

action **hydro** dégraissage



Guide et recommandations
pour l'**usage des solutions**
aqueuses en substitution
des solvants de **nettoyage**
dégraissage



Remarques :

les mots en rouge renvoient au glossaire en annexe 4 page 89
les titres des annexes sont écrits en violet et renvoient
aux pages 81 et suivantes.

Nous remercions les entreprises qui ont aidé à réaliser ce guide à travers
les fiches techniques, les témoignages vidéo et la prise de photos.

Action **hydro** dégraissage préface



Comité de rédaction :

Préventeurs :

Gilliane Bediot (DRTEFP),
Christine Boust (INRS),
Christine David (INRS),
Martine Goliro (Cram),
Pierre Goutet (Lice),
Dr Geneviève Marguet (DRTEFP),
Xang Le Quang (Cram),
Jean-Marc Morizot (Cram),
Didier Picard (DRTEFP),
Denis Rousset (Cram).

Universitaires :

Alain Vidonne (Université
Franche Comté),
Martine Wéry (Université
Franche Comté),

Industriels :

Mariano Julvez (Henkel
Surface Technologie),
Bertrand Laborde (Igol),
Pierre Thibaut
(Rollo Lemasson).

Le nettoyage et le **dégraissage** sont omniprésents dans tous secteurs d'activité :

- pour certains, ces opérations sont réalisées dans l'urgence, au fur et à mesure de l'apparition de problèmes ou de besoins, puis incorporées dans le procédé. Elles sont alors maintenues en l'état, sans que leur rôle ne soit remis en cause et leur optimisation étudiée ;

- Pour d'autres, il s'agit d'opérations spécifiques, intégrées au process dès la conception et donc modernisées avec son évolution. Elles reposent alors sur des études qui ont abouti à des choix de matériels et de produits. Ceux-ci sont mis en œuvre avec une méthodologie définie pour une qualité optimale.

Quelle que soit l'origine de ces opérations, le nettoyage / dégraissage s'est effectué de manière chronologique, d'abord par des solutions lessivielles, puis des **hydrocarbures** dérivés du charbon ou du pétrole, des alcools et leurs dérivés éthers ou esters, et enfin avec des solvants halogénés. Ces derniers ont été considérés comme la solution facile pour résoudre le problème du séchage et du risque d'incendie ; cependant elle présente de nombreux inconvénients face aux risques liés à la sécurité, à la santé et à l'environnement :

- en effet, le trichloréthylène (un des plus utilisés) est reconnu cancérigène. D'autres solvants halogénés (proposés à son remplacement) sont soit reconnus soit suspectés d'être cancérigènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction (CMR). La réglementation du travail impose leur remplacement pour ces raisons.

- Par ailleurs les solvants, en tant que COV (composés organiques volatils), sont néfastes pour l'environnement. Leurs émissions sont limitées par la Directive 1999/13/CE du Conseil du 11 mars 1999 (JOCE du 29/03/1999) ce qui, à plus ou moins brève échéance, en limitera l'utilisation.

Enfin, l'inflammabilité de certains solvants est une source de risque supplémentaire.

