

Ateliers de traitement de surface

# Prévention des risques chimiques

Santé et sécurité des personnes



---

## L'INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SÉCURITÉ

L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS) est une association déclarée sans but lucratif (loi du 1<sup>er</sup> juillet 1901), constituée sous l'égide de la Caisse nationale de l'assurance maladie. Il est placé sous la tutelle des pouvoirs publics et le contrôle financier de l'État. Son conseil d'administration est composé en nombre égal de représentants du Conseil national du patronat français et des organisations syndicales de salariés.

L'INRS apporte son concours aux services ministériels, à la Caisse nationale de l'assurance maladie, aux Caisses régionales d'assurance maladie, aux comités d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail, aux entreprises, enfin à toute personne, employeur ou salarié, qui s'intéresse à la prévention. L'INRS recueille, élabore et diffuse toute documentation intéressant l'hygiène et la sécurité du travail : brochures, dépliants, affiches, films, renseignements bibliographiques... Il forme des techniciens de la prévention et procède en son centre de recherche de Nancy aux études permettant d'améliorer les conditions de sécurité et l'hygiène de travail.

Les publications de l'INRS sont distribuées par les Caisses régionales d'assurance maladie. Pour les obtenir, adressez-vous au service prévention de la Caisse régionale de votre circonscription, dont vous trouverez l'adresse en fin de brochure.

## LES CAISSES RÉGIONALES D'ASSURANCE MALADIE

Les Caisses régionales d'assurance maladie disposent, pour diminuer les risques professionnels dans leur région, d'un service prévention composé d'ingénieurs-conseils et de contrôleurs de sécurité. Par les contacts fréquents que ces derniers ont avec les entreprises, ils sont à même non seulement de déceler les risques professionnels particuliers à chacune d'elles, mais également de préconiser les mesures préventives les mieux adaptées aux différents postes dangereux et d'apporter, par leurs conseils, par la diffusion de la documentation éditée par l'Institut national de recherche et de sécurité, une aide particulièrement efficace à l'action des comités d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail.

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 392  
67010 Strasbourg cedex  
tél. 03.88.14.33.00  
fax 03.88.23.54.13

(57 Moselle)

3 place du Roi-George  
BP 1062  
57036 Metz cedex 1  
tél. 03.87.66.86.22  
fax 03.87.55.98.65

(68 Haut-Rhin)

11 avenue De-Lattre-de-Tassigny  
BP 488  
68020 Colmar cedex  
tél. 03.89.21.62.20  
fax 03.89.21.62.21

### 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

### AUVERGNE

(03 Allier, 15 Cantal, 43 Haute-Loire,  
63 Puy-de-Dôme)  
48-50 boulevard Lafayette  
63000 Clermont-Ferrand  
tél. 04.73.42.70.22  
fax 04.73.42.70.15

### BOURGOGNE-FRANCHE-COMTÉ

(21 Côte-d'Or, 25 Doubs, 39 Jura,  
58 Nièvre, 70 Haute-Saône,  
71 Saône-et-Loire, 89 Yonne,  
90 Territoire de Belfort)  
ZAE Cap-Nord  
38 rue de Cracovie  
21044 Dijon cedex  
tél. 03.80.70.51.22  
fax 03.80.70.51.73

### 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

### CENTRE

(18 Cher, 28 Eure-et-Loir, 36 Indre,  
37 Indre-et-Loire, 41 Loir-et-Cher, 45 Loiret)  
36 rue Xaintraillies  
45033 Orléans cedex 1  
tél. 02.38.79.70.00  
fax 02.38.79.70.30

### 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. 05.55.45.39.00  
fax 05.55.77.40.64

### ÎLE-DE-FRANCE

(75 Seine, 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

### LANGUEDOC-ROUSSILLON

(11 Aude, 30 Gard, 34 Hérault,  
48 Lozère, 66 Pyrénées-Orientales)  
29 cours Gambetta  
34068 Montpellier cedex 2  
tél. 04.67.69.69.47  
fax 04.67.69.64.98

### 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  
tél. 05.62.14.29.30  
fax 05.62.14.26.92

### 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

### 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

### 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

### PAYS DE LA LOIRE

(44 Loire-Atlantique, 49 Maine-et-Loire,  
53 Mayenne, 72 Sarthe, 85 Vendée)  
7 rue du Président Édouard Herriot  
BP 93405, 44034 Nantes cedex 1  
tél. 02.51.72.84.00  
fax 02.51.82.31.62

### 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

### 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 04.91.85.79.01

## 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

### 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

### MARTINIQUE

Quartier Place-d'Armes  
97232 Le Lamentin, BP 576  
97207 Fort-de-France cedex  
tél. 05.96.66.50.79  
fax 05.96.51.54.00

Ce document est destiné  
à toutes les personnes  
(chef d'entreprise, responsable  
d'atelier, médecin du travail,  
préventeur, formateur)  
qui veulent entreprendre  
une action de prévention  
dans un atelier de traitement  
de surface.

Dans l'activité du traitement  
de surface, des produits  
chimiques très variés  
sont utilisés. La plupart  
de ces produits sont dangereux  
et susceptibles de provoquer  
des accidents, directement  
lors de leur utilisation, à la suite  
d'une réaction intempestive  
ou en raison de leur caractère  
inflammable. Ils peuvent aussi  
entraîner des maladies  
professionnelles.

Les différentes situations  
à risque sont présentées afin  
d'effectuer une analyse  
rigoureuse des risques pour  
toutes les installations existantes  
ou les projets de réalisation.  
Les mesures de prévention  
correspondant à chaque  
situation à risque sont ensuite  
définies.

Les conditions de mise  
en œuvre sont également  
précisées.



Ateliers de traitement de surface  
**Prévention**  
**des risques chimiques**  
Santé et sécurité des personnes

---

Ateliers de traitement de surface  
**Prévention**  
**des risques chimiques**  
Santé et sécurité des personnes



Ce document est destiné à toutes les personnes (chef d'entreprise, responsable d'atelier, médecin du travail, préventeur, formateur) qui veulent entreprendre une action de prévention dans un atelier de traitement de surface.

La maîtrise des risques chimiques fait partie intégrante du management de l'entreprise car elle est indissociable de l'assurance-qualité et du respect de l'environnement. Elle doit être clairement affichée dans les objectifs du chef d'entreprise afin d'être acceptée et mise en œuvre par l'ensemble du personnel. Ce n'est que dans ce contexte que le présent document peut apporter une aide efficace.

Il a été rédigé par un groupe de travail composé de :

Henri Bouvier, responsable de l'atelier pilote du CETIM à Senlis ;

Guy Gautret de la Moricière, ingénieur à la CRAM Île-de-France ;

Xang Lê Quang, ingénieur à la CRAM Bourgogne et Franche-Comté ;

Jean-Claude Mahieu, ingénieur à l'INRS ;

Pascal Perrin, ingénieur à la CRAM Rhône-Alpes ;

avec la participation de Sylvie Dimerman, conseiller médical à la CRAM Île-de-France.

---

CETIM : Centre technique des industries mécaniques.

CRAM : Caisse régionale d'assurance maladie.

INRS : Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles.



<b>1. INTRODUCTION</b>	7
1.1. Objet du document	7
1.2. Caractéristiques du risque chimique	7
1.3. Limites du document	8
<b>2. RISQUES</b>	9
2.1. Généralités	9
2.1.1. Définitions	9
2.1.2. Évaluation du risque	9
2.2. Dangers des produits pour la santé	10
2.2.1. Voies de pénétration	10
2.2.2. Devenir du produit dans l'organisme	11
2.2.3. Mécanismes d'action	12
2.2.4. Pathologies du traitement de surface	12
2.3. Réactions intempestives	13
2.3.1. Réactions et produits formés	13
2.3.2. Effets des réactions intempestives	14
2.4. Incendie, explosion	15
2.4.1. Incendie	16
2.4.2. Explosion	18
2.5. Risques associés à la mise en œuvre	18
2.5.1. Traitement des pièces	18
2.5.2. Gestion des bains	21
2.5.3. Maintenance des équipements	22
2.5.4. Dépotage et stockage	22
2.5.5. Détoxification des effluents	24
<b>3. PRÉVENTION</b>	27
3.1. Formation	27
3.2. Information	27
3.2.1. Marquage des équipements	28
3.2.2. Fiches de données de sécurité (FDS)	28
3.2.3. Fiche de montage et d'utilisation	29
3.2.4. Fiche de bain	29
3.2.5. Classeur de ligne	29
3.3. Équipements	30
3.3.1. Rétentions	30
3.3.2. Stockage	32
3.3.3. Ventilation	35
3.3.4. Préparation des bains	36
3.3.5. Cuves de traitement	37
3.3.6. Transferts	38
3.3.7. Station de détoxification	38
3.3.8. Équipements de secours et de soins d'urgence	39
3.3.9. Incendie	39

<b>3.4. Organisation</b>	40
3.4.1. Gestion des stocks	40
3.4.2. Production	41
3.4.3. Maintenance préventive	43
3.4.4. Exploitation de la station de détoxification	43
<b>3.5. Mesures propres à la maintenance</b>	43
3.5.1. Moyens techniques	43
3.5.2. Formation	44
3.5.3. Organisation	44
<b>3.6. Protection individuelle</b>	45
3.6.1. Choix des équipements de protection individuelle	45
3.6.2. Règles d'utilisation	46
<b>3.7. Surveillance médicale</b>	47
<b>3.8. Hygiène</b>	47
<b>3.9. Généralisation de la démarche de prévention</b>	48
3.9.1. Repérage	48
3.9.2. Évaluation	49
3.9.3. Traitement des risques	49
<b>4. BIBLIOGRAPHIE</b>	51
<b>ANNEXES</b>	53
Annexe 1 : Valeurs limites d'exposition	53
Annexe 2 : Liste des tableaux de maladies professionnelles susceptibles d'être concernés par l'activité du traitement de surface	54
Annexe 3 : Exemple de fiche de bain	56
Annexe 4 : Symboles de groupes de compatibilité et symboles de danger	57
Annexe 5 : Exemple de plan de ligne	58
Annexe 6 : L'acide fluorhydrique	59

# 1. INTRODUCTION

## 1.1. Objet du document

La maîtrise du risque chimique nécessite de suivre une démarche qui commence par l'analyse et l'évaluation du risque pour aboutir au choix et à la mise en œuvre des moyens de prévention. Cette démarche est concordante avec les principes de prévention du risque chimique introduits dans le Code du travail [1]\*.

Ce document est le fruit d'une collaboration entre :

- des Caisses régionales d'assurance maladie (CRAM),
- l'Institut national de recherche et de sécurité (INRS),
- le Centre technique des industries mécaniques (CETIM) comme expert mandaté par le Syndicat national des entreprises d'applicateurs de revêtements et traitements de surface (SATS),
- des industriels de la profession.

Il décrit cette démarche visant à choisir les moyens de prévention adaptés aux installations et à les mettre en œuvre dans les meilleures conditions. Il intègre l'expérience acquise par le corps médical dans ce domaine.

Dans l'activité du traitement de surface, des produits chimiques très variés sont utilisés. La plupart de ces produits sont dangereux et susceptibles de provoquer des accidents, directement lors de leur utilisation, à la suite d'une réaction intempestive ou en raison de leur caractère inflammable. Ils peuvent aussi

entraîner des maladies professionnelles. Les différentes situations à risque sont présentées afin de permettre d'effectuer une analyse rigoureuse des risques pour toutes les installations existantes ou les projets de réalisation.

Les mesures de prévention correspondant à chaque situation à risque sont ensuite définies. Les conditions de leur mise en œuvre sont également précisées.

Ce document constitue la base de l'hygiène et de la sécurité pour l'activité du traitement de surface dans laquelle les différents utilisateurs puiseront les informations nécessaires pour bâtir une démarche de prévention, qu'elle soit dans le domaine technique, organisationnel ou pédagogique. Il se présente comme un objectif à atteindre pour la maîtrise des risques.

## 1.2. Caractéristiques du risque chimique

Le risque chimique recouvre l'ensemble des risques liés à la détention, la manipulation et l'emploi des produits chimiques dangereux, c'est-à-dire les produits qui possèdent des propriétés capables de provoquer des dommages aux personnes, aux biens de l'entreprise et à l'environnement.

La présence d'un produit dangereux ne suffit pas pour qu'un risque existe. Le risque est une combinaison de la probabilité de survenance d'un dommage et de la gravité maximale de ce dommage.

\* Les numéros entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'ouvrage.

Des dommages plus ou moins graves peuvent survenir de façon soudaine et brutale. C'est alors l'accident : incendie, explosion, brûlure, intoxication aiguë, asphyxie, etc. qui entraîne des conséquences sur les personnes, les installations ou l'environnement. Ils peuvent aussi se manifester, après un certain temps d'exposition, par une altération de la santé. Il s'agit par exemple des maladies de l'appareil respiratoire (asthme, rhinite), des maladies de la peau et des muqueuses (irritations, ulcérations, eczéma, etc.), des maladies du système nerveux (maux de tête, tremblement, troubles psychiques, etc.), des cancers (atteinte des voies aérodigestives, etc.).

### 1.3. Limites du document

Ce document s'applique essentiellement aux traitements de surface par immersion dans des solutions aqueuses ou des solvants avec ou non mise en œuvre d'un courant électrique. Il s'agit des opérations de préparation de surface (décapage, dégraissage), des

conversions chimiques (phosphatation, chromatisation, oxydation anodique, etc.) et des revêtements par voie électrolytique ou chimique.

Il concerne toutes les opérations qui mettent en œuvre des produits chimiques depuis l'entrée du produit et son stockage jusqu'aux opérations d'élimination et de détoxification.

Tous les autres types de traitements tels que mécaniques (grenailage), thermiques en four ou en bain de sel fondu, les revêtements minéraux (émaillage) ou organiques (plastification, peinture), les revêtements métalliques en bain de métal fondu ou par projection, bien qu'ils soient générateurs de nombreux risques, ne sont pas abordés car ils font appel à des techniques très différentes. Toutefois, ce document décrit une démarche de prévention du risque chimique transposable à toute autre situation de travail analogue.

Par ailleurs, ce document se limite aux risques présents à l'intérieur de l'établissement. En conséquence, il ne traite pas des risques pour l'environnement générés par les effluents gazeux ou liquides ni des risques liés au transport des matières dangereuses.

### 2.1. Généralités

#### 2.1.1. Définitions

**Produit dangereux** : substance ou préparation connue pour avoir une action aiguë ou chronique sur la santé, que ce soit par voie respiratoire, digestive ou cutanée.

**Substance** : produit chimique pur tel qu'il se présente à l'état naturel ou tel qu'il est produit par l'industrie, contenant tout additif nécessaire à sa mise sur le marché.

Exemples : acide chlorhydrique, cyanure de sodium, trichloroéthylène, plomb.

**Préparation** : mélange ou solution composée de deux substances ou plus.

Exemples : décapant composé d'acide nitrique et d'acide fluorhydrique, bain de nickelage composé de sulfamate de nickel, de chlorure de nickel et d'acide borique.

**Point d'éclair** : température minimale à laquelle il faut porter le liquide pour que le mélange formé par les vapeurs émises et l'air s'enflamment en présence d'une source d'énergie. Plus le point d'éclair est bas, plus le produit est inflammable, donc dangereux.

**Température d'auto-inflammation** : température minimale à laquelle les vapeurs d'un liquide s'enflamment spontanément (sans source d'ignition).

**Limite inférieure d'explosivité** : la limite inférieure d'explosivité (LIE) d'un gaz, de vapeurs ou de poussières dans l'air est la concentration minimale dans le mélange au-dessus de laquelle celui-ci peut être enflammé.

**Limite supérieure d'explosivité** : la limite supérieure d'explosivité (LSE) d'un gaz, de vapeurs ou de poussières dans l'air est la concentration maximale dans le mélange au-dessous de laquelle celui-ci peut être enflammé.

#### 2.1.2. Évaluation du risque [2]

##### Action sur la santé

La probabilité de survenance d'un dommage dépend, pour un produit donné, de la concentration du produit, de la durée et du mode de l'exposition et de facteurs individuels.

