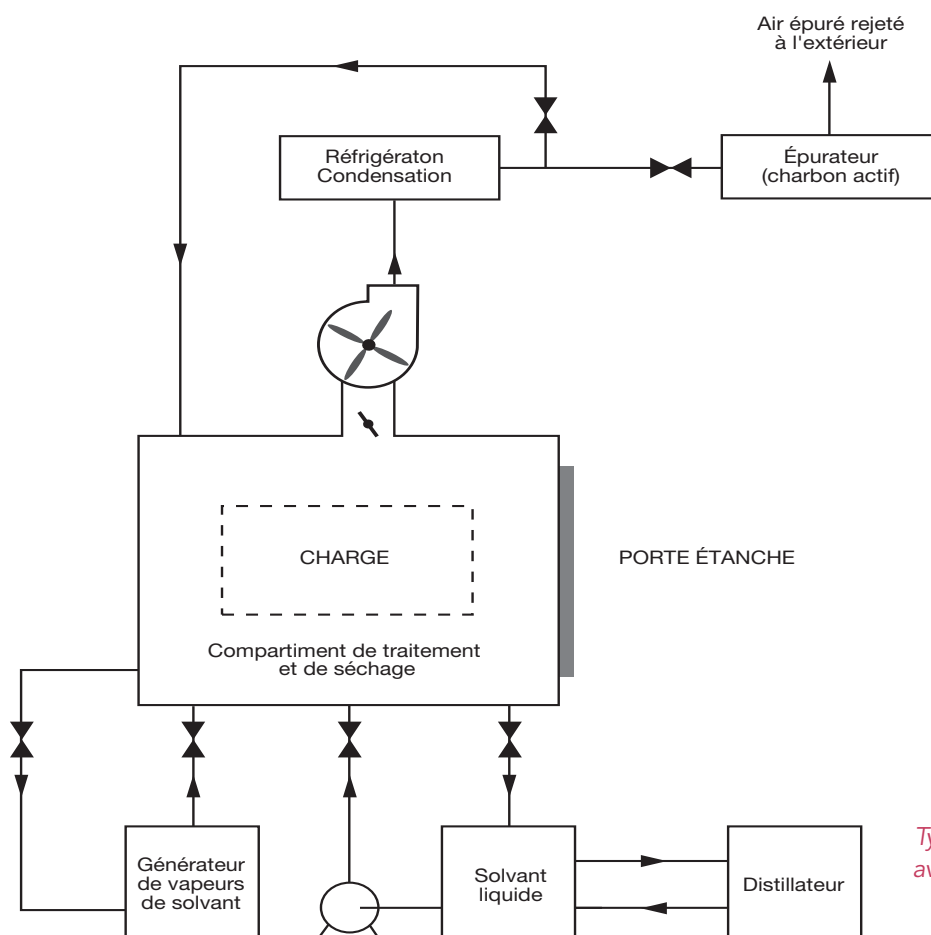


Figure 7
(issue de Pr EN 12921).
Type I b : système étanche
avec compartiment unique
(machine étanche).
Schéma de principe

2.2.2.2 Système ouvert ou non étanche

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.

► Système à cuve ouverte

Ces systèmes sont constitués d'une ou plusieurs cuves avec couvercles manuels ou motorisés qui ferment l'ouverture lorsque l'installation n'est pas en service (voir fig. 8).

Ces systèmes à cuves ouvertes ne permettent généralement pas de satisfaire aux exigences en matière de poste de travail et d'environnement. Ils sont à réserver à des applications particulières (par exemple, nettoyage de précision avec un solvant organique fluoré).

► 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.

Pour respecter les exigences du poste de travail, ces systèmes capotés peuvent nécessiter une installation annexe importante destinée à épurer l'air pollué capté dans l'enceinte.

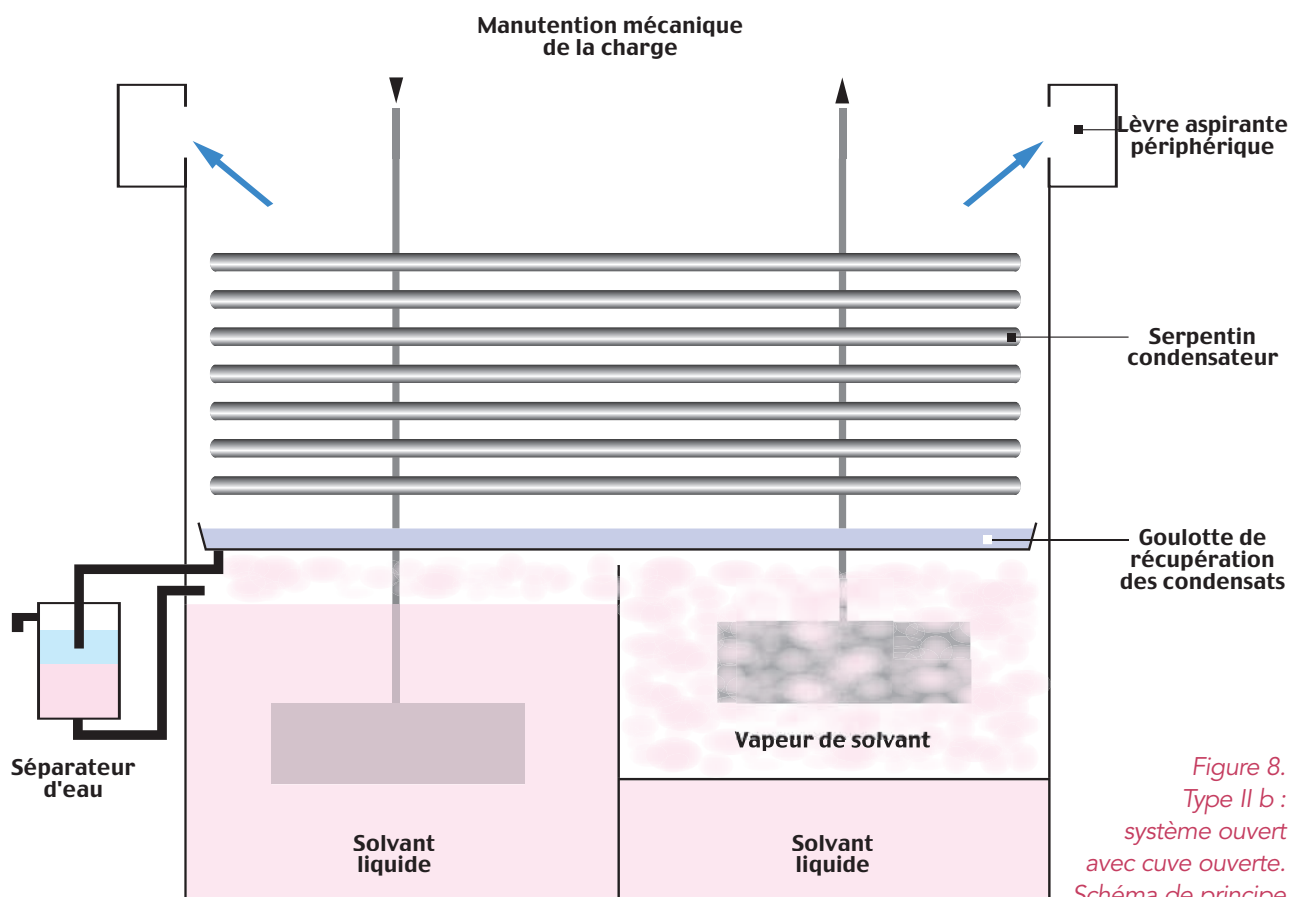
2.2.3 Moyens additionnels

Pour faciliter le détachement des salissures, comme dans le dégraissage à froid, des moyens complémentaires tels l'agitation ou les ultrasons peuvent être utilisés.