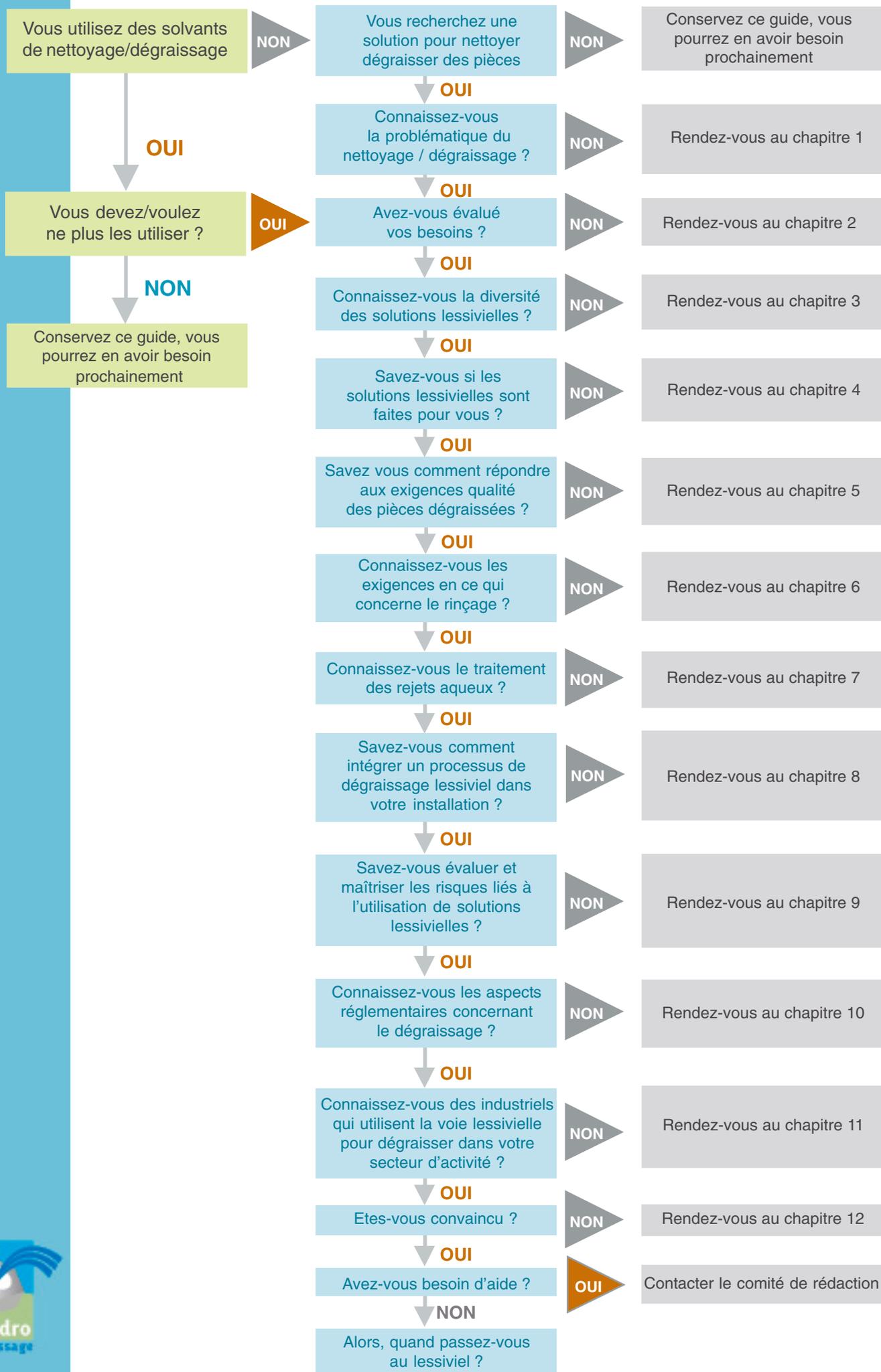
L'objectif de cet ouvrage est d'orienter les substitutions de solvants qui sont :