Dans le cas de la pollution aérienne, la mesure de la concentration atmosphérique du polluant est un moyen d'évaluation de l'exposition par référence à des valeurs limites (voir annexe 1).

La gravité dépend à la fois des propriétés toxicologiques du produit dangereux, du mode d'exposition et des facteurs individuels.

##### Réaction intempestive

La probabilité dépend de l'existence de produits incompatibles et des possibilités de mélange.

La gravité dépend du danger et des quantités des produits générés ou projetés.

##### Incendie, explosion

La probabilité dépend de la possibilité d'émission de gaz, de vapeurs ou de poussières inflammables en présence d'air et d'une source d'ignition.

La gravité dépend de la quantité de produits combustibles mais surtout de la quantité de

vapeurs ou de poussières émises. Si la concentration atteint la LIE, il peut y avoir explosion dont les conséquences seront en général très graves.

Dans le cas de liquides inflammables, l'évaluation du risque pourra s'appuyer sur le point d'éclair, la tension de vapeur ou la concentration atmosphérique des vapeurs.

Pour chacun de ces trois types de risque, la gravité dépend, en outre, du nombre de personnes exposées et des possibilités d'intervention précoce.

## 2.2. Dangers des produits pour la santé

### 2.2.1. Voies de pénétration

Selon le mode d'exposition, le produit entre en contact avec l'organisme au niveau de la peau, des yeux, mais aussi de la muqueuse respiratoire (nez, bronches) ou digestive (bouche, œsophage).

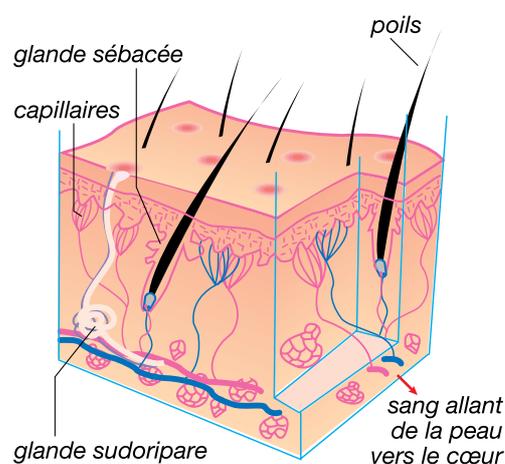


Figure 1. Voie cutanée. La partie droite de la figure montre un exemple de pénétration par voie cutanée, liée à une mauvaise pratique.

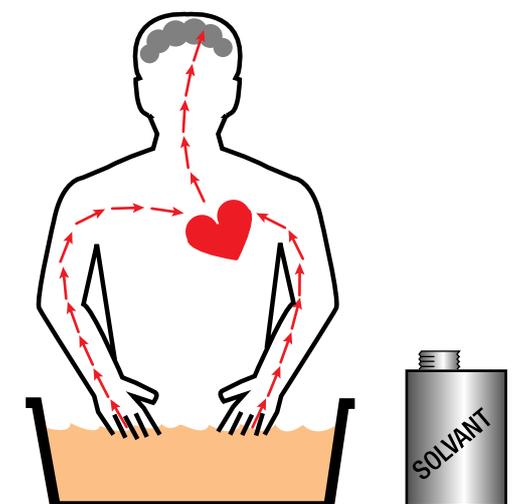
L'effet peut être local, c'est-à-dire au point de contact, ou général si le produit pénètre à travers la peau ou les muqueuses.

Dans la pratique, ces trois modes d'exposition (inhalation, contact cutané, ingestion) sont souvent simultanés. Par exemple, un aérosol peut à la fois pénétrer dans les voies respiratoires et se déposer sur la peau et dans la cavité buccale. Le passage dans le sang se fait par ces trois voies de pénétration. Il est facilité dans le cas d'une blessure.

### Contacts cutané et oculaire

Le risque de contact cutané est omniprésent, par exemple lors de la mise au bain, lorsqu'on saisit une pièce imbibée de bain ou encore que l'on travaille dans une atmosphère polluée.

Il peut être accidentel lorsqu'il est consécutif à une projection (fuite, éclaboussure), à un renversement, à une vidange intempestive, etc. Il peut être insidieux lorsqu'il se produit par exemple par l'intermédiaire d'un vêtement souillé.



*Remarque* : une pièce peut encore retenir des produits chimiques après plusieurs rinçages.

Les produits peuvent pénétrer par la peau, à travers la barrière grasseuse de l'épiderme, puis dans le sang, grâce aux petits vaisseaux (capillaires) du derme (figure 1). Cela se produit lors d'expositions à des concentrations élevées, prolongées ou répétitives, surtout avec les solvants parce qu'ils dégraissent la peau.

### Inhalation

Ce mode d'exposition est lié à la présence dans l'atmosphère de produit sous forme de gaz, vapeur ou aérosol. Les quantités inhalées sont d'autant plus élevées que l'opérateur est plus près de la source d'émission, dans le cas par exemple de la mise au bain manuelle, de l'égouttage, du transfert des pièces ou dans les zones de courants d'air qui véhiculent un polluant.

L'inhalation peut être accidentelle lorsqu'elle est consécutive à une réaction ou un épandage intempestif (fuite, éclaboussure).

La pénétration se fait par les poumons, lorsque le produit est inhalé, sous forme de vapeur, aérosol ou gaz. Le passage dans le sang se fait au niveau des alvéoles pulmonaires.

### Ingestion

Ce mode d'exposition concerne le tube digestif ; il se produit dans les circonstances suivantes.

- L'ingestion s'effectue par l'intermédiaire des mains lorsqu'elles sont souillées. Si l'opérateur porte ses mains au contact de sa bouche en mangeant ou en fumant, etc., les

produits vont entrer en contact avec la muqueuse buccale et, ensuite, être ingérés en même temps que la salive ou les aliments.

- L'ingestion est accidentelle. C'est principalement le cas où un récipient d'origine alimentaire (bouteille d'eau minérale ou de jus de fruits, par exemple) a été utilisé pour contenir un produit chimique, sans apposition d'un étiquetage le mentionnant correctement.
- L'ingestion s'effectue aussi par transfert des poussières inhalées au niveau du pharynx et lors de la déglutition.

Le passage dans le sang se fait au niveau du tube digestif, principalement de l'intestin.

### 2.2.2. Devenir du produit dans l'organisme (figure 2)

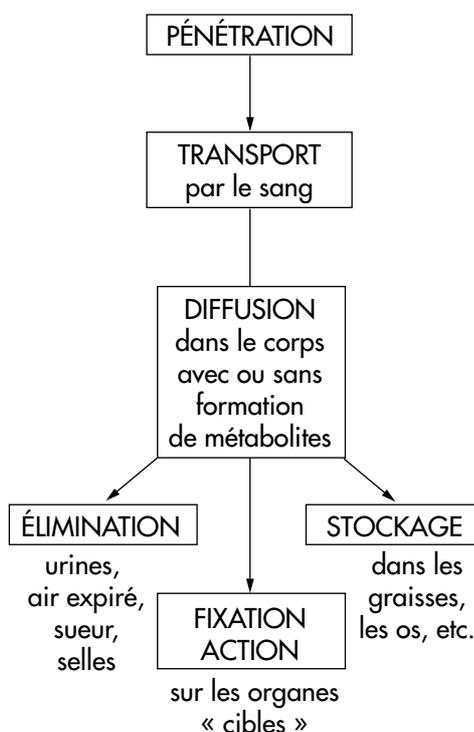


Figure 2. Devenir des produits chimiques dans l'organisme.

Une fois passé dans le sang, le produit diffuse dans tout le corps. Il peut d'abord se fixer sur un ou plusieurs organes, en fonction de l'affinité du produit avec ceux-ci. Sur ces organes, il peut avoir une action entraînant une maladie.

Le produit peut être transformé en une autre substance appelée métabolite, qui peut avoir aussi des effets néfastes sur la santé.

Enfin, le produit d'origine ou ses métabolites seront éliminés par l'organisme, dans les urines, les selles, l'air expiré ou la sueur. Pour certains produits, il est possible de mesurer la quantité éliminée.

### **2.2.3. Mécanismes d'action**

Les maladies provoquées sont de nature très différente selon l'organe atteint et le mécanisme d'action du produit.

On distingue :

- les toxiques, nocifs, corrosifs et irritants, qui peuvent perturber le fonctionnement de l'organe ou du tissu, ou même entraîner sa destruction,
- les allergisants (ou sensibilisants), dont le simple contact peut déclencher des réactions de défense excessives de l'organisme (eczéma, asthme),
- les cancérigènes, qui peuvent perturber le mécanisme de reproduction des cellules, ce qui conduit aux cancers.

Les effets peuvent être immédiats, comme les brûlures de contact avec des produits corrosifs ou les intoxications dues à une forte dose absorbée en une seule fois. Dans ce cas, on parle d'effet aigu.

S'ils se manifestent après des expositions longues ou répétées, on parle d'intoxication chronique. Celle-ci n'est pas toujours perceptible, ce qui ne permet pas facilement la prise de conscience du risque. Certains effets ne disparaissent pas complètement, même après la fin de l'exposition.

### **2.2.4. Pathologies du traitement de surface**

#### **Sur la peau**

- Dermatoses d'irritation avec les acides, les bases et les solvants chlorés. En cas de concentration importante ou de température élevée, il y aura brûlure avec destruction plus ou moins profonde des tissus : les « pigeonneaux » sont caractéristiques des composés du chrome et du nickel.
- Dermatoses allergiques (eczémas), avec les composés du chrome et du nickel.

#### **Sur les muqueuses respiratoires**

Sur les voies aériennes supérieures, on observe des ulcérations nasales pouvant aller jusqu'à la perforation (chrome hexavalent encore appelé chrome VI) et des rhinites irritatives (vapeurs acides) ou allergiques (sels de chrome).

Au niveau pulmonaire, on observe des bronchites (vapeurs irritantes) ou des affections allergiques tel que l'asthme (sels de chrome). Avec certains gaz tel que le chlore, un œdème pulmonaire peut survenir.

Certains produits peuvent aussi conduire à des cancers (par exemple l'acide chromique). Des études épidémiologiques mettent en évidence un excès de cancers pulmonaires.

## Sur d'autres organes

Les atteintes les plus observées sont :

- pour l'appareil digestif, des gastrites et des ulcères,
- pour le système nerveux, un syndrome ébrieux et narcotique et des céphalées (cas des solvants, par exemple).

Il y a aussi des intoxications aiguës pouvant être mortelles, comme dans le cas d'inhalation d'acide cyanhydrique.

Une attention particulière doit être portée à l'acide fluorhydrique, aux bifluorures et aux fluorures en milieu acide. Les brûlures ont la particularité d'être indolores dans l'immédiat et d'apparition retardée. De plus, ces produits sont capables de pénétrer les tissus en profondeur et de s'attaquer au métabolisme du calcium. Ils peuvent provoquer des lésions graves, voire mortelles (voir annexe 6).

Certaines de ces pathologies entrent dans le cadre des tableaux des maladies professionnelles (voir annexe 2). Pour cette raison, les employeurs sont tenus de faire une déclaration des produits utilisés aux organismes concernées (voir 3.7).

## 2.3. Réactions intempestives

### 2.3.1. Réactions et produits formés

Des réactions intempestives peuvent se produire, soit par mélange de produits chimiques (solutions concentrées ou diluées), soit par élévation de température ayant elle-

même pour origine la défaillance du dispositif de régulation.

Pour un produit donné, la violence de la réaction est fonction de la concentration et de la température.

Les mélanges de produits peuvent être causés par la fuite ou la rupture de cuves, contenants ou canalisations ou par le renversement d'un récipient dans un autre (cuves, rétentions). Ils peuvent se produire au cours des opérations suivantes : dépotage, montage de bain, ajout, vidange, maintenance.

Les réactions produites peuvent se classer en trois grandes catégories.

#### Les réactions exothermiques

On appelle réaction exothermique une réaction dégageant de la chaleur. Cette chaleur peut avoir pour conséquence la formation d'aérosol, la projection de liquides ou la fusion de matériaux thermoplastiques.

Exemple 1 : mélange d'acide sulfurique (concentré) et de soude caustique (concentrée).

Exemple 2 : dissolution de soude caustique solide dans l'eau.

#### Les réactions générant des gaz

Ces gaz peuvent être toxiques ou inflammables, ou les deux à la fois. Le volume de gaz dégagé peut être à l'origine d'une surpression.

Exemple 1 : acide sulfurique (dilué) + cyanures (dilués) → dégagement d'acide cyanhydrique.

Exemple 2 : soude caustique (concentrée) + chlorure d'ammonium → dégagement d'ammoniac.

### Les réactions exothermiques et générant des gaz

Exemple 1 : acide chlorhydrique concentré + acide sulfurique concentré → chaleur + dégagement d'acide chlorhydrique gazeux.

Exemple 2 : acide sulfurique concentré + cyanures (dilués) → chaleur et dégagement d'acide cyanhydrique.

#### Cas particulier : réactions avec le bisulfite

Le bisulfite est généralement utilisé dans les stations de détoxification comme agent de réduction des ions « chrome hexavalent » en ions « chrome trivalent ».

Ce produit peut provoquer des réactions générant des gaz dangereux aussi bien avec les acides qu'avec les oxydants même s'ils sont basiques, ainsi que des réactions exothermiques avec les bases concentrées.

Exemple 1 : bisulfite + acide → dégagement de dioxyde de soufre.

Exemple 2 : bisulfite + eau de Javel (basique) → dégagement de chlore.

### 2.3.2. Effets des réactions intempestives

#### Effets physiques

- Élévation de température des produits ou des objets

En plus des brûlures occasionnées en cas de contact, les conséquences suivantes peuvent se produire :

- déformation, voire rupture, des matériaux sensibles à la température (par exemple canalisation en PVC),
- dégradation des revêtements de protection de cuves ou de rétention,

– vaporisation plus ou moins brutale des liquides générant des aérosols et des projections,

– dilatation de gaz ou de liquides pouvant provoquer un éclatement de contenant.

- Surpression

Si le volume dégagé dans un récipient est important et que l'échappement n'est pas suffisant (cas des cuves de stockage) on arrive rapidement à une surpression capable de provoquer :

- déformation et éclatement,
- effet de pulvérisation et projection sous forme de jet.

#### Effets chimiques

Ces effets sont en fait ceux dus aux produits volatils générés par les réactions intempestives :

- corrosion des éléments métalliques (charpente, tuyauteries, etc.),
- dégradation des matériaux (cuve PVC, etc.),
- dégradation des composants électriques ou électroniques (relais, cartes de régulation, etc.).

#### Effets directs sur la santé

Les réactions intempestives ont une action directe sur la santé, soit par les gaz et vapeurs générés, soit par les liquides ou solides projetés.

Les principaux gaz susceptibles d'être émis sont les suivants.

- Le chlore formé par acidification de l'eau de Javel : il provoque un œdème pulmonaire allant jusqu'à la destruction des alvéoles pulmonaires.

- Le gaz sulfureux (dioxyde de soufre) formé par acidification d'un bisulfite : c'est un produit très irritant pour les yeux, la gorge et les voies respiratoires.

- L'acide cyanhydrique (cyanure d'hydrogène) formé par acidification d'un cyanure : il provoque un blocage de l'utilisation de l'oxygène par toutes les cellules. Ceci entraîne une anoxie de mécanisme chimique dont souffrent en premier lieu le cerveau, le cœur et les muscles respiratoires. La mort peut survenir rapidement pour des concentrations relativement faibles.

- L'acide chlorhydrique (chlorure d'hydrogène) dégagé à partir des solutions aqueuses : il est corrosif pour la peau et les muqueuses oculaires et respiratoires. L'exposition chronique provoque des dermatoses et des irritations des voies respiratoires.

- Les vapeurs nitreuses (oxydes d'azote) dégagées à partir des solutions aqueuses d'acide nitrique : elles provoquent une irritation du tissu pulmonaire pouvant conduire à l'œdème du poumon ou même à la mort, par défaillance respiratoire en cas de concentration élevée.