2.3 Les produits utilisés

2.3.1 Les solutions aqueuses

Les produits évoqués sous le terme « solutions aqueuses » sont aussi appelés lessives, préparations détergentes ou produits lessiviels aqueux. 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 l'amélioration des propriétés de l'eau.



Les solutions aqueuses sont donc des préparations complexes contenant :

- ▶ Majoritairement des agents tensio-actifs (appelés aussi agents de surface ou surfactants) qui 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 de pH (hydroxydes de soude ou de potasse, 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 protéger l'équipement des dépôts calcaires. On retrouve du gluconate de sodium, des sels de sodium, du NTA¹ ou de l'EDTA².
- ▶ Des additifs divers : des agents anticorrosion (composés aminés, principalement), des dispersants, des stabilisants de mousse, des composés bactéricides ou fongicides, des solvants organiques (d-limonène et éthers de glycol), des colorants, des agents odoriférants.
- ▶ De l'eau.

Ces dernières années ont vu apparaître des solutions aqueuses additivées de micro-organismes permettant un allongement considérable de leur durée de vie. Les bactéries, maintenues en vie dans la solution aqueuse, « digèrent » les graisses ou huiles dissoutes dans la solution de nettoyage. Ces produits sont utilisés dans des fontaines de dégraissage biologique.

2.3.2 Les produits inflammables

Tous les solvants ou mélanges de solvants ayant un point d'éclair inférieur à 55 °C rentrent dans cette catégorie. Les solvants de point d'éclair supérieur peuvent dans certaines conditions d'utilisation (à chaud, par pulvérisation...) devenir inflammables. Les fabricants de produits de dégraissage ont exploré ce domaine et proposent un éventail très large de préparations capables de résoudre la plupart des problèmes de dégraissage.

¹ NTA : acide nitriloacétique.

² EDTA : acide éthylènediaminetétraacétique.

On trouve dans cette gamme de produits :

- ▶ Des hydrocarbures :
 - paraffiniques et isoparaffiniques (distillats hydro-traités, naphta léger, naphta lourd...), souvent sous la forme de mélanges complexes caractérisés par une gamme de points d'ébullition ;
 - 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.
- ▶ Des éthers de glycol qui forment une large famille de solvants dérivés principalement du propylène glycol ou de l'éthylène 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 esters (acétates d'éthyle, de *n*-butyle, lactate d'éthyle, esters d'acides dicarboxyliques...).
- ▶ Des cétones (acétone, méthyléthylcétone...).
- ▶ Des alcools (éthanol, isopropanol...).
- ▶ Des substances particulières telles que la *N*-méthylpyrrolidone, les terpènes (d-limonène...).

2.3.3 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, suivis des fluorés. En raison de leur action destructrice de la couche d'ozone d'une part, de l'obligation de substitution de produits dangereux d'autre part, certains d'entre eux couramment utilisés en fin de siècle dernier (1,1,1-trichloroéthane ou T111 par exemple) ont disparu. Les solvants chlorés sont, pour la grande majorité, ininflammables et efficaces pour de nombreuses huiles, graisses, polymères...

Actuellement, on retrouve :

- ▶ Certains solvants chlorés comme le dichlorométhane ou le tétrachloroéthylène ainsi que le trichloroéthylène dont l'utilisation est de plus en plus sévèrement contrôlée.
- ▶ Des hydrofluoroalcanes (HFA) ou hydrofluorocarbures (HFC) dont le pouvoir de dissolution est faible. Ils sont donc souvent commercialisés en mélange avec des solvants plus puissants.
- ▶ Certains hydrofluoroéthers (HFE) pour des applications de nettoyage de précision. Comme les HFA ou HFC, ils sont souvent présentés en mélange.

Analyse des risques

3.1 Le risque chimique

3.1.1 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 **symboles de danger** :



T - Toxique



T+ - Très toxique



Xn - Nocif



Xi - Irritant



C - Corrosif



N - Dangereux pour l'environnement

– de **phrases de risque** :

Exemples (la liste exhaustive des phrases de risque est présentée en annexe) :

- R20 Nocif par inhalation
- R26 Très toxique par inhalation
- R45 Peut causer le cancer
- R60 Peut altérer la fertilité

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

Des **valeurs limites d'exposition professionnelle des salariés** sont recommandées ou imposées pour la prévention des maladies professionnelles. Elles correspondent aux niveaux de concentration dans l'air que peut respirer une personne pendant un temps déterminé sans risque d'altération pour sa santé (même si des modifications physiologiques **réversibles** sont parfois tolérées).

Ces valeurs sont :

- ▶ la **VLECT** (valeur limite d'exposition à court terme) (ou VLE) : 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 toxiques immédiats ;
- ▶ la **VME** (valeur moyenne d'exposition) : c'est la valeur moyenne maximale admissible pondérée pour 8 heures par jour.

Les **solvants organiques** volatils, utilisés pour le dégraissage des métaux, peuvent être dangereux pour l'homme.

De façon générale, ils sont irritants pour la peau et les muqueuses (dermites irritatives, eczémas). De plus, ils détruisent la barrière naturelle de la peau et favorisent le passage d'autres substances dangereuses.

L'inhalation de vapeurs de solvants peut entraîner une irritation des voies respiratoires, un état ébrieux (somnolence, fatigue, vertiges, nausées...).

Certains solvants ont des effets plus spécifiques qui doivent être connus des utilisateurs :

- ▶ C'est notamment le cas des **solvants organiques halogénés** qui sont en général nocifs ou même toxiques. Ils 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.

Certains solvants chlorés sont cancérogènes ou mutagènes, comme par exemple :

- trichloroéthylène : cancérogène catégorie 2 et mutagène catégorie 3 ;
- perchloroéthylène : cancérogène catégorie 3 ;
- dichlorométhane (ou chlorure de méthylène) : cancérogène catégorie 3.

- ▶ 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.