- L'ammoniac formé par action d'une base forte sur un sel ammoniacé : il provoque immédiatement une irritation des muqueuses oculaires et respiratoires. À concentration élevée, des brûlures chimiques cutanées et des ulcérations des muqueuses nasales peuvent se produire.

Indépendamment des produits formés, tous les produits présents dans le mélange peuvent être vaporisés ou projetés et on retrouve, en plus aigus, les effets décrits au paragraphe 2.2.4.

## 2.4. Incendie, explosion

L'incendie est une combustion qui se développe sans contrôle dans le temps et dans l'espace.

L'explosion est une combustion de vapeurs inflammables violente et très rapide libérant en un temps très court une quantité d'énergie élevée.

Le processus de combustion est une réaction chimique d'oxydation d'un combustible par un comburant. Cette réaction nécessite une source d'énergie.

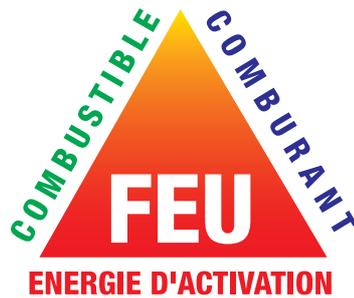
Généralement, le comburant est l'oxygène de l'air. La source d'énergie est, par exemple, une étincelle, une flamme, un point chaud provenant d'un échauffement ou la réaction elle-même si elle est exothermique.

Un incendie ou une explosion est un danger très général où peuvent être impliqués de nombreux produits chimiques bien différents des combustibles traditionnels [3].

Les gaz ou vapeurs peuvent être émis lors du fonctionnement normal ou de réactions intempestives.

Exemples :

- l'hydrogène généré par divers traitements tels que l'attaque de l'aluminium par les bases, les opérations de décapage par les solutions acides, les traitements électrolytiques ; dans ce dernier cas, l'hydrogène qui se dégage à la cathode est formé en quantité d'autant plus grande que le rendement est faible,
- le cyanure d'hydrogène (acide cyanhydrique) formé accidentellement,
- l'ammoniac.



*Triangle du feu.*

### 2.4.1. Incendie

C'est un danger majeur des ateliers de traitement de surface du fait :

- des risques importants dus aux produits chimiques,
- des émissions de gaz dangereux provenant de la combustion de certains matériaux (exemple : le PVC),
- des difficultés rencontrées pour combattre le feu en présence de produits chimiques.

Exemples :

- les acides oxydants comme l'acide nitrique accélèrent la combustion,
- la dégradation thermique de certains revêtements des cadres et des paniers entraîne l'émission de gaz dangereux,
- l'emploi de l'eau pour combattre le feu est incompatible avec la présence d'acides concentrés comme l'acide sulfurique.

En dehors des dégâts aux installations et des risques de brûlure et d'asphyxie, un incendie dans un atelier de traitement de surface est particulièrement grave du fait :

- des produits dangereux dégagés par la combustion,
- du déversement des produits provoqué par la dégradation ou la destruction des contenants et tuyauteries,

- de l'activation de la combustion et de sa propagation dues à la ventilation.

#### Comburant

- Il s'agit principalement de l'oxygène de l'air.
- Des oxydants puissants tels que le trioxyde de chrome, l'eau oxygénée (peroxyde d'hydrogène) ou l'acide nitrique et les vapeurs nitreuses sont des comburants susceptibles d'activer une combustion.

#### Combustibles

- Les produits : la grande majorité des solvants est combustible. Les solutions aqueuses usuelles ne le sont pas.
- Les matériaux : en traitement de surface, on fait largement appel aux matières plastiques qui sont presque toutes d'assez bons combustibles (couveries, tuyauteries, pompes et filtres, caillebotis, etc.). Certains éléments de structure peuvent être également combustibles (charpente bois, peinture), suivant leur classification de comportement au feu. D'autres objets tels que fils et appareils électriques, vêtements de travail, documents, emballages... sont combustibles.

#### Sources d'énergie

- Étincelles : elles sont principalement dues aux appareils électriques tels que les contacts anodiques et cathodiques, les appareillages de meulage et polissage, les postes de soudage à l'arc.
- Flamme : système de chauffage au gaz, soudage à la flamme, cigarette.

Point chaud : cannes chauffantes, échauffement dû à des surintensités, soudage.

## Exemples d'accidents

### ① *Erreur de raccordement au dépotage*

Un camion-citerne à plusieurs compartiments livrait plusieurs produits liquides à une usine qui possède un stockage en cuves. Le transfert s'effectuait par la mise sous pression additionnelle des compartiments du camion-citerne à l'aide d'air comprimé.

Suite à une erreur de branchement de flexibles, l'eau de Javel (hypochlorite alcalin) s'est trouvée mélangée à de l'acide chlorhydrique. Du chlore s'est aussitôt dégagé de la cuve réceptrice et a envahi massivement les lieux contigus.

L'utilisation de l'air comprimé comme moyen de dépotage n'a pas permis l'arrêt instantané des transvasements, donc de l'émission de chlore.

De plus, l'exiguïté des lieux a empêché l'évacuation facile et rapide du personnel. Il y a eu de nombreuses victimes, dont un mort.

### ② *Tuyau mal fixé lors d'un ajout*

L'ajout de l'acide fluorhydrique dans un bain a été réalisé comme d'habitude, à l'aide d'une pompe portable. La pompe se tenait toute seule sur le fût placé près du bain, grâce à sa canne rigide aspirante qui était plongée dans le fût. Le flexible de refoulement de la pompe a été placé dans le bain en passant par-dessus le bord de la cuve.

Lors de la mise en route de la pompe, le dit flexible a été brusquement sorti du bain en effectuant des mouvements de fouettement. L'opérateur a donc été aspergé par de l'acide fluorhydrique.

Il n'y avait pas de moyens de prévention ni de premiers secours sur place. La victime est décédée quelques heures plus tard.

### ③ *De l'acide dans les bottes à la préparation d'un bain*

Un opérateur était occupé à préparer un bain de décapage acide. Lors de la manipulation, il a reçu du produit qui a ruisselé dans sa botte. La victime a subi des brûlures au pied.

Lors de la même opération, un autre opérateur a reçu une projection d'acide qui a ruisselé dans son gant et provoqué une brûlure de la main.

### ④ *Une pièce tombe dans le bain... les yeux sont atteints*

Au cours d'une opération de décapage dans un bain acide (même poste que l'exemple 3), l'opérateur, dont les gants étaient humides, a laissé échapper une pièce dans le bain. Il a reçu une projection d'acide dans les yeux et a été brûlé. Il ne portait pas de lunettes de protection.

### ⑤ *De l'acide dans les yeux en ouvrant une vanne*

Un opérateur installait une pompe en circuit fermé sur un bain. Il l'a mise en route et est passé à une autre tâche. Celle-ci terminée, il a oublié qu'il avait mis la pompe en marche et s'apprêtait à le faire. Pour cela, il doit l'amorcer par l'orifice de gavage. Du fait de la pression régnant dans la pompe, l'ouverture de la vanne de gavage a généré un puissant jet de liquide. Ce jet a atteint son visage et a causé une brûlure grave des yeux, malgré un bon rinçage.

### ⑥ *Vanne sectionnée par une pièce*

Un opérateur a laissé échapper une pièce de 2 à 3 kg qui est tombée sur la vanne de vidange d'une cuve de soude et l'a sectionnée. Tentant de colmater la fuite, il a reçu un jet de soude sur le visage et les bras. Ayant de plus procédé à un rinçage insuffisant, il a été victime de graves brûlures cutanées.

### ⑦ *Intoxiqué... par manque d'information*

Un technicien en électronique effectuait une opération de maintenance sur une installation de traitement d'effluents censée être arrêtée, donc ventilation à l'arrêt. Une arrivée soudaine d'effluents a provoqué un brusque dégagement de vapeurs nitreuses à l'origine de l'intoxication.

### ⑧ *Une tourie d'acide fluorhydrique sans étiquette*

Un opérateur a fait tomber une bouteille de gaz comprimé sur une tourie en plastique non étiquetée. Cette tourie s'est brisée et a projeté son contenu sur les jambes de l'opérateur. En fait, elle contenait de l'acide fluorhydrique concentré.

N'ayant pas conscience du risque, l'opérateur s'est rincé légèrement et a continué son travail. Lorsqu'il ressentira la brûlure, il sera trop tard et il décédera 36 heures après l'accident.

### ⑨ *Émanation toxique à partir d'une rétention non vidée*

Une tige d'acier avait fendu le fond de la cuve en PVC d'un bain de cuivrage électrolytique cyanuré. Cette cuve a été réparée mais la rétention commune à d'autres cuves contenant des produits acides dilués n'a pas été vidée immédiatement. Aussi, lors d'un ajout d'eau acidulée (10 % d'acide sulfurique dans 1 000 litres d'eau), un dégagement de cyanure d'hydrogène a eu lieu... Quelques instants plus tard, les trois ouvriers travaillant à proximité du poste s'écroulaient.

### 2.4.2. Explosion

L'explosion nécessite certaines conditions de concentration. Pour les gaz et les vapeurs, la concentration dans l'air doit être comprise entre la LIE et la LSE [4].

La source d'énergie nécessaire peut être faible, par exemple une décharge d'électricité statique.

Les effets d'une explosion sont multiples :

- projection violente d'objets ou de produits,
- brûlure due à la flamme produite,
- incendie éventuellement généré par l'explosion,
- effet de souffle sur les personnes,
- destructions.

## 2.5. Risques associés à la mise en œuvre

### 2.5.1. Traitement des pièces

Le traitement des pièces comprend de nombreuses opérations dont les principales concernent le chargement, la mise au bain et le déchargement des pièces. Cependant, toutes les opérations sont susceptibles d'introduire des risques.

Ces opérations sont effectuées, soit :

- en manuel,
- en semi-automatique,
- en automatique.

En traitement manuel, l'opérateur déplace le support de pièces d'une cuve à l'autre.

En traitement semi-automatique, l'opérateur se déplace le long de la ligne en activant un palonnier.

Les pièces sont accrochées soit individuellement soit sur un cadre. Elles peuvent également être introduites dans le bain en vrac à l'aide d'un tonneau.

Le **traitement en ligne automatique** se caractérise par des émissions accrues en raison de :

- l'importance des surfaces traitées,
- la vitesse de déplacement des pièces.

Ces émissions constituent donc une source d'aérocontamination importante. De plus, en cas de dysfonctionnement, il peut se produire :

- des chutes de pièces entraînant des risques de projection et des risques de contact liés à la manipulation de pièces non rincées,
- des risques de chute de personnes appelées à intervenir sur les bains,
- des réactions dangereuses en cas d'erreur de programme ou d'erreur de programmation.

Toutes les opérations et les risques associés sont énumérés ci-dessous.

### Épargne

L'épargne est l'opération qui consiste à soustraire certaines parties de pièces au traitement envisagé. Ceci peut être réalisé par l'application temporaire de vernis, de bandes adhésives (en particulier de feuilles de plomb) ou de bouchons.

L'emploi de résines, de solvants et de plomb entraîne des risques de contact cutané.

De plus, la présence de solvant ou la mise en œuvre de colophane à chaud entraînent des risques d'inhalation.

### Fixation des pièces, remplissage des tonneaux, chargement de ligne

Les risques liés à ces différentes opérations sont de même nature.

Il s'agit, en premier lieu, des risques d'exposition à la pollution ambiante, car ces postes sont situés à proximité des lignes de traitement. Ces risques sont aggravés par l'effort physique fourni pour la manipulation des pièces et des supports.

Il existe un risque de contact cutané lorsque le matériel est souillé et un risque de projection lors de l'ouverture des tonneaux.

#### Immersion

Les risques d'exposition aux vapeurs et aérosols concernent principalement les systèmes manuels ou semi-automatiques, en raison de la position rapprochée des opérateurs pendant l'immersion.

Le risque de contact par projection peut être causé par :

- la descente trop rapide des pièces dans le bain,
- les chutes de charges résultant du mauvais positionnement du cadre ou du tonneau,
- le dégagement d'aérosols à la surface du bain lors de l'immersion des pièces,
- l'explosion d'hydrogène.

Les risques de projection sont aggravés lorsque le niveau de la cuve est trop haut.

Il existe de plus des risques d'exposition à des gaz toxiques. Ceux-ci peuvent se former à la suite d'un mélange intempestif, si une erreur de gamme se produit ou en cas de défaut de rinçage.

#### Traitement

L'émission de polluant est fonction d'un certain nombre de paramètres tels que :

- agitation par air comprimé,
- traitement électrolytique, surtout lorsque le rendement électrolytique est faible,
- attaque chimique avec dégagement,
- température du bain.

Le risque de contact est particulièrement important en traitement manuel, lorsque les pièces sont tenues à la main.

#### Sortie et égouttage

L'émission de vapeurs et d'aérosols est favorisée par différents facteurs, en particulier la surface globale des pièces traitées, la température du bain dont sont issues les pièces et la présence éventuelle d'un dispositif de ventilation de type aspiration-soufflage. Dans le cas des tonneaux, la quantité de bain entraînée joue aussi un rôle important. L'émission est particulièrement importante sur une installation automatique. En outre, le fonctionnement du convoyeur contribue à la diffusion des polluants dans l'atmosphère ambiante.

Le contact se produit par les égouttures provenant des pièces et du matériel.

Il résulte également de projections provoquées par :

- les sorties trop rapides des pièces du bain,
- les chutes de pièces,
- les explosions éventuelles,
- la vidange incontrôlée d'un corps creux.

#### Transfert des pièces (figure 3)

L'émission de vapeurs et d'aérosols est fonction de la surface des pièces en cours de



Figure 3. Exemple de transfert de pièces.

transfert et du déplacement d'air provoqué par le convoyeur.

Lors du transfert, les égouttures provoquent des projections provoquant la pollution des équipements, des surfaces de circulation et des rétentions.

Il existe également un risque de chute de l'opérateur dans un bain à la suite d'une glissade.

#### **Déchargement, décrochage, séchage** (figure 4)

Le contact provient de la pollution résiduelle des pièces souillées consécutive à un rinçage insuffisant ou à la présence de trous borgnes. Le rinçage est particulièrement délicat dans le cas du traitement de pièces relativement poreuses ou de géométrie complexe. Même des traces de composé de chrome hexavalent peuvent être extraites



Figure 4. Exemple de déchargement d'un tonneau.

par la sueur [5]. Par ailleurs, le séchage à la soufflette est une source de projection.

### Conditionnement final

Le contact provient également de la pollution résiduelle, y compris sous l'épargne.

L'utilisation de solvants pour l'enlèvement de l'épargne entraîne des risques d'intoxication par voie cutanée et respiratoire.

### 2.5.2. Gestion des bains

#### Montage

Le risque d'inhalation et le risque cutané sont aggravés par l'emploi de produits purs ou concentrés, éventuellement à chaud.

Le montage des bains comprend habituellement les opérations suivantes :

- manipulation des emballages,
- pesée/mesure,
- transfert de produit vers la cuve de montage,
- mélange,
- chauffage,
- transfert éventuel vers la ligne de traitement.

Les risques de réactions dangereuses sont aggravés si le montage du bain s'effectue directement dans une cuve de traitement dont les caractéristiques ne sont pas nécessairement adaptées (hauteur, agitation, projection).

L'emploi de tuyau souple mobile entraîne des risques de projection.

#### Suivi des bains

Cette opération consiste à :

- ajuster le niveau du bain par apport d'eau,

- corriger le pH,
- ajouter, selon les cas, des brillanters, des acides, du métal, des sels.

Lors de ces opérations qui peuvent se faire manuellement ou en automatique, l'opérateur est soumis aux risques de projection de produits chimiques, aggravés par une éventuelle dissolution exothermique ou réaction chimique.

Il y a, par ailleurs, des risques de débordement de cuves et de renversement de bonbonnes de produits dans l'atelier.

Lors de l'ajout de soude, il peut se créer une prise en masse en fond de cuve si le mode opératoire n'est pas respecté. Cela va entraîner un travail pénible et dangereux avec des projections corrosives pour éliminer le bloc formé.

#### Transfert de bains

Le transfert peut s'effectuer par gravité ou par pompage. Dans ce dernier cas, on utilise fréquemment une pompe mobile et des tuyaux flexibles. Les dysfonctionnements concernent principalement les fixations de tuyaux et leurs raccordements.

Le pompage entraîne les risques suivants :

- projection de produits chimiques,
- mélange de produits incompatibles.

La projection est d'autant plus importante que la pression de refoulement est plus élevée.

Dans le cas d'une installation de transfert par gravité à travers une vanne démontable placée sous la cuve, les risques sont les suivants :

- rupture du piquage en cas de choc,
- obstruction de la vanne par des pièces ou des boues.

### Analyse

Ces opérations consistent à :

- mesurer le pH,
- vérifier la température,
- prendre des échantillons,
- analyser le contenu d'une cuve.

Lors de ces opérations, l'opérateur est exposé aux risques de projection, d'inhalation de produits chimiques ou aux risques découlant de l'absence d'identification de l'échantillon.

### Mise en place des anodes

Certaines anodes sont ajoutées ou remplacées. L'opérateur est alors exposé aux risques de projection en cas de chute de l'anode dans le liquide. Il peut, si l'accès est difficile (par exemple lorsque la cuve est très large), faire une chute dans la cuve en plaçant les anodes.

### 2.5.3. Maintenance des équipements

Les opérations de maintenance amènent les opérateurs à être exposés à des produits dangereux par contact, projection ou inhalation.

On peut citer les opérations suivantes.

- Réparation nécessitant parfois la vidange des cuves et des réservoirs en vue d'intervention à l'intérieur. Dans ce cas, le risque d'inhalation des vapeurs peut se doubler d'un risque d'anoxie.
- Démontage des filtres, pompes, vannes, dévésiculeurs, appareils de chauffage et de refroidissement.

- Interventions sur les gaines d'aspiration, les robots de manutention, les diverses canalisations, etc.

- Opérations de nettoyage concernant les électrodes, les contacts, les bornes, les bords de cuve et les cuves elles-mêmes, les fentes et les gaines d'aspiration.

La maintenance est importante dans les ateliers de traitement de surface. Elle se déroule généralement pendant le fonctionnement.

### 2.5.4. Dépotage et stockage

Ces deux sites de l'entreprise ont en commun un risque chimique élevé en raison des particularités suivantes.

- Les quantités sont grandes : par définition, un stockage sert à assurer la consommation de produits pour une période que l'on souhaite la plus longue possible. De plus, les commandes en grosse quantité et spécialement en vrac permettent d'obtenir des prix inférieurs.
- Les produits liquides sont, en général, concentrés : cette concentration est favorable au coût de la matière active livrée. De plus, elle permet de réaliser plusieurs dilutions selon les besoins.
- L'activité humaine y est occasionnelle : une présence n'y est utile qu'au moment de la livraison ou lors de travaux de maintenance.

### Dépotage

On appelle dépotage le transfert de matières en vrac du véhicule de livraison à la cuve de stockage qui s'effectue par gravité, pompage ou sous l'action d'une pression additionnelle.

Ces opérations présentent des risques de contacts cutané et oculaire d'une part et d'inhalation de vapeurs dangereuses d'autre part.

- Contact cutané ou oculaire consécutif à une projection inopinée.

Les points de fuite ne manquent pas : brides de jonction, vannes, pompes.

Ces fuites sont favorisées par la mise en pression mécanique ou pneumatique lors du dépotage. Le fait que certains équipements de transfert appartiennent à l'entreprise de livraison ne facilite pas le repérage des risques.

La fin du transfert est une phase particulièrement délicate. En effet, lorsqu'on débranche, il peut y avoir une pression résiduelle ou un peu de liquide retenu dans un flexible ou entre deux vannes.

Autre cause de projection : le débordement. Celui-ci devient probable lorsqu'on n'a pas de visibilité sur le niveau de la cuve réceptrice pendant le transfert.

- Inhalation de vapeurs toxiques ou nocives.

Le cas le plus banal est celui des émanations de produits volatils mis à l'air libre par fuite, renversement ou débordement (par exemple acide chlorhydrique, bisulfite de sodium, ammoniac). L'exposition est d'autant plus intense que le local est confiné. C'est souvent le cas des locaux de stockage.

Selon les produits et les moyens employés, certaines opérations de reconditionnement en emballages plus petits sont aussi la source d'émissions nocives.

En revanche, il y a un risque mortel en présence de vapeurs formées par le mélange

de produits « incompatibles », tels que définis dans la partie 2.3.

Ces mélanges peuvent se produire d'abord au dépotage, par suite d'une erreur portant sur :

- la destination du transfert (celle-ci est rarement visible depuis le poste de dépotage),
- la nature du produit.

L'erreur sur la nature du produit peut être humaine, mais aussi liée à un défaut – voire une absence – d'étiquetage du contenant de livraison. Le cas le plus pernicieux est celui de l'erreur du fournisseur au chargement d'un véhicule citerne.

Les facteurs humains jouent un rôle particulier dans les opérations de dépotage. Nombre d'accidents ou d'incidents ont pour origine un certain malentendu entre le livreur et la personne assurant la réception.

Il ne faut pas oublier le risque d'erreur lié au reconditionnement effectué sans réétiquetage ou pire encore dans un emballage de réemploi. Il peut également se produire la perte ou la dégradation de l'étiquetage existant du fait des conditions de stockage.

### Stockage

Des mélanges intempestifs peuvent aussi se produire au stockage à la suite de diverses séries d'événements :

- fuites successives dans la même rétention, quand le résidu d'une première fuite est laissé longtemps dans la rétention,
- chute d'emballages les uns sur les autres, par fausse manœuvre, déséquilibre, rupture de support, etc.,
- destruction d'emballages ou de cuves dans un incendie,

– dissolution des produits par suite de dégâts des eaux si leurs emballages ne sont pas étanches et résistants à l'eau.

Tous ces événements sont favorisés en situation de désordre, c'est-à-dire lorsque les emballages sont disséminés sur les surfaces de circulation ou s'ils sont empilés, qu'ils soient pleins ou vides, de façon instable.

### **2.5.5. Détoxification des effluents**

L'analyse des risques dans les stations montre que l'on retrouve les risques du stockage en vrac, c'est-à-dire des gros volumes de réactifs concentrés et une présence humaine intermittente. Mais il s'y ajoute des risques de process, caractéristiques des installations où l'on conduit des réactions chimiques.

#### **Effluents liquides**

Les principaux risques se rencontrent au cours du traitement chimique, notamment la déchromatation et la décyanuration.

- La déchromatation au bisulfite présente principalement les risques apportés par ce réactif, instable en milieu acide et à la chaleur. Toute dérive des consignes de fonctionnement conduira à une émission massive de dioxyde de soufre. Il faut rappeler que la chaîne de mesure électrochimique (pH, rH) se dérègle facilement.
- La décyanuration présente à la fois les risques des cyanures et ceux de l'agent oxydant utilisé, en particulier l'hypochlorite de sodium (eau de Javel). Toute dérive du débit ou du pH peut conduire à une émission de produit volatil très dangereux (chlorure de cyanogène).

Les risques sont amplifiés par le nombre important de pompes, de jonctions, de vannes et d'électrovannes. En effet, la quasi-

totalité des stations de détoxification marche en automatique.

Les petites entreprises ont rarement du personnel affecté en permanence à ces stations et ceux qui les surveillent n'ont pas toujours la formation nécessaire.

Des effluents (solutions fluorées aqueuses) ou des réactifs dangereux apportent des risques particuliers.

Les émanations de cuves ouvertes ou de fuites peuvent perturber le process par l'effet des vapeurs corrosives sur les équipements électroniques.

En outre, l'absence de personnel qualifié affecté à la station est un facteur aggravant des risques précités.

#### **Effluents gazeux**

Le traitement des effluents gazeux consiste à transformer les gaz, vapeurs et aérosols en solutions aqueuses qui présentent alors les mêmes risques que les effluents liquides.

Tout dysfonctionnement de ce système d'épuration expose au risque d'inhalation et de contact avec les effluents gazeux.

#### **Déchets de détoxification**

Les déchets du traitement : boues, résidus liquides concentrés, emballages souillés, etc. présentent des dangers comparables à ceux des produits mis en œuvre.

#### **Maintenance de la station**

Les opérations de maintenance sont aussi plus complexes qu'ailleurs, en particulier du fait que l'installation est souvent située sur plusieurs niveaux. Cela influe sur le risque chimique dans la mesure où les conditions d'accès difficiles aux équipements (par exemple les dômes de cuves) ou le confine-

ment diminuent les possibilités d'évitement et de secours.

Le risque de contact cutané de produits chimiques dangereux plus ou moins concentrés se manifeste soit directement dans le cas de changement de pièces ou pendant le nettoyage, soit indirectement par projection dans le cas de rupture de canalisations ou de joints. Dans ce cas, il y a également risque de contact oculaire.

Le risque d'inhalation est lié à la présence de produits dangereux éventuellement retenus dans les équipements.

Pour toutes ces raisons, la station physico-chimique est un site particulièrement dangereux de l'atelier de traitement de surface, aussi bien pour son exploitation que pour sa maintenance.



# 3. PRÉVENTION

Pour être efficaces, les mesures de prévention doivent nécessairement couvrir les trois domaines suivants :

- l'individu (formation, information, protection individuelle, hygiène, surveillance médicale),
- la technique (équipements),
- l'organisation (production, maintenance).

Ces mesures impliquent une démarche préalable de prévention intégrée, c'est-à-dire la suppression de certains risques par le choix des techniques et des produits, une bonne conception des locaux et une implantation correcte des installations.

## 3.1. Formation

Tous les intervenants dans l'atelier et la station, que ce soit pour la production ou la maintenance, doivent être capables :

- d'identifier tous les risques chimiques pouvant se présenter sur les lieux de travail, en particulier ceux des produits cancérigènes,
- de comprendre les risques indiqués par le marquage des équipements (cuves, gaines, canalisations, etc.), par l'étiquetage des emballages et par les fiches de données de sécurité mises à leur disposition,
- de prendre les mesures de prévention nécessaires en fonction des risques identifiés,
- de choisir et d'utiliser les équipements de protection individuelle nécessaires,

- de respecter les règles élémentaires d'hygiène et de sécurité,
- d'identifier et de mettre en œuvre les moyens de secours dont ils disposent.

De tels objectifs nécessitent un plan de formation qui doit être organisé de la façon suivante.

- Le personnel d'encadrement recevra une formation lui permettant de :
  - préconiser les mesures de prévention d'ordre technique, organisationnel et individuel au niveau de l'atelier,
  - transmettre aux opérateurs une formation de base sur les risques chimiques et leur prévention.

Cet objectif nécessite l'acquisition de compétences techniques et humaines spécifiques à cette activité.

- Les opérateurs recevront une formation pratique leur permettant de mettre en œuvre les mesures de prévention adoptées par l'entreprise. Cette formation sera assurée préalablement à toute affectation à un poste de travail.

La formation de sauveteur secouriste du travail doit également être assurée.

## 3.2. Information

Le risque chimique doit pouvoir être repéré rapidement par une information claire, précise et compréhensible par tout le personnel :

- chef d'entreprise,
- encadrement (chef d'atelier, technicien),

- opérateurs (metteurs au bain),
- maintenance,
- intervenants d'entreprises extérieures.

Cette information est notamment fournie par l'intermédiaire du marquage des équipements. Des informations plus complètes sur le risque chimique et en particulier sur les réactions chimiques dangereuses possibles sont données dans les fiches de données de sécurité et les fiches de bain.

Toutes ces informations seront regroupées dans un classeur spécifique à chaque ligne de traitement qui sera mis à la disposition de tous (voir 3.2.5).

### **3.2.1. Marquage des équipements**

Il a pour but de fournir une information minimale pour la prévention des risques dus aux produits chimiques présents dans :

- les cuves de traitement (bains, rinçages),
- les rétentions,
- les canalisations,
- les gaines de ventilation,
- la station de détoxification,
- les équipements de travail (pompes, filtres, vide-touries).

Il vise la mise en sécurité des opérateurs et des intervenants ainsi que la protection de l'environnement. Les informations fournies renseignent à la fois sur :

- la technique (par exemple la fonction du bain et le numéro de cuve),
- la sécurité (produits dangereux et type de danger),
- l'environnement (groupe de compatibilité des produits et des effluents).

L'utilisation d'un symbole de couleur permet d'un coup d'œil de détecter un risque éventuel d'incompatibilité chimique.

Le marquage se présente sous forme d'étiquettes fixées sur les équipements et établies suivant les règles décrites dans les brochures [6] et [7].

Des affiches renseignant sur la signification des symboles de danger et des groupes de compatibilité seront fixées dans l'atelier de manière à être visibles par tous. Un exemple de ces affiches est donné en annexe 4.

Ce système n'est cependant qu'un moyen d'information rapide que viendra compléter les fiches de données de sécurité des matières premières et les fiches de bain.

### **3.2.2. Fiches de données de sécurité (FDS)**

À chaque produit dangereux pour l'homme et (ou) l'environnement correspond une fiche de données de sécurité élaborée par le fabricant du produit, et dont la fourniture est obligatoire [8].

Elles comportent seize rubriques renseignant en particulier sur :

- les dangers du produit pour l'homme et l'environnement,
- les moyens de prévention, de protection et de secours.

Ces seize rubriques sont les suivantes :

- 1 - Désignation du produit, de la préparation et de la société.
- 2 - Composition, information sur les composants.
- 3 - Identification des dangers.
- 4 - Premiers secours.
- 5 - Mesures de lutte contre l'incendie.

6 - Mesures à prendre en cas de dispersion accidentelle.

7 - Manipulation et stockage.

8 - Contrôle de l'exposition/Protection individuelle.

9 - Propriétés physiques et chimiques.

10 - Stabilité et réactivité.

11 - Informations toxicologiques.

12 - Informations écologiques.

13 - Considérations relatives à l'élimination.

14 - Prescription de transport.

15 - Informations réglementaires.

16 - Autres informations.

Un exemplaire de ces fiches doit être transmis au médecin du travail (voir 3.7).

Un autre exemplaire sera mis à la disposition des opérateurs et des intervenants extérieurs par l'intermédiaire des classeurs de ligne situés dans l'atelier.

### **3.2.3. Fiche de montage et d'utilisation**

Établie par les fournisseurs de produit, elle comporte toutes les opérations à effectuer ainsi que tous les équipements à utiliser.

Elle doit indiquer les séquences de traitement.

### **3.2.4. Fiche de bain**

Elle doit être créée par l'entreprise à partir des informations présentes dans les documents suivants :

- les fiches techniques de montage et d'utilisation des baignoires des fournisseurs de produits,
- les fiches de données de sécurité,

- le guide de ventilation n° 2 édité par l'INRS sous la référence ED 651 [9],

- l'étiquette de marquage.

Elle comporte, outre les éléments techniques, des renseignements nécessaires à la prévention des risques et en particulier des risques chimiques :

- les produits dangereux,
- le pH,
- la classe de risque du bain définie dans le guide de ventilation n° 2,
- le débit de ventilation recommandé pour ce bain,
- les symboles de danger du marquage,
- une indication par symbole des interdictions et des moyens de protection individuelle à mettre en œuvre.

Un exemple de fiche de bain est donné en annexe 3. Cette fiche peut être complétée au cas par cas en fonction d'autres risques présents.

### **3.2.5. Classeur de ligne**

Afin de regrouper toutes les informations nécessaires à la prévention des risques et en particulier des risques chimiques, un classeur de ligne sera constitué. Il sera placé dans l'atelier à la disposition de tous les intervenants.

Le classeur de ligne comprend plusieurs éléments.

- Un plan de la ligne, placé en tête du classeur, comportant la matérialisation des rétentions et des dispositifs de captage de la ventilation. Un exemple est donné en annexe 5. **Ce plan sera affiché, en outre, en tête de ligne.**

• Les fiches de renseignements concernant les différents bains qui seront classées dans l'ordre de numérotation des cuves dans la ligne (figure 5). Pour chaque bain, on trouvera dans l'ordre :

- la fiche de bain,
- la fiche de montage et d'utilisation du fournisseur,
- les fiches de données de sécurité des produits.