Numéro du tableau de maladies professionnelles (régime général)	Intitulé du tableau
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

L'utilisation des solvants organiques peut conduire au développement de pathologies professionnelles. Les principaux tableaux concernés sont présentés ci-dessus :

Les caractéristiques des solvants couramment utilisés pour le dégraissage des métaux sont rassemblées page suivante.

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.

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 irritations oculaires sur des personnes dont le système immunitaire est affaibli. Le fabricant doit donc fournir toutes les informations sur la pathogénicité des souches.

3.1.2 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 est 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 inflammable au contact d'une flamme ou d'une étincelle.

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).

Les produits pouvant conduire à un risque d'incendie sont repérables par :

► les symboles de danger :



F+ - Extrêmement inflammable



F - Facilement inflammable

► les phrases de risque :

- R10 Inflammable
- R11 Facilement inflammable
- R12 Extrêmement inflammable.
- R15 Au contact de l'eau, dégage des gaz extrêmement inflammables
- R17 Spontanément inflammable à l'air
- R18 Lors de l'utilisation, formation possible de mélange vapeur/air inflammable/-explosif
- R30 Peut devenir facilement inflammable pendant l'utilisation

Principales caractéristiques de quelques solvants

Nom	Point d'éclair	LIE	LSE	VME	VLECT (VLE)	Étiquetage
Toluène	4,4 °C	1,2	7,1	100 ppm (375 mg/m ³)	150 ppm (550 mg/m ³)	F, Xn
Xylènes	27 °C	1	7	50 ppm (221 mg/m ³)	100 ppm (442 mg/m ³)	Xn
Méthyléthylcétone	- 9 °C	1,8	11,5	200 ppm (600 mg/m ³)	300 ppm (900 mg/m ³)	F, Xi
Perchloroéthylène				50 ppm (335 mg/m ³)		Xn, N
Trichloroéthylène		8	90	75 ppm (405 mg/m ³)	200 ppm (1 080 mg/m ³)	T
Dichlorométhane		13	22	50 ppm (180 mg/m ³)	100 ppm (350 mg/m ³)	Xn
Acétone	- 18 °C	2,15	13	500 ppm (1 210 mg/m ³)		F
White-spirit	> 30 °C	0,6 à 0,8	6 à 8	1 000 mg/m ³ (*)	1 500 mg/m ³	Xn

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

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 inférieure 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'ignition.

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

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

Les solvants organiques non halogénés sont généralement inflammables. Le personnel les utilisant est donc 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'explosion.

3.1.3 Le risque de réactions dangereuses

Les solvants chlorés (dichlorométhane, trichloroéthylène, perchloroéthylène...) peuvent réagir violemment avec les métaux alcalins ou alcalino-terreux, 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).

3.2 Le risque « machines »

Le dégraissage nécessite l'emploi d'équipements divers qui présentent des risques qu'il convient de prendre en compte.

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...

3.2.2 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.

3.2.3 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 musculo-squelettiques.

3.2.4 Risques liés aux interventions

Les accès aux équipements et plus particulièrement à l'intérieur des machines comportent des risques graves : chute, choc, intoxication aiguë, anoxie, traumatisme musculosquelettique.

3.2.5 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.

3.2.6 Risques liés aux fuites et aux épanchements des produits

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

3.2.7 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...

3.2.8 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.

3.2.9 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.

3.2.10 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.

Prévention des risques

4.1 Démarche de prévention des risques

Pour toute nouvelle opération de dégraissage ou lorsqu'un changement de procédé ou de produit est envisagé, il est nécessaire d'étudier 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 moyens de mise en œuvre possibles et sur le produit utilisable.

Il convient de suivre les principes suivants :

- ▶ analyser l'opération à effectuer pour orienter le choix du produit et de la technique associée ;
- ▶ déterminer les mesures de prévention adaptées (choix des machines, type d'équipement complémentaire, aménagement du poste de travail...) au couple produit/procédé retenu ;
- ▶ privilégier le travail en machine dès que les conditions le permettent, en particulier dès que la série de pièces à traiter est suffisamment importante.

Compte tenu des contraintes réglementaires (COV, ATEX, CMR³), le choix de la famille de produit doit respecter la logique suivante :

- ▶ Lorsque les conditions techniques le permettent, il faut choisir des solutions aqueuses. Dans la mesure du possible, il convient de choisir les produits les moins agressifs (compositions détergentes neutres ou faiblement

alcalines) et les températures des bains les plus basses.

- ▶ Si les solutions aqueuses ne sont pas utilisables, les solvants inflammables peuvent être envisagés si le risque incendie/explosion est parfaitement maîtrisé (installations et équipements adaptés). Dans ce cas, il faut choisir un solvant ayant un point d'éclair le plus élevé possible (supérieur à 55 °C) et dont la valeur limite d'exposition est la plus élevée possible. L'utilisation de solvants dont le point d'éclair est inférieur à 55 °C doit être réservée pour les applications de dégraissage de métaux à froid. On peut aussi opter pour les solvants halogénés non étiquetés toxiques à condition d'utiliser des machines étanches maîtrisant efficacement les émissions. De plus, la toxicité des solvants doit être correctement évaluée. Cette toxicité peut, en effet, être différente à l'intérieur d'une même famille de produits (cas des éthers de glycol, par exemple).

4.2 Choix du procédé de dégraissage

Le tableau présenté ci-contre propose des possibilités de solutions alliant un procédé et un type de produit, ainsi que quelques mesures de prévention adaptées à chaque cas.

³ COV : composés organiques volatils.

ATEX : atmosphères explosives.

CMR : cancérigène, mutagène, reprotoxique.

Couples procédés/produits

Produits	Applications à froid	Applications à chaud
Aqueux	Pas utilisées ⁽¹⁾	Recommandées ⁽²⁾
Inflammables de PE < 55 °C	Utilisables avec précaution ⁽³⁾	Non utilisables ⁽⁴⁾
Inflammables de PE > 55 °C (type A3)	Utilisables ⁽⁵⁾	Exclusivement en machine : – température de travail > (PE – 20 °C) ⁽⁶⁾ – température de travail < (PE – 20 °C) ⁽⁷⁾
Chlorés	En machine ⁽⁸⁾	Exclusivement en machine ⁽⁹⁾

Commentaires sur le tableau :

⁽¹⁾ Les solutions aqueuses ne sont pas utilisées à froid car elles sont inefficaces.

⁽²⁾ 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'agira 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 (cf. brochure INRS ED 651, *Cuves et bains de traitement de surface. Guide pratique de ventilation 2*) ;
- prévenir les risques de projections lors de la préparation des bains (exothermicité des dissolutions) ;
- porter des EPI adaptés (gants, vêtements, écran facial).

⁽³⁾ 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.

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 :

- 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 ;
- interdire de fumer et 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.