Le classeur de ligne peut être commun au recueil des procédures.

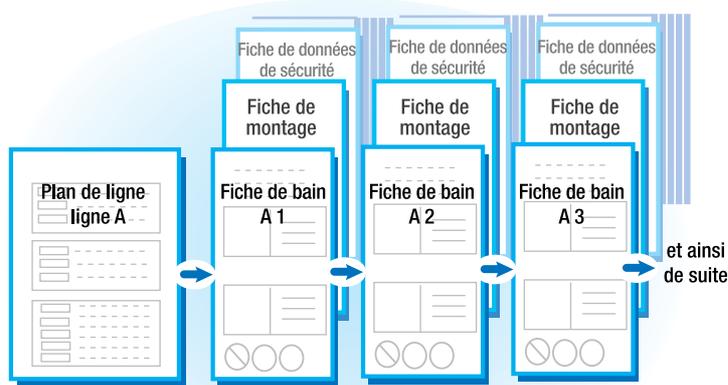


Figure 5. Éléments du classeur de ligne.

### 3.3. Équipements

#### 3.3.1. Rétentions

Les capacités de rétention sont des ouvrages capables de contenir un liquide s'échappant accidentellement d'un contenant tel que cuve ou citerne ou plus généralement filtre, pompe, etc.

Leur géométrie doit être telle qu'elles puissent effectivement recueillir un écoulement accidentel, même s'il se présente sous forme

d'un jet horizontal. Les parois ou murets de ces capacités doivent suivre le contour du contenant visé. La hauteur du muret ( $h$ ) et le déport minimal sont liés par la relation suivante, qui fait intervenir également le niveau maximal du liquide  $H$  :

$$h = H - d.$$

Le niveau maximal de liquide et la hauteur du muret doivent être mesurés à partir d'un même niveau horizontal, par exemple, le fond de la rétention (figure 6).

Cependant,  $d$  ne peut être nulle car la capacité de la rétention doit être égale au plus grand des deux volumes suivants :

- le plus grand contenant,
- la moitié du total des contenants.

Cette capacité minimale peut être obtenue de deux façons :

- par la hauteur des parois ou murets de l'ouvrage,
- par un contenant distinct dans lequel la rétention se vide par gravité (rétention déportée).

La capacité de rétention peut contenir un ou plusieurs contenants à condition qu'ils contiennent des produits chimiquement compatibles, c'est-à-dire appartenant au même groupe de compatibilité. Afin d'en faciliter le contrôle, les contenants et les rétentions sont marqués du symbole de compatibilité [6].

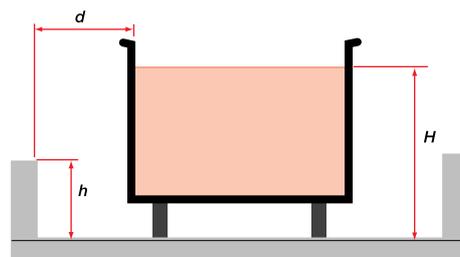


Figure 6. Écart entre les parois de la rétention et de la cuve.

On veillera à la bonne séparation des capacités, en particulier pour les ouvrages jointifs existant sous une ligne de cuves. Il est assez difficile dans ce cas de recueillir correctement une fuite entre deux cuves. Un écran prolongeant en hauteur la séparation jusqu'au bord de cuve peut être une solution simple.

Un puits collecteur situé au point bas de la rétention devra être installé pour faciliter la vidange du bac de rétention en cas de besoin.

Les vannes qui équipent les tuyauteries doivent être de préférence placées à l'intérieur des bacs de rétention des cuves. À défaut, elles doivent être munies de dispositifs pour recueillir les égouttures (bac, gouttière, etc.)

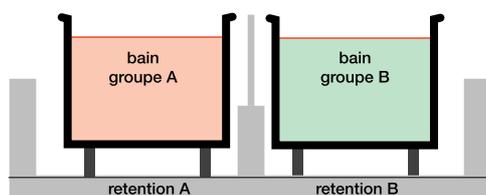


Figure 7. Schéma d'écran entre deux cuves contiguës.

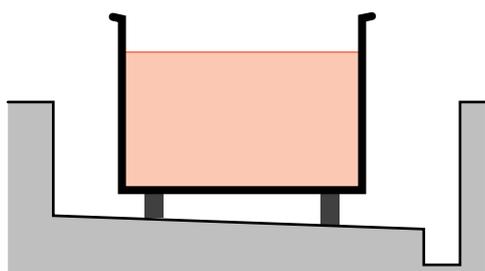


Figure 9. Schéma de rétention avec sol en pente et puisard.



Figure 10. Double enveloppe.

ou les fuites afin de les acheminer vers un récipient collecteur (figure 7).

La rétention doit pouvoir assurer sa fonction, même en cas d'incendie. Elle doit donc pratiquement être réalisée en maçonnerie.

Le revêtement de la capacité doit être compatible avec les produits susceptibles de s'y trouver du moins pendant un temps limité.

Pour remplir leur rôle, les capacités de rétention doivent être maintenues vides et propres (voir 3.4.3), à la fois pour éviter une pollution aérienne et pour garder leur volume disponible. Des petits écoulements se produisent fréquemment et finissent par créer une pollution non négligeable des capacités. Cet état est souvent difficile à détecter dans la mesure où les capacités sont couvertes par des caillebotis. Pour ce faire, une pente et un puisard s'impose.

Il faut effectuer le rinçage de la rétention aussitôt après un écoulement dans celle-ci.



Figure 8. Exemple de stockage avec rétention.

La double enveloppe d'un contenant est souvent utilisée comme palliatif de la capacité de rétention.

Si elle est efficace pour les fuites liées à une dégradation des parois de la cuve, elle ne répond pas au risque de choc extérieur ni au risque d'incendie, à moins qu'elle ne soit résistante au feu. Par ailleurs, elle gêne la surveillance de l'aspect extérieur des contenants (voir 3.4.3) et nécessite la présence d'un détecteur de liquide en partie basse, sauf s'il y a évacuation permanente vers une rétention déportée.

Compte tenu des remarques précédentes, la double enveloppe en tant que cuve de rétention n'est pas recommandée.

### 3.3.2. Stockage

Les installations de stockage doivent couvrir tous les besoins en matières premières, solides ou liquides. Le stockage doit être conçu de façon à ne laisser sur les surfaces de travail que les produits en cours de mise en œuvre et limiter les risques induits par l'accumulation de produits différents.

Dans le cas général, cinq groupes sont à séparer pour empêcher les réactions intempestives (voir 2.3.2) : les acides, les compo-

I N F L A M M A B L E S	ACIDES
	COMPOSÉS DU CHROME
	BASES
	CYANURES

Figure 11. Schéma d'organisation du stockage.

sés du chrome, les bases, les cyanures et les inflammables [6, 7].

Les zones ainsi définies correspondent aux différentes capacités de rétention à constituer. Toutefois, elles pourront accueillir des produits ayant des propriétés particulières à condition qu'ils soient placés dans une rétention spécifique qui constitue une subdivision légère (bac plastique, par exemple) de la rétention principale.

Groupes	Produits tolérables avec rétention spécifique
Acides	Acide sulfurique concentré Acide fluorhydrique (voir annexe 6) Sels acides Solvants chlorés
Composés du chrome	Acides oxydants (nitrique, perchlorique) Oxydants (perchlorure de fer, eau oxygénée, permanganate)
Bases	Bisulfite Sels neutres ou basiques
Cyanures	Sulfures, arséniures
Inflammables	Produits organiques non comburants Solvants non chlorés, huiles, etc.

Tableau 1. Règles particulières pour le stockage de certains produits.

Cet agencement doit être adapté aux risques et aux quantités présentes, ce qui peut conduire à augmenter les séparations ou à les réduire. Par exemple, des solvants en petite quantité peuvent être stockés avec les bases ou les acides, un sel neutre peut être stocké avec des bases ou des acides, mais une quantité importante d'eau oxygénée ou d'acide fluorhydrique doit être stockée dans un local spécifique.



Figure 12. Stockage de produits en petits conditionnements.

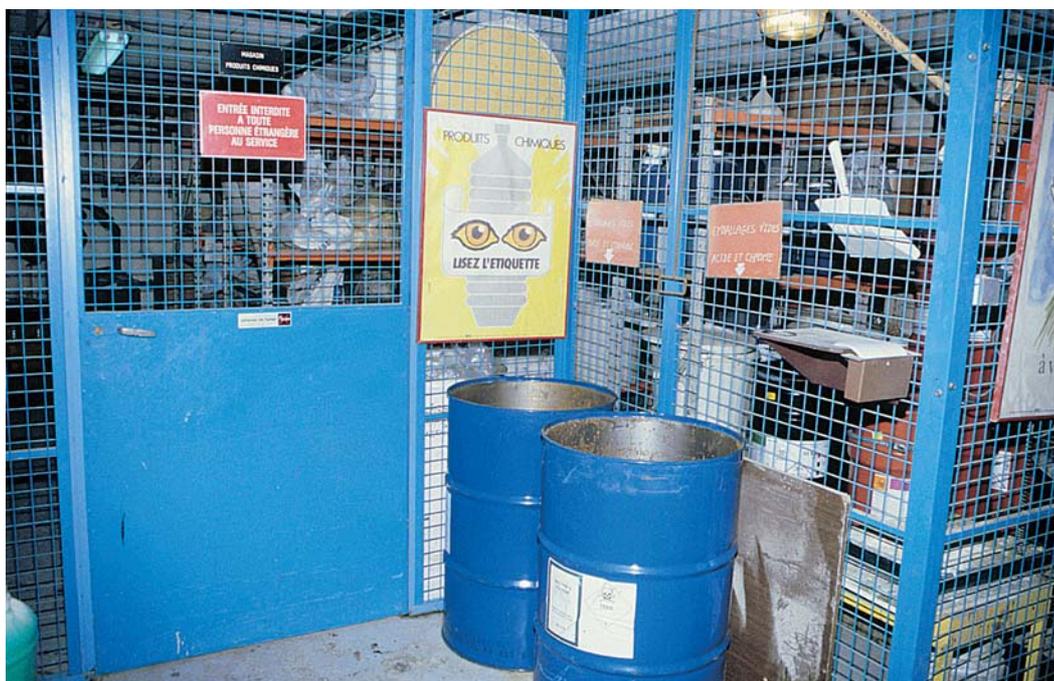


Figure 13. Exemple de local fermé pour le stockage de produits dangereux.

Dans tous les cas, les règles suivantes s'appliquent :

- surfaces et volumes en rapport avec les quantités maximales à stocker,
- conditionnement en rapport avec les quantités consommées,
- séparation par groupe de compatibilité avec identification claire des cellules, les symboles correspondants doivent être bien visibles (pour les cyanures, le local doit être fermé à clef),
- rétentions et ventilations en rapport avec les groupes et la géométrie du local,
- implantations et équipements facilitant les manutentions et la maintenance,
- poste de dépotage pour les livraisons en vrac équipé en fonction des risques présents.

En outre, les règles de stockage doivent être conformes à la réglementation des installations classées [10].

En ce qui concerne le choix des conditionnements, il faut se baser sur la consommation mensuelle en suivant par exemple les valeurs indiquées au tableau II.

Consommation mensuelle (litres)	Type de conditionnement
< 20	flacons
20 à 500	touries
500 à 2 000	conteneurs
> 2 000	citernes

Tableau II. Conditionnement conseillé en fonction de la consommation.

En cas de reconditionnement avec ou sans pesée, il faut respecter les règles suivantes :

- porter les équipements de protection individuelle correspondants au risque,

- effectuer ces opérations à un poste de travail spécialement équipé (ventilation et capacité de rétention),
- réétiqueter le nouveau conditionnement.

### Stockage en cuve

Le matériau des cuves doit être parfaitement compatible avec le produit à stocker.

Les cuves, les événements et les organes de transfert doivent être identifiés selon les règles déjà définies [5, 6].

Des jauges de niveau doivent être mises en place sur chaque cuve pour prévenir les risques de débordement.

Les rétentions seront construites selon la règle énoncée au paragraphe 3.3.1 en prenant le niveau maximal. En cas d'implantation à l'extérieur, il faudra éviter l'accumulation d'eau pluviale, soit en implantant un auvent, soit en mettant un dispositif de vidange.

Des événements correctement dimensionnés doivent être installés sur les cuves. Ces événements doivent être facilement accessibles pour permettre la maintenance (voir 3.4.3 et 3.5.1). Le trop-plein peut servir d'événement. En intérieur, la cuve doit être maintenue en dépression par la ventilation mécanique, l'entrée d'air dans la cuve se faisant par le trop-plein.

### Stockage en petits conditionnements

Les règles suivantes s'appliquent :

- installer des aires de stockage couvertes pour préserver les emballages des intempéries,
- prévoir un espace suffisant pour ranger les produits par groupe de compatibilité,
- assurer une surveillance régulière de l'état des emballages et de leur étiquetage et agir auprès des fournisseurs en cas de problème,

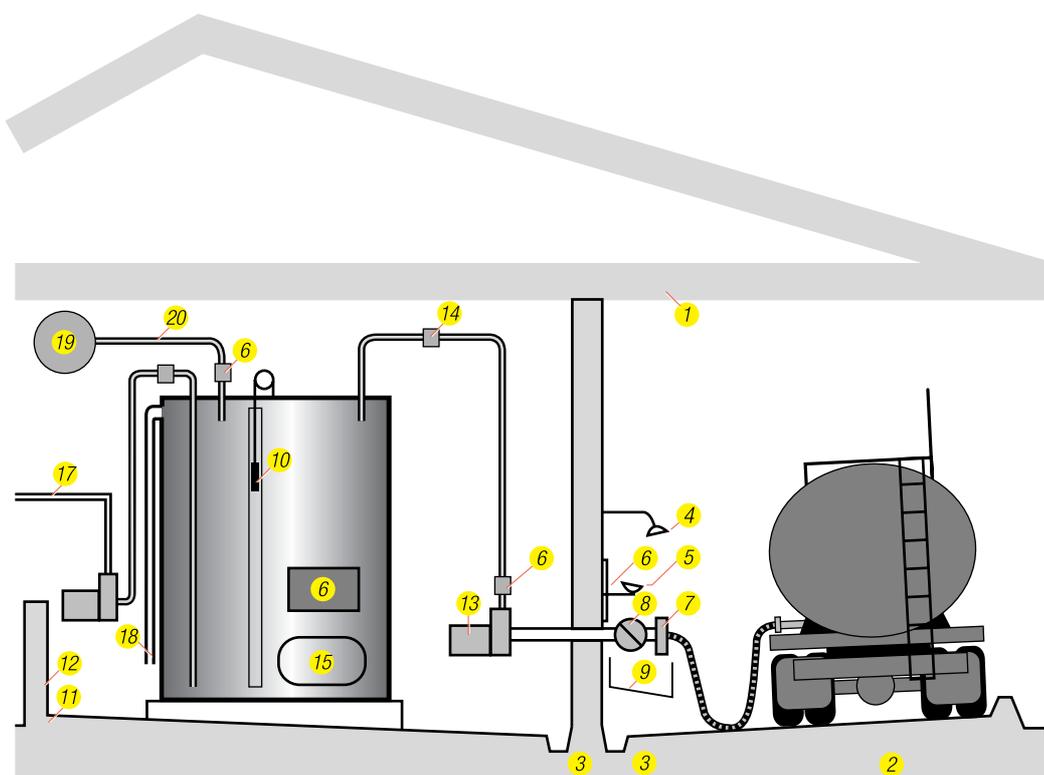
– tenir compte de la sensibilité des produits à la température, l'humidité ou la lumière.

Il faut remarquer que les emballages plastiques (en particulier les touries) peuvent subir un affaiblissement important de leur résistance mécanique par suite du vieillissement provoqué par l'action des produits contenus, la chaleur ou l'exposition au rayonnement ultraviolet. Par ailleurs, l'exposition à des températures basses provoque une fragilisation de certaines matières plastiques.

### 3.3.3. Ventilation

Un système de ventilation s'impose dès qu'il y a pollution spécifique, de façon à maintenir la salubrité de l'atmosphère. Un bain peut émettre des vapeurs et des aérosols en fonction de divers paramètres tels que :

- tension de vapeur,
- température,
- agitation à l'air comprimé,
- électrolyse,
- courants d'air.



- 1 – auvent
- 2 – aire de dépotage en rétention
- 3 – puisard
- 4 – douche
- 5 – lave-œil
- 6 – identification
- 7 – raccord étanche
- 8 – vanne d'arrêt
- 9 – bac de recueil des égouttures
- 10 – cuve de stockage

- 11 – rétention de cuve
- 12 – mur de rétention
- 13 – pompe de remplissage
- 14 – clapet anti-retour
- 15 – trappe de visite
- 16 – niveau à flotteur, visible à distance
- 17 – tube de vidange et distribution
- 18 – trop-plein
- 19 – gaine d'aspiration
- 20 – évent

Figure 14. Schéma type d'un poste de dépotage et de stockage.

Il faut donc s'efforcer, en premier lieu, de munir les cuves de couvercles mobiles afin d'assurer au maximum le temps de confinement des bains émissifs. Cette disposition a l'avantage de protéger le bain d'éventuelles pollutions extérieures et d'une évaporation excessive.

On veillera à ce que les couvercles possèdent une résistance suffisante et qu'ils soient facilement manœuvrables. Pour la résistance mécanique des couvercles, on pourra s'inspirer des prescriptions sur les toitures fragiles [11].

Une fois optimisées les dispositions relatives aux couvercles, il convient de capter toutes les émissions à la source, notamment celles provenant des pièces sortant du bain. Les sources de pollution de la station d'épuration et des installations de stockage ainsi que tous les postes de traitement hors ligne doivent également être équipés de dispositifs de ventilation. Les moyens techniques ainsi que les calculs des débits nécessaires sont développés dans le guide pratique de ventilation n° 2 [9].

Aucune installation de traitement ne doit être installée dans une zone confinée.

Les rejets atmosphériques doivent être traités conformément aux règles de protection de l'environnement.

### 3.3.4. Préparation des bains

La préparation des bains peut se faire en sécurité si le poste de travail est conçu correctement. Un bain étant un mélange, il doit être « monté » dans une cuve adaptée à cet usage.

La cuve devrait comporter notamment les éléments suivants :

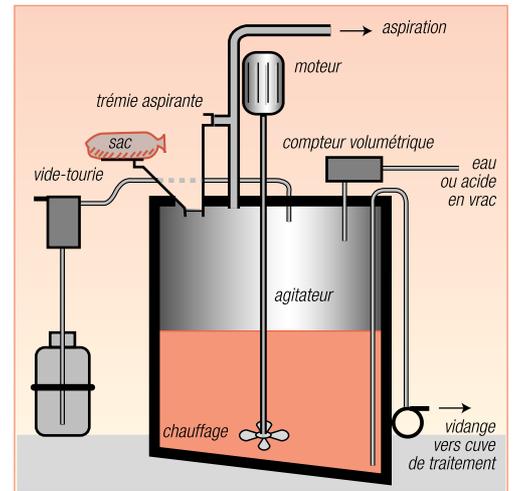


Figure 15. Schéma type d'une cuve de préparation de bains.

- cuve en rétention,
- agitateur motorisé fixe, de préférence à vitesse réglable,
- couvercle,
- dispositifs pour introduire des poudres ou des liquides,
- dispositif de captage à la source de vapeurs ou de poussières,
- moyens de chauffage (en partie basse) et éventuellement de refroidissement.

Cette cuve de préparation est soit la cuve de traitement munie des équipements préconisés soit une cuve spécifique utilisable pour la préparation de tous les bains. Dans ce dernier cas, elle doit avoir les caractéristiques supplémentaires suivantes :

- configuration permettant la vidange facile en totalité (fond conique),
- dispositif fixe de transfert vers les cuves destinataires avec identification claire de ces destinations.

Tous ces équipements sont choisis et disposés de façon ergonomique, pour que leur emploi ne soit pas dissuasif. Une attention

particulière sera portée aux transferts de liquides depuis des touries, par exemple avec des pompes à canne plongeante et aux transferts de solides depuis des sacs, par exemple avec une trémie aspirante munie d'un appui. Une manutention mécanisée des sacs, en plus de son aspect ergonomique, présente l'avantage de réduire le risque de contact avec les produits contenus.

Des indicateurs de température sur tous les bains chauffés sont indispensables pour éviter l'échauffement excessif.

La régulation de température est recommandée pour éviter les émissions excessives et éventuellement les débordements.

### 3.3.5. Cuves de traitement

La cuve ou son revêtement intérieur doit être compatible avec tous les produits qu'elle peut contenir et avec la température d'utilisation.

La hauteur de la zone de franc bord doit être d'au moins 20 centimètres pour optimiser l'efficacité de la ventilation et éviter les projections. Dans le cas des tonneaux, elle

doit être égale au diamètre des tonneaux pour permettre l'égouttage sous ventilation.

Pour éviter la formation d'aérosols, l'agitation mécanique provoquée par exemple par les mouvements de la barre porte électrodes (barre cathodique) ou par une hélice sera préférée à l'agitation par air comprimé. Si, malgré tout, l'air comprimé est choisi comme moyen d'agitation, son débit doit être facilement réglable pour minimiser l'émission.

Une barre d'égouttage permettant d'accrocher les pièces évite à l'opérateur de tenir les pièces pendant l'égouttage.

Tous les tubes de vidange et d'arrivée (eau, réactifs, air comprimé, etc.) doivent être équipés d'un dispositif anti-retour.

Ils doivent passer par-dessus les bords de cuve sans les traverser, de façon à éviter les points de fragilisation.

La détection de niveau doit commander un point haut et un point bas ; le niveau haut coupe l'alimentation d'eau et des réactifs, le niveau bas coupe le chauffage.

Tous les organes électriques doivent avoir un indice de protection d'au moins IP 55.

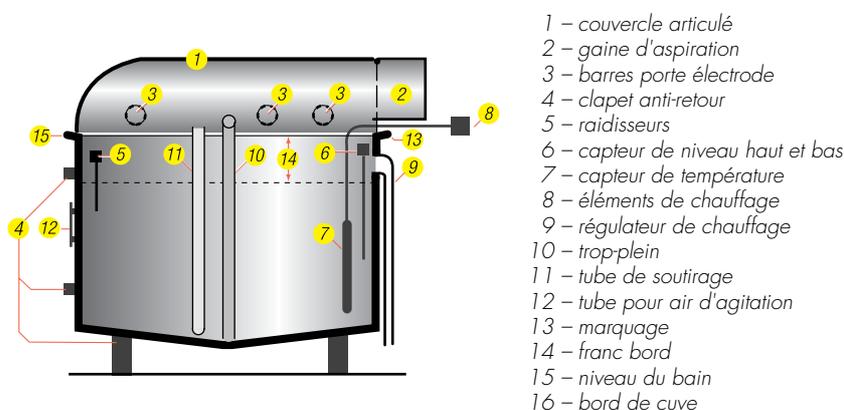


Figure 16. Schéma type d'une cuve de traitement.

Il est important que les dispositifs de ventilation soient intégrés à la conception de la cuve et non pas ajoutés. Cette remarque s'applique également au panneau d'identification et éventuellement à la barre d'accrochage. Les dispositifs de ventilation doivent être faciles à nettoyer.

### **3.3.6. Transferts**

#### **Transfert des produits**

Il faut privilégier les installations automatiques pour les ajouts de réactifs (pompes doseuses, etc.).

Pour les ajouts manuels de réactifs, il faut utiliser des récipients jaugeurs en matière plastique, munis d'une poignée.

Il faut éviter l'utilisation de tuyauteries flexibles pour le transfert des produits dangereux et privilégier l'installation de tuyauteries fixes et rigides avec une identification claire [6]. De la même façon, il ne faut recourir aux pompes mobiles pour la vidange des cuves que pour les cas particuliers. La commande doit être placée à distance et elle doit être à action maintenue. Pour les opérations habituelles de transfert, la cuve doit être équipée d'une pompe installée en permanence.

Toutes les tuyauteries et les vannes doivent être protégées contre les chocs. En fonction des risques, on placera un système de collecte pour les fuites éventuelles. Des vannes de purge aux points bas doivent être prévues pour faciliter les opérations de vidange des installations, en particulier pour l'entretien et la maintenance.

Un système d'alarme doit équiper certaines pompes pour réduire les risques de débordement.

Les postes de transvasement de produits chimiques doivent être également équipés d'un dispositif de captage localisé.

#### **Transfert des pièces**

Le transfert des pièces doit être conçu pour empêcher les risques de collision et de chutes d'objet. Il faut privilégier le transfert par un convoyeur automatique.

Des phases d'égouttage doivent être aménagées de manière à éviter de contaminer les bains voisins et à limiter les égouttures. L'égouttage peut être amélioré par des techniques spécifiques telles que le soufflage sous ventilation.

Le convoyeur doit être muni d'un système d'arrêt de sécurité. En outre, une commande doit permettre d'arrêter la chaîne de transfert, lorsqu'il est nécessaire d'intervenir.

### **3.3.7. Station de détoxification**

La station constitue un atelier complet et les mesures de prévention doivent couvrir tous les aspects qui en résultent.

Concernant le risque chimique, une attention particulière doit être portée aux rétentions et au captage des émanations possibles, ainsi qu'à l'information et à la formation des intervenants.

Une ventilation générale de sécurité (à grand débit) doit être installée. Son fonctionnement doit être asservi à la pénétration de l'opérateur dans la station.

Aucune station ne doit être installée dans un local confiné.

Les organes de sécurité, dont la défaillance entraîne un risque important, doivent être doublés.

L'agencement de la station doit faciliter la circulation et les accès à tous niveaux utiles.

Le marquage des équipements est d'autant plus nécessaire que l'installation est complexe. Il en est de même de l'affichage des procédures de travail.

Toutes les cuves doivent être munies des éléments suivants :

- couvercles fixés,
- trop-plein en rétention,
- niveau visible avec alarme haute et basse,
- conduit de mise en dépression,
- dispositif de prélèvement d'échantillons ne nécessitant pas l'ouverture de trou de visite,
- capteurs nécessaires à une surveillance fiable du process.

Les rétentions sont agencées par groupe de compatibilité. Elles doivent s'étendre autour des cuves selon la règle indiquée au paragraphe 3.3.1. Les pompes et vannes desservant les cuves seront placées aussi dans la rétention. Elles doivent être conçues afin de remplir leur fonction en cas d'incendie et pour être facilement vidées et nettoyées.

Les canalisations et vannes de produits dangereux doivent comporter toutes les sécurités déduites d'une analyse préalable des modes de défaillance. Ces équipements doivent, en outre, présenter un indice de protection IP 55X.

Les boues seront identifiées et placées en rétention. Elles seront traitées selon les mêmes procédures que les produits chimiques.

Les chaînes de mesure (pH, rH, etc.) doivent être vérifiées et les électrodes nettoyées et étalonnées régulièrement.

Des procédures d'intervention écrites doivent être mises à disposition du personnel concerné, mentionnant notamment les consignations préalables [12] et les protections individuelles [13].

### **3.3.8. Équipements de secours et de soins d'urgence**

Les équipements suivants sont indispensables :

- des douches et lave-œil placés à proximité des postes à risque pour les projections,
  - un appareil de protection respiratoire isolant (ARI) autonome à la disposition de l'équipe d'intervention s'il y en a une [14].
- Par une analyse de la situation menée sous la responsabilité du médecin du travail, en suivant les indications de la fiche de données de sécurité des produits utilisés, il y aura lieu de préparer :
- les interventions,
  - les gestes de premier secours,
  - les soins d'urgence éventuels.

La station de détoxification en particulier devra être munie de détecteurs de gaz toxiques adaptés et bien positionnés pour détecter les composés cyanurés et le dioxyde de soufre. Ces détecteurs seront en mesure de déclencher l'alarme et la ventilation.

### **3.3.9. Incendie**

La prévention repose principalement sur la maintenance des équipements électriques et des installations de chauffage. Elle repose

également sur l'organisation et le maintien de la propreté des ateliers.

L'installation de dispositifs de détection d'incendie est toutefois nécessaire. En particulier, un détecteur de température des gaz dans les gaines doit assurer l'arrêt du système de ventilation.

Pour la lutte contre l'incendie, il faut utiliser des extincteurs à eau pulvérisée.

## 3.4. Organisation

### 3.4.1. Gestion des stocks

Ces opérations doivent être conduites sous la responsabilité d'une personne nommément désignée qui aura les compétences nécessaires. Elle assurera le contrôle de l'introduction de tout nouveau produit chimique dans l'établissement.

#### Livraison de matières premières en vrac

Il faut établir des procédures écrites pour les mouvements de produits. Elles seront dictées par les risques repérés. Les textes [15] et [16] fournissent des éléments de décision dans les cas généraux.

Une opération de dépotage doit être préparée afin de rendre disponibles :

- un temps suffisant pour être présent pendant toute la durée du dépotage,
- des moyens de vérification (matériel d'analyse),
- des douches et lave-œil de sécurité en état de fonctionnement,
- des pompes et raccords étanches,

- des équipements de protection individuelle adaptés aux produits livrés,

- une aire de dépotage dégagée et propre.

Au moment du dépotage, il y aura lieu de prendre certaines précautions.

- S'assurer de la nature du contenu de la citerne par :

- vérification du bon de livraison,

- examen de l'étiquetage de la cuve du camion,

- analyse du produit contenu dans la cuve du camion par un prélèvement dans celle-ci.

Le prélèvement sera analysé par des moyens simples comme la prise du pH, le contrôle de l'odeur et de la couleur, des réactions chimiques colorées. L'installation doit être conçue pour faciliter la prise d'échantillon (par exemple manchon entre deux brides équipé d'un piquage placé entre deux vannes).

- S'assurer que le produit sera bien délivré dans la bonne cuve, par le contrôle du branchement à l'aide des étiquettes de marquage de la cuve réceptrice, de la canalisation reliant la cuve et l'orifice de remplissage et de l'orifice de remplissage lui-même.

- Vérifier que la quantité à livrer peut être contenue dans la cuve.

- Respecter l'interdiction de fumer.

La prévention continue après le dépotage, notamment par :

- la vidange des tuyaux fixes et flexibles dans des réceptacles prévus à cet effet,

- le rinçage du matériel souillé et en particulier les rétentions et les équipements de protection individuelle réutilisables,

- la vérification que les vannes sont dans leur position normale,

- le rangement du matériel mobile.

### Livraison de matières premières en conditionnement unitaire

Lors de la réception de matières premières en conditionnement unitaire, il faut prévoir les opérations suivantes.

- Dégager l'espace de réception.
- S'assurer de la nature du produit livré par les vérifications :
  - du bon de livraison,
  - de l'étiquetage des contenants,
  - de l'état de l'emballage.
- Consulter les fiches de données de sécurité des produits livrés (voir 3.2.2).
- Attribuer les groupes de compatibilité à chaque produit.
- Transférer tous les produits livrés de l'espace de réception vers les zones de stockage définies au paragraphe 3.3.2. Le temps de séjour dans l'espace de réception doit être le plus court possible.
- Stocker les divers contenants au bon endroit en fonction des dangers et de leur groupe de compatibilité chimique.
- Transporter les produits par groupe de compatibilité chimique dans une capacité mobile.
- Réintégrer au stockage les éventuels emballages entamés.
- Mettre à jour l'état des stocks.

### Déstockage

Le déstockage impose le respect des règles suivantes.

- Ne procéder au déstockage que sur demande écrite précisant le nom du produit, la quantité, le conditionnement et la destination.

- Vérifier le bon état des étiquettes et les dates de péremption éventuelles. En cas de doute, mettre de côté pour analyse ultérieure.
- Choisir les produits suivant la méthode « Premier entré, premier sorti » en intégrant les emballages entamés, afin de limiter le temps de stockage.
- Procéder au réétiquetage en cas de fractionnement.
- Mettre à jour l'état des stocks.

### 3.4.2. Production

#### Montage et suivi des bains

Les règles à suivre pour effectuer le montage des bains et assurer leur suivi sont les suivantes.