⁽⁴⁾ L'utilisation à chaud de solvants de point d'éclair inférieur à 55 °C est à proscrire car le risque d'incendie/explosion est alors permanent, y compris lors d'étapes de chargement, de traitement de déchets.

⁽⁵⁾ L'utilisation manuelle, en bain ou en machine fermée, à froid, de solvants de point d'éclair supérieur à 55 °C est admissible pour des opérations limitées dans le temps.

⁽⁶⁾ L'utilisation de solvants à une température supérieure au point d'éclair diminué de 20 °C doit se faire en machine étanche dans des conditions prévenant le risque d'incendie/explosion (travail sous vide ou atmosphère inerte).

⁽⁷⁾ L'utilisation en machine fermée (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 20 °C.

⁽⁸⁾ L'utilisation de perchloroéthylène ou de chlorure de méthylène en machine fermée type « boîte à gants » (voir photo ci-contre) peut être envisagée si toutes les opérations sont effectuées en circuit fermé. Le trichloroéthylène doit être substitué si cela est techniquement possible.

⁽⁹⁾ À chaud, les solvants chlorés doivent être utilisés en machines étanches à cause de leur volatilité.



© Éric Rambour

Intérieur d'une machine fermée type « boîte à gants »

4.3 Les nouveaux produits

4.3.1 Les nouvelles solutions aqueuses

Il est possible de travailler à des températures plus basses avec des produits moins agressifs (au voisinage de la neutralité) en raison de l'amélioration des performances des tensio-actifs. Différentes techniques de filtration (ultrafiltration...) permettent de récupérer une partie des lessives et de séparer les huiles. L'osmose inverse appliquée aux bains de rinçage permet de réutiliser l'eau purifiée pour maintenir la concentration des bains et compenser l'évaporation.

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

L'adjonction de micro-organismes dans les solutions aqueuses permet la dégradation, par réaction enzymatique, des graisses et huiles. Utilisées en fontaine, cuves ou par pulvérisation, ces solutions de biodégraissage nécessitent de prendre des précautions telles que l'utilisation de gants.



Fontaine utilisant des solutions de biodégraissage

4.3.2 Les solvants organiques fluorés

De nouvelles substances apparaissent sur le marché pour pallier les restrictions grandissantes (exemple des HFE : hydrofluoroéther, ou HFA : hydrofluoroalcane). Utilisés actuellement dans des applications spécifiques en aéronautique et électronique, ces produits présentent un pouvoir solvant généralement faible. Ils peuvent être proposés en mélange ou avec d'autres solvants (mélanges dits azéotropiques) en complément avec un autre solvant (système cosolvant) pour améliorer les performances, chaque solvant étant contenu dans un bain séparé.



Système cosolvant

4.3.3 Les mélanges de solvants, les azéotropes, les cosolvants

De nouveaux mélanges d'hydrocarbures pétroliers sont proposés. Ils sont généralement plus homogènes chimiquement que leurs prédécesseurs avec des gammes resserrées de points d'ébullition et des teneurs en aromatiques indécélables.

Les solvants pétroliers proposés en mélange avec des substances chlorées ou fluorées sont généralement étiquetées ininflammables, la présence de solvant halogéné dans un mélange permettant d'augmenter fortement le point d'éclair apparent. 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 la phrase de risque R30 « Peut devenir facilement inflammable pendant l'utilisation ».

Une attention particulière doit être apportée 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 soit par la phrase de risque R30 comme précédemment, soit par la phrase R18 « Lors de l'utilisation, formation possible de mélange vapeur/air inflammable/explosif ».

4.3.4 Les solvants autres que les solvants pétroliers

Ce sont des produits tels que les terpènes, les éthers de glycol... Tous ces produits sont visés par le tableau de maladies professionnelles n° 84 relatif aux affections engendrées par les solvants organiques.

Les terpènes sont de plus visés par le tableau n° 65 relatif aux lésions eczématiformes de mécanisme allergique. Les éthers de glycol sont peu

volatils mais agissent sur l'organisme par pénétration percutanée, et certains d'entre eux ont des effets toxiques sur l'homme. On trouve aussi sur le marché des agrosolvants (issus d'essences végétales) et des DBE (esters dibasiques), qui, bons dégraissants, nécessitent souvent un rinçage des pièces.

4.4 Les nouvelles technologies

Elles permettront, dans un futur proche, d'offrir des alternatives intéressantes à l'utilisation des solvants pour le nettoyage. On peut citer les techniques du plasma à froid, le nettoyage cryogénique ou l'emploi de CO₂ supercritique.

Le CO₂ supercritique

Le dioxyde de carbone (CO₂) présente un point critique à 73 bars et 31 °C, valeurs au-delà desquelles il est dit « supercritique » et se trouve dans un état intermédiaire entre liquide et gaz qui en fait un solvant intéressant pour le nettoyage de matériaux. Cette technique est en cours de développement.

Conception des machines : recommandations de sécurité

L'acquisition d'une machine doit 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 recommandations spécifiques qui sont présentées de manière non exhaustive dans la suite de ce chapitre.

Il est à noter qu'une série de normes NFEN 12921 « Machines de nettoyage et de prétraitement de pièces industrielles utilisant des liquides et des vapeurs » a été homologuée. Ces normes s'adressent notamment aux concepteurs de machines, aux distributeurs de produits et aux utilisateurs.

5.1 Recommandations générales de sécurité

Les différentes machines de dégraissage utilisant des liquides ou des vapeurs présentent des phénomènes dangereux communs. En effet, les machines concernées peuvent comporter les 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 transporteurs de pièces à dégraisser ;
- ▶ ...

Le procédé de dégraissage doit être choisi en veillant à la compatibilité chimique entre le solvant envisagé, la nature de la saleté et les matériaux de la machine. Tout changement de solvant doit faire l'objet d'une étude incluant des essais, 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.

5.1.1 Risques mécaniques

Les couvercles et les trappes de visite des machines seront de préférence coulissants ou, à défaut, articulés et si possible équilibrés pour éviter tout risque de coincement ou de sectionnement.



Utilisation d'un palan pour la manipulation des paniers

Les pièces seront manipulées avec des moyens appropriés afin d'empêcher l'opérateur de se blesser ou d'exercer des efforts physiques excessifs. En particulier, la manutention de charges de poids supérieur à 20 kg doit être mécanisée. Le matériel de manutention répondra aux règles de sécurité. Il sera installé de manière à ne pas créer de nouveaux risques. En particulier, les zones dangereuses ne devront pas être accessibles aux opérateurs.

Sur les machines à introduction mécanisée, les couvercles et carters seront munis de dispositifs de verrouillage de sorte que leur ouverture provoque l'arrêt du transfert des pièces.



© Yves Cousson/NRS

Machine lessivienne à alimentation automatisée

5.1.2 Risques thermiques

La prévention du risque de brûlure thermique et d'incendie 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 ;
- ▶ 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.

5.1.3 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 exister non seulement dans le domaine audible, mais aussi dans le domaine inaudible.