- Planifier le montage des bains dans le travail de l'atelier en ménageant le temps nécessaire.
- Émettre les commandes en temps suffisant pour le déstockage. Ne commencer le montage ou l'ajustage des bains que lorsque tous les produits et tous les équipements sont disponibles.
- Dégager un emplacement autour de la cuve de montage ou de traitement pour le stockage provisoire des produits.
- Consulter la fiche de montage et d'utilisation et les fiches de données de sécurité des produits nécessaires au montage.
- Utiliser le poste de travail prévu à cet effet.
- Recueillir et stocker les emballages vides à l'endroit prévu éventuellement, après décontamination. Proscrire le réemploi de tout emballage de produits dangereux.

Équipements	Entretien (périodicité)			
	jour	semaine	mois	année
Vannes				
Pompes de reprise				
Pompes doseuses				
Clapets anti-retour				
Agitateurs				
Indicateurs de niveau				
Électrodes				
Filtre presse				
Décanteur				
Douche				
Lave-œil				
Extincteur				
Détecteur de niveau				
Ventilation				
Rétention				
Évent				
Trop-plein				
Cuverie				

Tableau III. Exemple de plan d'entretien périodique.

- Retourner éventuellement au stockage les emballages entamés.
- Établir la fiche de bain.
- Procéder à tous les nettoyages nécessaires : cuves, tuyaux, emballages (voir 3.5.3).

**Traitement des pièces**

Ces opérations sont indispensables.

- Définir un circuit des pièces de façon à limiter les salissures et les contaminations par les égouttures.

- Soigner la fixation des pièces.
- Déterminer les temps d'égouttage suffisants pour limiter les entraînements.
- Assurer la vidange complète des corps creux.

**Transfert des bains et réactifs**

- Avant d'effectuer le transfert des bains et des réactifs, il faut vérifier que :
  - la destination choisie est la bonne,
  - la cuve choisie dispose d'un volume suffisant,

- la cuve réceptrice ne contient pas de produit incompatible avec le produit transféré,
  - les connexions sont fiables, particulièrement lorsqu'il s'agit de tuyauteries et de pompes mobiles,
  - tous les organes mobiles sont fixés,
  - les matériaux des pompes et tuyaux sont compatibles avec le produit transféré.
- Pendant le transfert il faut assurer une surveillance du bon déroulement de l'opération pour prévenir tout risque de fuites.
  - Après le transfert il faut effectuer les opérations suivantes :
    - s'assurer de la purge des canalisations et de l'absence de pression résiduelle,
    - effectuer un rinçage complet de l'installation,
    - déconnecter électriquement,
    - ranger le matériel mobile.

### 3.4.3. Maintenance préventive

L'organisation de la maintenance préventive nécessite l'établissement d'une liste de points clés à vérifier périodiquement tels que douche, lave-œil, extincteur, détecteur de niveau, ventilation, évent, trop-plein, cuverie, rétention. Cette liste, dont un exemple est donné au tableau III, sera mise à jour régulièrement.

En ce qui concerne la station de détoxification, l'entretien et une maintenance régulière contribueront de manière très importante à diminuer les risques en mode de fonctionnement normal et à prévenir les dysfonctionnements.

Un nettoyage général de la station est à prévoir tous les mois et il est indispensable de vérifier journalièrement la marche de l'ins-

tallation de détoxification et le niveau des réactifs.

Les électrodes de pH et de rH doivent être entretenues avec soin, car la majorité des incidents est due à leur fonctionnement défectueux (déréglage des réacteurs de déchromatation, de décyanuration ou de neutralisation).

### 3.4.4. Exploitation de la station de détoxification

- Prévoir un accès réglementé.
- Appliquer les procédures relatives aux travailleurs isolés.
- Lorsqu'il y a une préparation de réactif à effectuer, se reporter au paragraphe 3.3.4.
- Suivre pour le stockage les mêmes prescriptions décrites au paragraphe 3.3.2.
- Identifier les déchets.

## 3.5. Mesures propres à la maintenance

### 3.5.1. Moyens techniques

Les cuves de stockage de produits chimiques doivent être équipées de façon telle que le personnel de maintenance n'ait pas à y pénétrer.

Les équipements susceptibles d'être contrôlés ou réparés seront placés à l'extérieur, en particulier le contrôleur de niveau et les vannes.

Les citernes qui doivent être visitées seront munies d'une trappe en position basse. Chaque fois que cela est possible, il faut prévoir des dispositifs permettant d'isoler et de démonter certaines parties de l'installation.



Figure 17. Dispositif d'aspiration latérale muni d'une trappe de visite.

Afin de faciliter les travaux au-dessus des cuves, celles-ci seront équipées de moyens d'accès tels que escaliers, passerelles, échelles à crinoline.

En ce qui concerne la ventilation il faut prévoir des équipements permettant de rincer l'installation avant d'y intervenir.

### 3.5.2. Formation

Les opérations de maintenance sont à réserver à des personnes désignées. N'ayant généralement pas de connaissance en matière de risque chimique, elles seront formées spécialement dans ce domaine. Cette formation inclura en particulier les règles d'identification des équipements.

Le personnel doit savoir détecter les pannes électriques, mécaniques et chimiques spécifiques au métier en sus des pannes classiques (pompes, thermostats, etc.).

### 3.5.3. Organisation

Il convient de suivre les règles suivantes.

- Préparer toute intervention par une inspection, une recherche du matériel adapté et une information sur les risques à l'aide des classeurs de ligne.
- Planifier l'intervention pour éviter les interférences avec la production en prévoyant le temps nécessaire.
- Prévoir un poste de travail dégagé et propre.
- Effectuer le nettoyage soigné des cuves et appareils avant toute intervention.
- S'assurer des consignations nécessaires [12].
- Supprimer l'isolement par la présence d'une seconde personne si le risque est élevé, par exemple lors d'une intervention sur un contenant de produit toxique.

#### Procédures pour la protection des travailleurs isolés

- Système de position anormale
- Système de communication
- Présence d'un second opérateur dans l'atelier

## 3.6. Protection individuelle

[13]

Les équipements de protection individuelle (EPI) ne doivent pas se substituer aux équipements de protection collective.

Il convient de distinguer les équipements courants portés habituellement aux postes de travail (gants, bottes, lunettes, tablier, etc.) et les équipements plus complets à l'usage des équipes d'intervention lors d'un accident (intervention lors d'une fuite ou d'une émission massive de produits toxiques).

Aussi le recours aux EPI doit répondre aux règles simples suivantes.

- Les EPI dont l'inconfort est réduit (bottes, tablier, etc.) peuvent être portés pendant un temps prolongé dans la mesure où ils représentent une protection complémentaire à la protection collective.
- Les EPI dont l'inconfort est sensible (appareils de protection respiratoire par exemple) doivent être réservés à des interventions courtes et peu fréquentes (déchargement de véhicules, gros entretien) ou à des interventions en urgence (sauvetage, dépannage, etc.).

### 3.6.1. Choix des équipements de protection individuelle

Les équipements de protection individuelle doivent être choisis avec soin après analyse des risques présents à chaque poste de travail ou susceptibles de l'être en cas de dysfonctionnement. Ainsi, des choix distincts peuvent être faits au montage de bain, à la mise au bain, à l'entretien, etc.

Pour apprécier l'efficacité des équipements vis-à-vis des risques identifiés, il convient de tenir compte des niveaux de performance annoncés par le fabricant.

De plus, afin de prendre en compte les facteurs ergonomiques, le choix d'un EPI doit se faire en concertation avec l'intéressé et le médecin du travail.

L'information sur les limites d'efficacité et les conditions d'utilisation indiquées par le fournisseur doit être donnée aux utilisateurs. De même il convient d'assurer une formation pour le port de ces équipements.

#### Vêtements

Les opérateurs doivent porter des vêtements de travail. Les vêtements en coton sont préférables aux tissus synthétiques car ils sont absorbants et non combustibles.

Les tabliers sont recommandés pour la manipulation des produits concentrés en particulier pendant la mise au bain.

#### Appareils de protection respiratoire

Il faut distinguer les appareils filtrants et les appareils isolants.

- Le port d'un appareil filtrant est adapté à la manipulation, pendant une courte durée, de produits concentrés qui émettent des fumées, des vapeurs ou des poussières (montage des bains, dépotage, mainte-

nance). Cependant, les appareils filtrants ont une durée d'efficacité difficile à apprécier. L'étanchéité au visage est parfois difficile à assurer.

- Le port d'un appareil isolant s'impose pour des situations à risque élevé (espace confiné, pollution importante, certaines opérations de maintenance, intervention de secours). Toutefois, le port de ce type d'appareil nécessite une formation préalable.

Dans certains cas, des appareils à ventilation assistée sont utilisables [14].

### **Visière et lunettes**

Selon le niveau de risque, on utilisera une visière ou des lunettes.

La visière, bien que plus difficile à porter, protège à la fois le visage et les yeux. Elle s'impose donc dans le cas de risque important de projection. C'est le cas dans les opérations de dépotage, montage des baignoires, maintenance.

Les lunettes doivent être adaptées à la vue de l'opérateur. Mais en général, ces équipements ne corrigent pas la vue des opérateurs. Il est conseillé de porter des sur-lunettes. Toutefois, elles ne couvrent pas l'ensemble du visage et elles sont sensibles à l'embuage.

On peut utiliser des lunettes ou des visières intégrées à un appareil de protection respiratoire.

### **Gants de protection et protège-bras**

Il existe une grande variété de matériaux constitutifs des gants en fonction des produits visés. La longueur des gants peut être plus ou moins importante.

Ils doivent être portés chaque fois que le risque de contact cutané existe.

Les inconvénients liés au port de ces équipements sont la diminution de la sensibilité, la fatigue dans le cas de gants épais, la macération des mains si les gants sont étanches à l'eau et les risques de contamination par le gant souillé.

### **Chaussures et bottes**

Le port des bottes est indispensable lors de la manipulation des produits concentrés, en particulier pendant la mise au bain.

Dans tous les autres cas il faut porter des chaussures de protection. Les chaussures doivent être adaptées aux postes de travail.

### **3.6.2. Règles d'utilisation**

Les conditions d'utilisation indiquées par la notice du fabricant doivent être éventuellement adaptées aux conditions particulières du poste de travail.

Pour des raisons d'hygiène, tous les équipements de protection individuelle doivent être réservés à un usage personnel.

Tous les EPI doivent être décontaminés après utilisation suivant des règles établies en concertation avec le médecin du travail :

- laver les gants avant de les retirer pour ne pas souiller les mains,
- placer les vêtements de protection dans un compartiment séparé de celui des vêtements de ville,
- assurer le nettoyage et le renouvellement des équipements de protection individuelle.

Afin de protéger les membres inférieurs, les jambes de pantalon doivent couvrir les bottes.

Les appareils de protection respiratoire doivent être vérifiés périodiquement.

### 3.7. Surveillance médicale

La surveillance médicale fait partie des missions du médecin du travail. Elle comporte deux outils complémentaires : l'observation des situations de travail en collaboration avec les autres acteurs de l'entreprise qui en sont chargés et l'examen médical des salariés. En ce qui concerne plus particulièrement le risque chimique, l'examen médical a pour objectif de déceler le plus précocement possible d'éventuels effets sur la santé. À cette fin, le médecin du travail peut avoir recours à des examens complémentaires (sanguins ou urinaires par exemple) permettant :

- soit de repérer et de doser la présence d'un toxique (par exemple dosage de chrome urinaire),
- soit de déceler des effets avant qu'ils soient perçus par la personne comme une « maladie » (par exemple dosage de  $\beta_2$ -microglobuline testant le fonctionnement du rein, lors de l'utilisation de cadmium, toxique pour cet organe).

La nécessité de « surveillance médicale spéciale » est indiquée pour certains produits, par l'arrêté du 11 juillet 1977. Pour guider le choix des examens complémentaires adaptés, le médecin du travail, compétent pour en décider du fait de ses connaissances spécialisées en pathologie professionnelle, doit avoir une bonne connaissance des situations de travail et être informé de tous les produits utilisés (voir 3.2.2).

L'ensemble des données (connaissance des produits, examen des situations de travail, résultats des examens médicaux) doit lui

permettre de contribuer à la prévention des risques chimiques en apportant ses connaissances sur les risques spécifiques de l'activité et son point de vue sur les priorités. De même, par l'examen des fiches de données de sécurité de tout produit nouveau (additif des bains, etc.), le médecin du travail doit assurer une veille vis-à-vis de l'apparition de nouveaux risques susceptibles d'entraîner une pathologie et en informer l'entreprise.

Pour certains produits, il est prévu une durée minimale de conservation des données recueillies dans le dossier médical (par exemple 40 ans pour les produits cancérogènes).

#### Obligations des employeurs

« Tout employeur qui utilise des procédés susceptibles de provoquer les maladies professionnelles visées à l'article L. 461-2 est tenu [...] d'en faire la déclaration à la Caisse primaire d'assurance maladie et à l'inspecteur du travail ou au fonctionnaire qui en exerce les attributions en vertu d'une législation spéciale. »

Article L. 461-4  
du Code de la Sécurité sociale

### 3.8. Hygiène

L'hygiène joue un rôle prépondérant dans la prévention des risques de contact cutané et d'intoxication par ingestion.

Une bonne hygiène repose simultanément sur la mise en œuvre d'équipements sanitaires bien adaptés et sur le comportement individuel. Ce comportement vis-à-vis des règles d'hygiène ne peut être acquis qu'en

suivant une formation appropriée organisée avec la collaboration du médecin du travail.

L'hygiène concerne d'une part la propreté des locaux et des équipements et d'autre part la propreté personnelle qui vise particulièrement les mains et le visage. Dans les deux cas, une bonne conception des locaux est indispensable.

L'entreprise doit posséder une salle de détente ou un réfectoire séparé de l'atelier, un local vestiaire, des installations sanitaires (lavabo, douches, etc.).

L'accès à la salle de détente ou au réfectoire doit s'effectuer après enlèvement des vêtements souillés. Il doit être précédé par des soins d'hygiène indispensables (lavage des mains et du visage).

L'agencement des locaux le plus judicieux doit permettre de passer successivement du local de travail (atelier de traitement, stockage, station de détoxification) au vestiaire des vêtements sales, puis au lavabo et autres installations sanitaires (douches, toilettes) pour atteindre le vestiaire des vêtements propres puis le réfectoire et les autres locaux.

Les moyens d'assurer la propreté des locaux et équipements sont présentés au paragraphe 3.4.3.

Des règles d'hygiène individuelle très strictes doivent être appliquées pour éviter les atteintes cutanées et empêcher l'ingestion de substances toxiques ou nocives.

La contamination des mains peut se produire par contact accidentel avec le produit dangereux ou avec des équipements sales, par exemple des gants et des vêtements de protection.

Le lavage des mains s'impose dès que la personne quitte l'atelier, particulièrement pour la prise des repas.

Les produits d'hygiène (savon d'atelier, crème protectrice, produits d'entretien de la peau, etc.) doivent être mis à la disposition du personnel.

Lors des travaux particulièrement salissants, les horaires doivent être aménagés pour permettre au personnel de prendre une douche.

### 3.9. Généralisation de la démarche de prévention

Les mesures de prévention évoquées précédemment représentent des solutions standard répondant à des situations de risque repérées parmi les plus fréquentes. En pratique, des situations particulières se présenteront, nécessitant des mesures de prévention non répertoriées ici.

Le succès de leur mise en œuvre va dépendre à la fois de leur adaptation à la réalité de chaque entreprise et de leur appropriation par le personnel concerné.

Pour cela, le chef d'entreprise devra organiser une démarche avec le personnel, consistant à repérer, évaluer et traiter successivement les risques présents.

#### 3.9.1. Repérage

Plusieurs méthodes d'analyse sont utilisables.

Une première méthode consiste à analyser toutes les activités de l'entreprise pour détecter les dysfonctionnements conduisant à des dommages (méthode a priori).

Cette analyse peut s'appuyer sur tous les documents disponibles et notamment sur les fiches de données de sécurité.