5.1.4 Risque électrique

L'appareillage électrique doit être conforme aux règles en vigueur, les masses doivent notamment être interconnectées et branchées en conformité avec le régime de distribution de l'atelier. Seuls les organes de contrôle doivent être directement accessibles de l'extérieur.

En cas de dysfonctionnement de la machine, seule une personne qualifiée et habilitée pourra intervenir sur le réseau électrique.

5.1.5 Risques 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.



© NRS

Fûts de sécurité

Les égouttures avant et après traitement des pièces doivent être collectées. On respectera, en particulier, les temps de séchage.

Si un des organes de la machine est susceptible de créer une surpression, des systèmes de décharge de pression localisés dans des endroits sûrs doivent être prévus.

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 0,3 VME⁴ autour de la machine en fonctionnement permet d'éviter les atteintes à la santé du personnel.

⁴ Voir paragraphe 3.1.1.

5.2 Recommandations spécifiques aux machines lessivielles



Machine lessivielle multicuve

© Vincent Gremillet/INRS

5.2.1 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 lessivielles.

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...).

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.

5.2.2 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 n° 2 de l'INRS⁵ qui concerne la ventilation des baignoires 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.



Machine lessivielle par aspersion

© Vincent Gremillet/INRS

5.2.3 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.

5.3 Recommandations spécifiques aux machines utilisant des solvants halogénés

L'utilisation de solvants chlorés ne peut être envisagée qu'en machine étanche sauf cas particuliers (utilisations de très courtes durées). D'autres solvants halogénés (HFE par exemple) peuvent être utilisés dans des machines ouvertes sous les réserves présentées dans ce chapitre.

5.3.1 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

⁵ Brochure INRS ED 651, Cuves et baignoires de traitement de surface (Guide pratique de ventilation 2).

de vidange du solvant usé, munis au moins d'une vanne et d'un bouchon (ou équivalent) permettant la connexion d'une pompe. La cuve de stockage de solvant usé possèdera un fond incliné permettant sa vidange totale.

5.3.1.1 Machines étanches



Machine étanche à alimentation automatisée

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/m^3 ⁽⁶⁾ ou à la VLE du solvant si celle-ci est inférieure à 1 g/m^3 .

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 retenu.

⁽⁶⁾ La valeur de 1 g/m^3 correspond à la VLE du trichloroéthylène.



Machine avec la sortie d'air épuré raccordée sur l'extérieur

On veillera à ce que la conception de la machine et ses équipements permettent les interventions habituelles de maintenance (vidage 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.

5.3.1.2 Cuves ouvertes

Ce type de machines n'est réservé qu'aux situations particulières (solvants non chlorés et non reconnus dangereux). En cas d'utilisation d'un cosolvant ou de différents solvants dans plusieurs cuves, une attention particulière sera portée sur la nature des produits. S'il s'agit de liquides inflammables (solvant A3 ou autre), on se reportera au chapitre correspondant.



Machines à cuves ouvertes

Les machines doivent être munies de systèmes de condensation garantissant un niveau de vapeur saturante limité à la partie inférieure des serpents. 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.

Dans certains cas, le capotage de la partie supérieure de la cuve et sa mise en dépression au moyen d'une extraction mécanique d'air peuvent s'avérer nécessaires (cas des cuves de largeur supérieure à 0,8 m). 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 doivent être maintenues 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.

5.3.2 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) 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.

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.

5.4 Recommandations spécifiques aux machines utilisant des solvants inflammables

Les solvants inflammables doivent être utilisés en machine étanche exceptés 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.



Machine étanche utilisant un solvant de type A3

Dans tous les cas :

- Définir les différentes zones à risque d'explosivité dans la machine et son environnement.
- Supprimer toute source d'inflammation susceptible de déclencher un incendie dans les zones à risque d'explosion (flamme nue, points chauds tels postes de soudage, fours de traitement thermique...).
- Appliquer l'interdiction de fumer dans les ateliers.
- Prévenir les risques inhérents aux décharges d'électricité électrostatique, par exemple, en installant des liaisons équipotentielle et des masses métalliques (mise 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 sera limitée (utilisation de paniers munis de couvercles).
- Limiter les équipements (électriques en particulier) dans les zones à risque d'explosion et les adapter au classement de la zone.

5.4.1 Dégraissage à froid

À froid (c'est-à-dire sans apport de calories), on choisira préférentiellement des solvants de point d'éclair supérieur à 55 °C.

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

5.4.2 Dégraissage à chaud

5.4.2.1 Prévention de la création 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 **exclusivement** des solvants de point d'éclair supérieur à 55 °C qui seront utilisés en machine étanche.

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

▸ Limitation de la température de travail

Si la prévention est basée sur la limitation de la température de travail, on aura soin de toujours respecter le concept suivant :

$$\text{Température de travail} < \text{Température limite} < \text{Point d'éclair} - 20 \text{ °C}$$

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 d'éclair à prendre en compte pour la détermination de la température limite est le point d'éclair du composé inflammable.

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

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 EN 12921).

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 inerte (souvent de l'azote) jusqu'à une concentration en oxygène inférieure à 7 % volumique⁷.

Dans ce cas, un système de détection de débit et de pression est prévu sur l'alimentation en gaz inerte. 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 inférieures à 25 % de la LIE⁸ et être rejetées, après épuración, 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.

5.4.2.2 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 ⁽⁹⁾ ou à la VLE 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 retenu.

On veillera à ce que la conception de la machine et ses équipements permettent les interventions habituelles de maintenance (vidage 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.

5.4.2.3 Prévention de la formation de substances explosives

Lors de leur régénération, les solvants souillés ne doivent pas être distillés à sec 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).

5.4.2.4 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.

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).

⁷ Valeur déterminée par la norme EN 12921-3.

⁸ La LIE est la limite inférieure d'explosion qui correspond à la concentration minimale de solvants inflammables dans l'air permettant des conditions d'explosivité.

⁹ La valeur de 1 g/m³ correspond à la VLE du trichloroéthylène.

Installation

L'étude des conditions d'implantation est indispensable pour compléter les mesures de prévention définies lors de la conception des machines.

6.1 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., principalement lors de l'utilisation de solvants inflammables 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 plate-forme de travail.

6.2 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.

6.3 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).

6.4 Prévention des fuites

Le sol sur lequel risque d'être déversé accidentellement du solvant doit être muni d'un revêtement étanche et inattaquable. 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).

6.5 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

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.

7.2 Utilisation de la machine

Le personnel opérant sur la machine doit suivre une formation adaptée à son utilisation et aux situations d'urgence pouvant se présenter.

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 consignes en cas d'incidents ;
- les 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 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... Les instruments de contrôle de ces mesures doivent être surveillés en continu.



Système automatisé de contrôle/commande

7.3 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.

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.

7.4 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 à cause de la présence de vapeurs de solvants.

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.

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 deux documents suivants : la recommandation de la CNAMTS R 276 et la brochure INRS ED 703 *Espaces confinés (Guide pratique de ventilation 8)*.

Avant toute intervention dans la zone d'implantation de la machine à dégraisser, il convient :

- ▶ de ventiler suffisamment pour évacuer les vapeurs résiduelles et apporter de l'air frais (le branchement électrique des systèmes de ventilation est indépendant de la machine) ;
- ▶ de fermer toutes les ouvertures de la machine (couvercle et capotage des cuves, portes des machines étanches...) ;
- ▶ d'interrompre l'alimentation électrique de la machine en appliquant la procédure de consignation ;
- ▶ d'attendre le refroidissement complet de la machine.

Liste des phrases de risque

R1	Explosif à l'état sec	R26	Très toxique par inhalation
R2	Risque d'explosion par le choc, la friction, le feu ou d'autres sources d'ignition	R27	Très toxique par contact avec la peau
R3	Grand risque d'explosion par le choc, la friction, le feu ou d'autres sources d'ignition	R28	Très toxique en cas d'ingestion
R4	Forme des composés métalliques explosifs très sensibles	R29	Au contact de l'eau, dégage des gaz toxiques
R5	Danger d'explosion sous l'action de la chaleur	R30	Peut devenir facilement inflammable pendant l'utilisation
R6	Danger d'explosion en contact ou sans contact avec l'air	R31	Au contact d'un acide, dégage un gaz toxique
R7	Peut provoquer un incendie	R32	Au contact d'un acide, dégage un gaz très toxique
R8	Favorise l'inflammation des matières combustibles	R33	Danger d'effets cumulatifs
R9	Peut exploser en mélange avec des matières combustibles	R34	Provoque des brûlures
R10	Inflammable	R35	Provoque de graves brûlures
R11	Facilement inflammable	R36	Irritant pour les yeux
R12	Extrêmement inflammable	R37	Irritant pour les voies respiratoires
R14	Réagit violemment au contact de l'eau	R38	Irritant pour la peau
R15	Au contact de l'eau, dégage des gaz extrêmement inflammables	R39	Danger d'effets irréversibles très graves
R16	Peut exploser en mélange avec des substances comburantes	R40	Effet cancérigène suspecté – preuves insuffisantes
R17	Spontanément inflammable à l'air	R41	Risque de lésions oculaires graves
R18	Lors de l'utilisation, formation possible de mélange vapeur/air inflammable/explosif	R42	Peut entraîner une sensibilisation par inhalation
R19	Peut former des peroxydes explosifs	R43	Peut entraîner une sensibilisation par contact avec la peau
R20	Nocif par inhalation	R44	Risque d'explosion si chauffé en ambiance confinée
R21	Nocif par contact avec la peau	R45	Peut provoquer le cancer
R22	Nocif en cas d'ingestion	R46	Peut provoquer des altérations génétiques héréditaires
R23	Toxique par inhalation	R48	Risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée
R24	Toxique par contact avec la peau	R49	Peut provoquer le cancer par inhalation
R25	Toxique en cas d'ingestion	R50	Très toxique pour les organismes aquatiques

R51	Toxique pour les organismes aquatiques	R24/25	Toxique par contact avec la peau et par ingestion
R52	Nocif pour les organismes aquatiques	R26/27	Très toxique par inhalation et par contact avec la peau
R53	Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique	R26/28	Très toxique par inhalation et par ingestion
R54	Toxique pour la flore	R26/27/28	Très toxique par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion
R55	Toxique pour la faune	R27/28	Très toxique par contact avec la peau et par ingestion
R56	Toxique pour les organismes du sol	R36/37	Irritant pour les yeux et les voies respiratoires
R57	Toxique pour les abeilles	R36/38	Irritant pour les yeux et la peau
R58	Peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement	R36/37/38	Irritant pour les yeux, les voies respiratoires et la peau
R59	Dangereux pour la couche d'ozone	R37/38	Irritant pour les voies respiratoires et la peau
R60	Peut altérer la fertilité	R39/23	Toxique : danger d'effets irréversibles très graves par inhalation
R61	Risque pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant	R39/24	Toxique : danger d'effets irréversibles très graves par contact avec la peau
R62	Risque possible d'altération de la fertilité	R39/25	Toxique : danger d'effets irréversibles très graves par ingestion
R63	Risque possible pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant	R39/23/24	Toxique : danger d'effets irréversibles très graves par inhalation et par contact avec la peau
R64	Risque possible pour les bébés nourris au lait maternel	R39/23/25	Toxique : danger d'effets irréversibles très graves par inhalation et par ingestion
R65	Nocif : peut provoquer une atteinte des poumons en cas d'ingestion	R39/24/25	Toxique : danger d'effets irréversibles très graves par contact avec la peau et par ingestion
R66	L'exposition répétée peut provoquer dessèchement ou gerçures de la peau	R39/23/24/25	Toxique : danger d'effets irréversibles très graves par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion
R67	L'inhalation de vapeurs peut provoquer somnolence et vertiges	R39/26	Très toxique : danger d'effets irréversibles très graves par inhalation
R68	Possibilité d'effets irréversibles	R39/27	Très toxique : danger d'effets irréversibles très graves par contact avec la peau
R14/15	Réagit violemment au contact de l'eau en dégageant des gaz extrêmement inflammables	R39/28	Très toxique : danger d'effets irréversibles très graves par ingestion
R15/29	Au contact de l'eau, dégage des gaz toxiques et extrêmement inflammables	R39/26/27	Très toxique : danger d'effets irréversibles très graves par inhalation et par contact avec la peau
R20/21	Nocif par inhalation et par contact avec la peau	R39/26/28	Très toxique : danger d'effets irréversibles très graves par inhalation et par ingestion
R20/22	Nocif par inhalation et par ingestion		
R20/21/22	Nocif par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion		
R21/22	Nocif par contact avec la peau et par ingestion		
R23/24	Toxique par inhalation et par contact avec la peau		
R23/25	Toxique par inhalation et par ingestion		
R23/24/25	Toxique par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion		