Une seconde méthode consiste à analyser les accidents ou incidents survenus pour en rechercher les causes le plus en amont possible (méthode a posteriori). On peut utiliser pour cela la méthode de l'arbre des causes. Ces méthodes, qui suivent des règles précises, nécessitent une formation.

### **3.9.2. Évaluation**

Tous les risques repérés doivent être classés selon leur probabilité et leur gravité (voir 2.1.2). Ce classement permettra d'établir un plan de prévention pouvant couvrir plusieurs années en fonction des moyens de l'entreprise.

En attendant la réalisation de ce plan, des mesures palliatives doivent être mises en place immédiatement.

### **3.9.3. Traitement des risques**

Une bonne identification des risques permet de bien choisir les objectifs de prévention et les mesures correspondantes à mettre en œuvre. Ce choix doit être effectué au sein d'un groupe de travail.

Les principaux critères de choix d'une mesure de prévention sont les suivants :

- aptitude à éliminer le risque lui-même (intégration),
- aptitude à couvrir plusieurs risques plutôt qu'un seul (portée),
- conditions minimales de confort ou absence d'effort physique ou mental (faisabilité humaine),
- indépendance d'une intervention humaine,
- délai d'application.



## 4. BIBLIOGRAPHIE

- [1] Prévention du risque chimique. 1. Dispositions concernant les fabricants, importateurs et distributeurs. 2. Dispositions concernant les utilisateurs. *Cahiers de notes documentaires*, 1994, 157, ND 1977 & 1978.
- [2] Recueil des fiches toxicologiques. INRS, ED 613.
- [3] Incendies et lieux de travail. INRS, ED 789, 1996.
- [4] Les mélanges explosifs. INRS, ED 335, 1998.
- [5] Chrome VI extractible des passivations. CETIM, Étude n° 109090.
- [6] Ateliers de traitement de surface. Guide d'identification des cuves, canalisations et équipements, INRS, ED 794, 1996.
- [7] Manuel de marquage de sécurité. CETIM, n° 6 D 14, 1997.
- [8] Produits chimiques. La fiche de données de sécurité. ED 55.
- [9] Guide pratique de ventilation n° 2. Cuves et bains de traitement. INRS, ED 651, 1998.
- [10] Ateliers de traitements de surfaces. Arrêté du 26 septembre 1985 et instruction technique relative aux règles d'aménagement et d'exploitation des ateliers de traitements de surfaces.
- [11] Conception des lieux de travail et sécurité. Démarches, méthodes et connaissances techniques. ED 718, 1998.
- [12] Consignations et déconsignations. ED 754, 1998.
- [13] Efficacité et confort des équipements de protection individuelle. Étude réalisée dans trois entreprises de traitement de surface. *Cahiers de notes documentaires*, 1998, 172, ND 2085.
- [14] Les appareils de protection respiratoire. Choix et utilisation. INRS, ED 780, 1998.
- [15] Chargement, déchargement et transport des matières dangereuses par route. Recommandation de la Caisse nationale de l'assurance maladie R 368. INRS, 1995.
- [16] Arrêté du 26 avril 1996. Règles de sécurité applicables aux opérations de chargement et de déchargement effectuées par une entreprise extérieure.



## Annexe 1. Valeurs limites d'exposition

La valeur limite d'exposition d'un composé chimique représente sa concentration dans l'air que peut respirer une personne, pendant un temps déterminé, sans risque d'altération pour sa santé.

En France, le ministère du Travail définit deux types de valeurs limites (circulaire du 19 juillet 1982).

### La valeur limite d'exposition (VLE)

C'est la valeur maximale (instantanée ou mesurée sur une période égale au plus à 15 minutes) de la concentration d'une substance dans l'air qui ne doit pas être dépassée sans risque pour la santé. La VLE vise à protéger les salariés contre les effets aigus.

Exemple : acide chlorhydrique, VLE = 5 ppm.

### La valeur limite de moyenne d'exposition (VME)

C'est la valeur admise pour la moyenne dans le temps des concentrations auxquelles un travailleur peut être exposé au cours d'un poste de travail de 8 heures. Les VME ten-

dent à éviter des effets résultants d'une exposition prolongée.

Exemple : soude caustique, VME =  $2 \text{ mg/m}^3$ . La soude caustique est un solide. Elle est généralement utilisée en solution aqueuse. Elle est émise dans l'atmosphère d'un atelier de traitement de surface sous la forme de micro-gouttelettes (hydro-aérosol). Sa valeur limite s'exprime donc en  $\text{mg/m}^3$  et non en ppm.

Certains produits possèdent à la fois une VLE et une VME car ils agissent sur l'organisme de façon aiguë ou chronique suivant leur concentration.

Exemple : acide sulfurique, VLE =  $3 \text{ mg/m}^3$  ; VME =  $1 \text{ mg/m}^3$ .

Ces valeurs limites visent exclusivement l'intoxication par inhalation. Elles ne représentent donc qu'un objectif minimal et il convient de s'efforcer de réduire les concentrations en polluants à des niveaux aussi faibles que possible.

En plus de ces valeurs indicatives, le ministère du Travail a fixé par décret des valeurs réglementaires qui ne concernent que quelques produits : amiante, benzène, plomb, etc.

## **Annexe 2.**

### **Liste des tableaux de maladies professionnelles susceptibles d'être concernés par l'activité du traitement de surface**

*Tableau n° 1.* Affections dues au plomb et à ses composés.

*Tableau n° 2.* Maladies professionnelles causées par le mercure et ses composés.

*Tableau n° 4.* Hémopathies provoquées par le benzène et tous les produits en renfermant.

*Tableau n° 4 bis.* Affections gastro-intestinales provoquées par le benzène, le toluène, les xylènes et tous les produits en renfermant.

*Tableau n° 10.* Ulcérations et dermites provoquées par l'acide chromique, les chromates et bichromates alcalins, le chromate de zinc et le sulfate de chrome.

*Tableau n° 10 bis.* Affections respiratoires provoquées par l'acide chromique, les chromates et les bichromates alcalins.

*Tableau n° 10 ter.* Affections cancéreuses causées par l'acide chromique et les chromates et bichromates alcalins ou alcalinoterreux ainsi que par le chromate de zinc.

*Tableau n° 12.* Affections professionnelles provoquées par certains dérivés halogénés des hydrocarbures aliphatiques.

*Tableau n° 15.* Affections provoquées par les amines aromatiques, leurs sels et leurs dérivés notamment hydroxylés, halogénés, nitrés, nitrosés et sulfonés.

*Tableau n° 15 bis.* Affections de mécanisme allergique provoquées par les amines aromatiques, leurs sels, leurs dérivés notamment hydroxylés, halogénés, nitrés, nitrosés et sulfonés et les produits qui en contiennent à l'état libre.

*Tableau n° 15 ter.* Lésions prolifératives de la vessie provoquées par les amines et leurs sels et la N-nitroso-dibutylamine et ses sels.

*Tableau n° 20.* Affections professionnelles provoquées par l'arsenic et ses composés minéraux.

*Tableau n° 20 bis.* Cancer bronchique provoqué par l'inhalation de poussières ou de vapeurs arsenicales.

*Tableau n° 32.* Affections professionnelles provoquées par le fluor, l'acide fluorhydrique et ses sels minéraux.

*Tableau n° 33.* Maladies professionnelles dues au béryllium et à ses composés.

*Tableau n° 37.* Affections cutanées professionnelles causées par les oxydes et les sels de nickel.

*Tableau n° 37 bis.* Affections respiratoires causées par les oxydes et les sels de nickel.

*Tableau n° 43.* Affections provoquées par l'aldéhyde formique et ses polymères.

*Tableau n° 49.* Affections provoquées par les amines aliphatiques et alicycliques.

*Tableau n° 61.* Maladies professionnelles provoquées par le cadmium et ses composés.

*Tableau n° 65.* Lésions eczématiformes de mécanisme allergique.

Le cobalt et ses sels, les persulfates alcalins, les hypochorites alcalins et les ammoniums quaternaires et leurs sels figurent dans la liste indicative des produits concernés.

*Tableau n° 66.* Affections respiratoires de mécanisme allergique.

Les sulfites, bisulfites et persulfates alcalins figurent dans la liste indicative des produits concernés.

*Tableau n° 73.* Maladies professionnelles causées par l'antimoine et ses dérivés.

*Tableau n° 75.* Affections professionnelles résultant de l'exposition au sélénium et à ses dérivés minéraux.

*Tableau n° 84.* Affections engendrées par les solvants organiques liquides à usage professionnel.

### Annexe 3. Exemple de fiche de bain

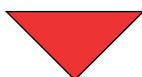
<b>FICHE DE BAIN</b>	
IDENTIFICATION LIGNE : NUMÉRO DE CUVE :	
FONCTION :	
DATE DE MONTAGE :	
FOURNISSEUR :	
PRODUITS (appellation commerciale)/CONCENTRATION :	
pH de fonctionnement	
Température d'utilisation	
Type d'anode/matière	
Plage d'intensité (si électrolytique)	
Filtration du bain/type de pompe	
Agitation barre cathodique	<input type="checkbox"/> oui <span style="margin-left: 100px;"><input type="checkbox"/> non</span>
PRÉVENTION	
<b>MARQUAGE</b> Selon les règles définies dans le guide ED 794  <div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%; display: flex; flex-direction: column; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 80%; height: 80%; margin-bottom: 10px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 80%; height: 80%; margin-bottom: 10px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 80%; height: 20px;"></div> </div>	<b>VENTILATION</b> Selon les règles définies dans le guide ED 651  - Classe de risque : - Aspiration type : - Débit recommandé :  - Aspiration de la cuve, type : - Débit mesuré :  Conforme aux règles du guide ED 651 oui ou non : Si non, précautions à prendre :  Réactions dangereuses possibles
INTERDICTIONS ET MOYENS DE PROTECTION INDIVIDUELLE :	
  	

## Annexe 4. Symboles de groupes de compatibilité et symboles de danger

ATELIERS DE TRAITEMENTS DE SURFACE  
SYMBOLES DE GROUPES DE COMPATIBILITÉ

MÉLANGER LES COULEURS = DANGER  
**ça peut même TUER**

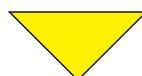
GROUPE DES  
**ACIDES**



GROUPE DES  
**BASES**



GROUPE DU  
**CHROME**



GROUPE DES  
**CYANURES**



**BISULFITE**



ATELIERS DE TRAITEMENTS DE SURFACE  
SYMBOLES DE DANGER

**POUR VOTRE SÉCURITÉ  
N'OUBLIEZ PAS QUE ...**

**TOXIQUE**



ça empoisonne  
ça peut TUER

**CORROSIF**



ça BRÛLE  
la peau et les yeux



NOCIF  
ou  
IRRITANT

ça rend MALADE  
ça PIQUE  
la peau et les yeux

**INFLAMMABLE**



ça prend FEU

## Annexe 5. Exemple de plan de ligne

<b>LIGNE : A</b>		ENTREPRISE :		
N° CUVE (volume)	FONCTION	GROUPE DE COMPTABILITÉ	GAINE DE VENTILATION (GROUPE)	
<input type="text"/> - - - -	DÉGRAISSAGE CHIMIQUE	BASES	BASES	
<input type="text"/> - - - -	RINÇAGE MORT DES CUVES 1-4	BASES		
<input type="text"/> - - - -	RINÇAGE RECYCLÉ	BASES		
<input type="text"/> - - - -	DÉGRAISSAGE ÉLECTRO	BASES	BASES	
<input type="text"/> - - - -	DÉCAPAGE CHIMIQUE	ACIDES	ACIDES	
<input type="text"/> - - - -	RINÇAGE MORT DES CUVES 5-8	ACIDES		
<input type="text"/> - - - -	RINÇAGE RECYCLÉ	ACIDES		
<input type="text"/> - - - -	DÉCAPAGE ÉLECTRO	ACIDES	ACIDES	
<input type="text"/> - - - -	DÉPASSIVATION	ACIDES	ACIDES	
<input type="text"/> - - - -	CUVE VIDE DÉCONTAMINÉE		ACIDES	
<input type="text"/> - - - -	CUVE VIDE DÉCONTAMINÉE		ACIDES	
<input type="text"/> - - - -	CUVE VIDE DÉCONTAMINÉE		ACIDES	
<input type="text"/> - - - -	RINÇAGE MORT DE LA CUVE 15	ACIDES		
<input type="text"/> - - - -	RINÇAGE RECYCLÉ	ACIDES		
<input type="text"/> - - - -	NICKEL ÉLECTRO	ACIDES	ACIDES	
<input type="text"/> - - - -	ZINC-COBALT ÉLECTRO	ACIDES	ACIDES	
<input type="text"/> - - - -	ZINC-COBALT ÉLECTRO	ACIDES	ACIDES	
<input type="text"/> - - - -	RINÇAGE MORT DES CUVES 16-17	ACIDES		
<input type="text"/> - - - -	RINÇAGE RECYCLÉ	ACIDES		
<input type="text"/> - - - -	RINÇAGE RECYCLÉ	ACIDES		
<input type="text"/> - - - -	RINÇAGE RECYCLÉ	ACIDES		

## Annexe 6. L'acide fluorhydrique

L'acide fluorhydrique est un puissant corrosif et un toxique redoutable.

L'exposition à ce produit peut provoquer des manifestations visées au tableau n° 32 des maladies professionnelles. Les mécanismes d'action et effets sur la santé sont décrits dans la fiche toxicologique INRS n° 6.

Les **brûlures** provoquées par l'acide fluorhydrique ou des produits en contenant sont immédiates et très douloureuses lorsqu'il s'agit de solutions concentrées (> 15 %). Lorsqu'il s'agit de solutions plus diluées, la douleur est retardée, ce qui peut entraîner un retard aux soins avec un risque de lésions profondes.

L'importance des lésions est fonction de la surface contaminée, de la concentration de la solution et de la durée de contact.

Outre le risque de brûlure caustique, l'acide fluorhydrique peut entraîner des **effets généraux**, si la contamination est importante :

- inhalation massive,
- ingestion,
- contamination cutanée, même peu étendue, par solutions concentrées,
- contamination cutanée étendue par solutions diluées.

Par contamination cutanée étendue on entend une surface dépassant la paume d'une main. La surface de contamination est souvent sous-estimée lors d'un accident par projection. Le risque de survenue d'effets généraux est fonction, comme pour les brûlures, de la surface, de la concentration et de la durée de contact.

Les effets généraux sont liés à la capacité de l'acide fluorhydrique à fixer le calcium par chélation. Celle-ci peut entraîner une hypocalcémie provoquant des troubles cardiaques (troubles du rythme) et des troubles neurologiques avec risque de crises convulsives.

En cas d'ingestion massive, l'acide fluorhydrique pourra entraîner, outre les effets généraux mentionnés ci-dessus, des lésions caustiques des muqueuses digestives avec risque de perforation et hémorragie digestive ou des muqueuses respiratoires avec risque de survenue d'un œdème pulmonaire, parfois retardé.

Comme pour tout acide, la conduite à tenir passe par :

- le lavage immédiat et prolongé en cas de projection cutanée,
  - le retrait de l'atmosphère polluée en cas d'inhalation en prenant soin pour le secouriste de se protéger du contact avec l'acide.
- Mais l'acide fluorhydrique, du fait de son caractère particulier, demande à ce qu'on se pose des questions complémentaires :
- sur l'application ou l'administration de sels de calcium,
  - sur la nécessité de transport médicalisé en raison des risques de trouble du rythme cardiaque et de crises convulsives pouvant survenir pendant le transport.

Ces conduites à tenir doivent être prévues suffisamment à l'avance, avec le médecin du travail, en envisageant de façon concrète les différents types accidentels possibles, en fonction des quantités utilisées, des concentrations des produits utilisés et des modalités d'utilisation. C'est avec le médecin du travail que doit être envisagée la composition de l'armoire à pharmacie, avec présence de

sels de calcium sous la forme adaptée aux risques repérés, ainsi que la fiche d'information devant impérativement accompagner le blessé (information sur la nature de l'acide,

la concentration, la surface contaminée, les soins donnés).

Prévoir les événements accidentels sera aussi le moyen d'en envisager la prévention.