R39/26/27/28	Très toxique : danger d'effets irréversibles très graves par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion	R48/23/25	Toxique : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par inhalation et par ingestion
R42/43	Peut entraîner une sensibilisation par inhalation et par contact avec la peau	R48/24/25	Toxique : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par contact avec la peau et par ingestion
R48/20	Nocif : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par inhalation	R48/23/24/25	Toxique : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion
R48/21	Nocif : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par contact avec la peau	R50/53	Très toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique
R48/22	Nocif : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par ingestion	R51/53	Toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique
R48/20/21	Nocif : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par inhalation et par contact avec la peau	R52/53	Nocif pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique
R48/20/22	Nocif : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par inhalation et par ingestion	R68/20	Nocif : possibilité d'effets irréversibles par inhalation
R48/21/22	Nocif : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par contact avec la peau et par ingestion	R68/21	Nocif : possibilité d'effets irréversibles par contact avec la peau
R48/20/21/22	Nocif : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion	R68/22	Nocif : possibilité d'effets irréversibles par ingestion
R48/23	Toxique : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par inhalation	R68/20/21	Nocif : possibilité d'effets irréversibles par inhalation et par contact avec la peau
R48/24	Toxique : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par contact avec la peau	R68/20/22	Nocif : possibilité d'effets irréversibles par inhalation et par ingestion
R48/25	Toxique : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par ingestion	R68/21/22	Nocif : possibilité d'effets irréversibles par contact avec la peau et par ingestion
R48/23/24	Toxique : risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par inhalation et par contact avec la peau	R68/20/21/22	Nocif : possibilité d'effets irréversibles par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion

Liste des conseils de prudence

S1	Conserver sous clé	S26	En cas de contact avec les yeux, laver immédiatement et abondamment avec de l'eau et consulter un spécialiste
S2	Conserver hors de la portée des enfants	S27	Enlever immédiatement tout vêtement souillé ou éclaboussé
S3	Conserver dans un endroit frais	S28	Après contact avec la peau, se laver immédiatement et abondamment avec ... (produits appropriés à indiquer par le fabricant)
S4	Conserver à l'écart de tout local d'habitation	S29	Ne pas jeter les résidus à l'égout
S5	Conserver sous ... (liquide approprié à spécifier par le fabricant)	S30	Ne jamais verser de l'eau dans ce produit
S6	Conserver sous ... (gaz inerte à spécifier par le fabricant)	S33	Éviter l'accumulation de charges électrostatiques
S7	Conserver le récipient bien fermé	S35	Ne se débarrasser de ce produit et de son récipient qu'en prenant toutes précautions d'usage
S8	Conserver le récipient à l'abri de l'humidité	S36	Porter un vêtement de protection approprié
S9	Conserver le récipient dans un endroit bien ventilé	S37	Porter des gants appropriés
S12	Ne pas fermer hermétiquement le récipient	S38	En cas de ventilation insuffisante, porter un appareil respiratoire approprié
S13	Conserver à l'écart des aliments et boissons, y compris ceux pour animaux	S39	Porter un appareil de protection des yeux / du visage
S14	Conserver à l'écart des ... (matières incompatibles à indiquer par le fabricant)	S40	Pour nettoyer le sol ou les objets souillés par ce produit, utiliser ... (à préciser par le fabricant)
S15	Conserver à l'écart de la chaleur	S41	En cas d'incendie et/ou d'explosion, ne pas respirer les fumées
S16	Conserver à l'écart de toute flamme ou source d'étincelles – Ne pas fumer	S42	Pendant les fumigations/pulvérisations, porter un appareil respiratoire approprié (terme(s) approprié(s) à indiquer par le fabricant)
S17	Tenir à l'écart des matières combustibles	S43	En cas d'incendie, utiliser ... (moyens d'extinction à préciser par le fabricant ; si l'eau augmente les risques, ajouter : « Ne jamais utiliser d'eau »)
S18	Manipuler et ouvrir le récipient avec prudence	S45	En cas d'accident ou de malaise, consulter immédiatement un médecin (si possible lui montrer l'étiquette)
S20	Ne pas manger et ne pas boire pendant l'utilisation		
S21	Ne pas fumer pendant l'utilisation		
S22	Ne pas respirer les poussières		
S23	Ne pas respirer les gaz/fumées/vapeurs/aérosols (terme(s) approprié(s) à indiquer par le fabricant)		
S2	Éviter le contact avec la peau		
S25	Éviter le contact avec les yeux		

- S46** En cas d'ingestion, consulter immédiatement un médecin et lui montrer l'emballage ou l'étiquette
- S47** Conserver à une température ne dépassant pas ... °C (à préciser par le fabricant)
- S48** Maintenir humide avec ... (moyen approprié à préciser par le fabricant)
- S49** Conserver uniquement dans le récipient d'origine
- S50** Ne pas mélanger avec ... (à spécifier par le fabricant)
- S51** Utiliser seulement dans des zones bien ventilées
- S52** Ne pas utiliser sur de grandes surfaces dans les locaux habités
- S53** Éviter l'exposition – se procurer des instructions spéciales avant l'utilisation
- S56** Éliminer ce produit et son récipient dans un centre de collecte des déchets dangereux ou spéciaux
- S57** Utiliser un récipient approprié pour éviter toute contamination du milieu ambiant
- S59** Consulter le fabricant/fournisseur pour des informations relatives à la récupération / au recyclage
- S60** Éliminer le produit et son récipient comme un déchet dangereux
- S61** Éviter le rejet dans l'environnement Consulter les instructions spéciales / la fiche de données de sécurité
- S62** En cas d'ingestion, ne pas faire vomir Consulter immédiatement un médecin et lui montrer l'emballage ou l'étiquette
- S63** En cas d'accident par inhalation, transporter la victime hors de la zone contaminée et la garder au repos
- S64** En cas d'ingestion, rincer la bouche avec de l'eau (seulement si la personne est consciente)

Combinaison des phrases S

- S1/2** Conserver sous clef et hors de portée des enfants
- S3/7** Conserver le récipient bien fermé dans un endroit frais
- S3/9/14** Conserver dans un endroit frais et bien ventilé à l'écart des ... (matières incompatibles à indiquer par le fabricant)
- S3/9/14/49** Conserver uniquement dans le récipient d'origine dans un endroit frais et bien ventilé à l'écart de ... (matières incompatibles à indiquer par le fabricant)
- S3/9/49** Conserver uniquement dans le récipient d'origine dans un endroit frais et bien ventilé
- S3/14** Conserver dans un endroit frais à l'écart des ... (matières incompatibles à indiquer par le fabricant)
- S7/8** Conserver le récipient bien fermé et à l'abri de l'humidité
- S7/9** Conserver le récipient bien fermé et dans un endroit bien ventilé
- S7/47** Conserver le récipient bien fermé et à une température ne dépassant pas ... °C (à préciser par le fabricant)
- S20/21** Ne pas manger, ne pas boire et ne pas fumer pendant l'utilisation
- S24/25** Éviter le contact avec la peau et les yeux
- S27/28** Après contact avec la peau, enlever immédiatement tout vêtement souillé ou éclaboussé et se laver immédiatement et abondamment avec ... (produits appropriés à indiquer par le fabricant)
- S29/35** Ne pas jeter les résidus à l'égout ; ne se débarrasser de ce produit et de son récipient qu'en prenant toutes les précautions d'usage
- S29/56** Ne pas jeter les résidus à l'égout, éliminer ce produit et son récipient dans un centre de collecte des déchets dangereux ou spéciaux
- S36/37** Porter un vêtement de protection et des gants appropriés
- S36/37/39** Porter un vêtement de protection approprié, des gants et un appareil de protection des yeux / du visage
- S36/39** Porter un vêtement de protection approprié et un appareil de protection des yeux / du visage
- S37/39** Porter des gants appropriés et un appareil de protection des yeux / du visage
- S47/49** Conserver uniquement dans le récipient d'origine à une température ne dépassant pas ... °C (à préciser par le fabricant)

À chaud :	muni de systèmes d'apport calorifique
À froid :	à 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 qui présente, à ébullition, la même composition dans les phases liquide et vapeur
CMR :	cancérogène, mutagène, toxique pour la reproduction
COV :	composé organique volatil caractérisé par une tension de vapeur supérieure à 0,01 kPa à 20 °C
DBE :	dibasicesters constitués d'un mélange d'adipate, de glutarate et de succinate de diméthyle
Dégraissage :	traitement d'une surface visant à éliminer les polluants organiques
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
Hydrocarbure A3 :	hydrocarbures de point d'éclair supérieur à 55 °C
Inertage :	élimination de l'oxygène dans une atmosphère
Inflammable :	produit possédant un point d'éclair
LSE :	limite supérieure d'explosivité
LIE :	limite inférieure d'explosivité
Point d'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 0 à 10 km d'altitude environ
Substance :	produit pur éventuellement stabilisé
TMS :	troubles musculosquelettiques
Troposphère :	couche de l'atmosphère s'étendant de 0 à 10 km d'altitude environ
VLECT :	valeur limite d'exposition, mesurée sur une durée maximale de 15 minutes
VME :	valeur limite de moyenne d'exposition, mesurée sur un poste de travail de 8 heures

Documents publiés par l'INRS

Tous ces documents sont disponibles dans les CRAM et CGSS et téléchargeables sur le site www.inrs.fr.

- *Dégraissage des métaux. Choix des techniques et des produits*, coll. « Fiche pratique de sécurité », ED 48
- *Solvants de dégraissage*, coll. « Fiche pratique de sécurité », ED 95
- *Cuves et baigns de traitement de surface (Guide pratique de ventilation 2)*, ED 651
- *Cabines d'application par pulvérisation de produits liquides (Guide pratique de ventilation 9.1)*, ED 839
- C. David, « Évaluation des risques des fontaines de biodégradation des graisses », PR 20, *Hygiène et sécurité du travail*, n° 201, 2005, p. 73-79

Autres documents

Machines de nettoyage et de prétraitement de pièces industrielles utilisant des liquides ou des vapeurs, NFEN 12921, AFNOR, oct. 2005

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

Pour commander les films (en prêt), les brochures et les affiches de l'INRS, adressez-vous au service prévention de votre CRAM ou CGSS.

Services prévention des CRAM

ALSACE-MOSELLE

(67 Bas-Rhin)
14 rue Adolphe-Seyboth
BP 10392
67010 Strasbourg cedex
tél. 03 88 14 33 00
fax 03 88 23 54 13
www.cram-alsace-moselle.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.cram-alsace-moselle.fr

(68 Haut-Rhin)
11 avenue De-Lattre-de-Tassigny
BP 70488
68018 Colmar cedex
tél. 03 89 21 62 20
fax 03 89 21 62 21
www.cram-alsace-moselle.fr

AQUITAINE

(24 Dordogne, 33 Gironde,
40 Landes, 47 Lot-et-Garonne,
64 Pyrénées-Atlantiques)
80 avenue de la Jallère
33053 Bordeaux cedex
tél. 05 56 11 64 00
fax 05 56 39 55 93
documentation.prevention@cramaquaine.fr

AUVERGNE

(03 Allier, 15 Cantal, 43 Haute-Loire,
63 Puy-de-Dôme)
48-50 boulevard Lafayette
63058 Clermont-Ferrand cedex 1
tél. 04 73 42 70 22
fax 04 73 42 70 15
preven.cram@wanadoo.fr

BOURGOGNE et 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)
ZAE Cap-Nord
38 rue de Cracovie
21044 Dijon cedex
tél. 03 80 70 51 22
fax 03 80 70 51 73
prevention@cram-bfc.fr

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
www.cram-bretagne.fr

CENTRE

(18 Cher, 28 Eure-et-Loir, 36 Indre,
37 Indre-et-Loire, 41 Loir-et-Cher, 45 Loiret)
36 rue Xaintrailles
45033 Orléans cedex 1
tél. 02 38 51 50 00
fax 02 38 79 70 30
prev@cram-centre.fr

CENTRE-OUEST

(16 Charente, 17 Charente-Maritime,
19 Corrèze, 23 Creuse, 79 Deux-Sèvres,
86 Vienne, 87 Haute-Vienne)
4 rue de la Reynie
87048 Limoges cedex
tél. 05 55 45 39 04
fax 05 55 79 00 64
doc.tapr@cram-centreouest.fr

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
prevention.atmp@cramif.cnamts.fr

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@cram-lr.fr

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
tél. 05 62 14 29 30
fax 05 62 14 26 92
doc.prev@cram-mp.fr

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
service.prevention@cram-nordest.fr

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 63 40
www.cram-nordpicardie.fr

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 21
fax 02 35 03 58 29
catherine.lefebvre@cram-normandie.fr
dominique.morice@cram-normandie.fr

PAYS DE LA LOIRE

(44 Loire-Atlantique, 49 Maine-et-Loire,
53 Mayenne, 72 Sarthe, 85 Vendée)
2 place de Bretagne
BP 93405, 44034 Nantes cedex 1
tél. 02 51 72 84 00
fax 02 51 82 31 62
prevention@cram-pl.fr

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 96 96
fax 04 72 91 97 09
preventionrp@cramra.fr

SUD-EST

(04 Alpes-de-Haute-Provence,
05 Hautes-Alpes, 06 Alpes-Maritimes,
13 Bouches-du-Rhône, 2A Corse 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@cram-sudest.fr

Services prévention des 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

GUYANE

Espace Turenne Radamonthe
Route de Raban, BP 7015
97307 Cayenne cedex
tél. 05 94 29 83 04
fax 05 94 29 83 01

LA RÉUNION

4 boulevard Doret
97405 Saint-Denis cedex
tél. 02 62 90 47 00
fax 02 62 90 47 01
prevention@cgss-reunion.fr

MARTINIQUE

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

Les pratiques concernant le dégraissage doivent évoluer afin de répondre à des réglementations de plus en plus contraignantes. 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 machine/produits 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
30, rue Olivier-Noyer 75680 Paris cedex 14 • Tél. 01 40 44 30 00
Fax 01 40 44 30 99 • Internet : www.inrs.fr • e-mail : info@inrs.fr

Édition INRS ED 964

1^{re} édition • juillet 2006 • 5 000 ex. • ISBN 2-7389-1323-7