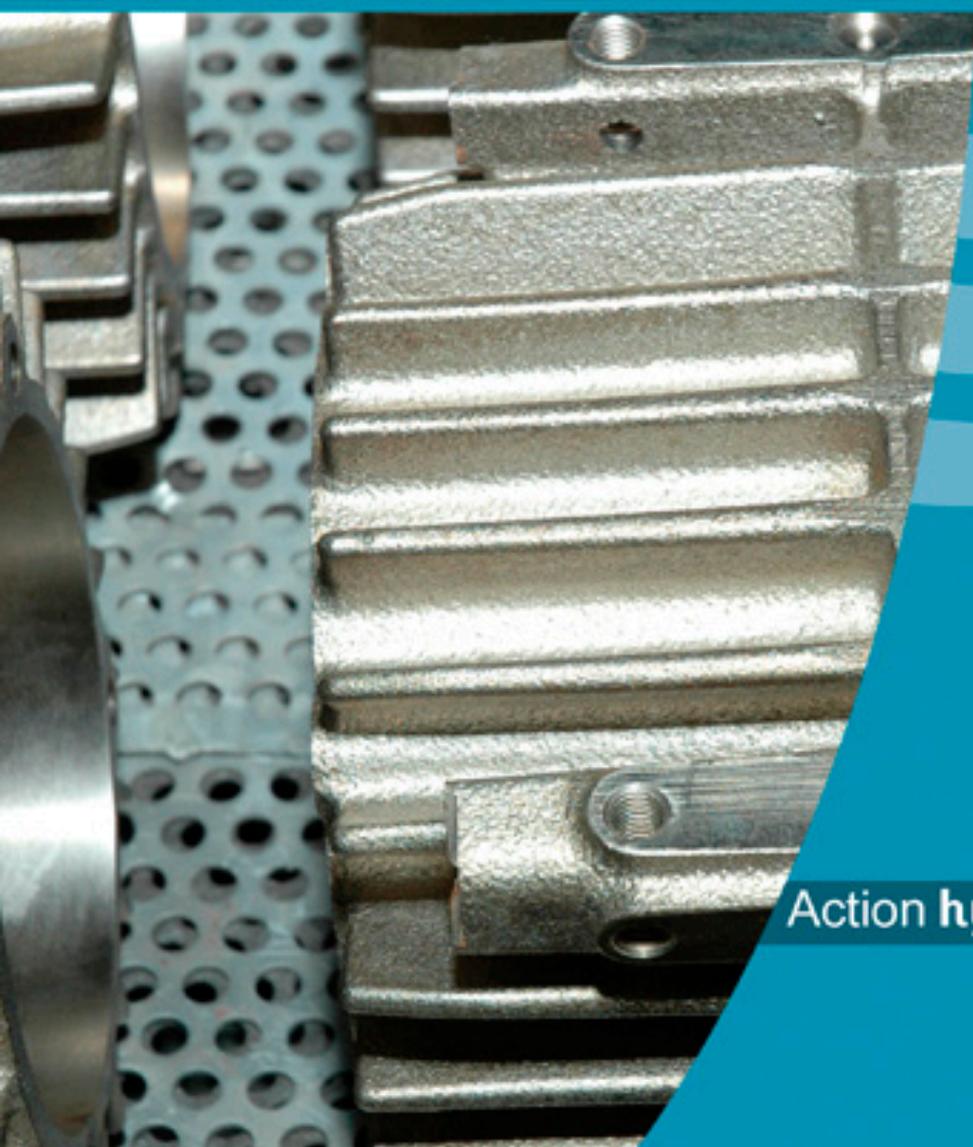
- combustibles voire inflammables pour les uns,
- nocifs ou toxiques voire CMR pour les autres,
- COV pour tous, vers les solutions lessivielles pour les opérations de nettoyage et dégraissage de pièces diverses dans tous secteurs industriels afin de supprimer ou limiter ces dangers.

Ainsi, les chefs d'entreprises, responsables des méthodes, membres des CHSCT, ... soucieux de :

- supprimer toute utilisation de solvants toxiques,
- améliorer les conditions de travail,
- moderniser les opérations de nettoyage / dégraissage, trouveront dans ce guide les informations utiles pour engager une démarche méthodologique afin de résoudre la problématique d'élimination de salissures grasses déposées sur leurs produits fabriqués.

Sommaire





chapitre 1

La problématique
du nettoyage
dégraissage

Action hydro dégraissage

1.1. Introduction

Le nettoyage / dégraissage a pour but d'obtenir une pièce propre.

Qu'est-ce qu'une pièce propre ?

Une pièce propre est une pièce dont l'état de surface répond strictement aux besoins qui ont été définis par le fabricant lui-même, par le donneur d'ordre ou encore par un accord des deux parties : client-fournisseur.

Ainsi, une pièce huilée peut être considérée comme une pièce propre si elle répond aux besoins définis. Toute opération de nettoyage/dégraissage allant au delà des besoins définis doit être considérée comme de la sur-qualité non nécessaire, donc coûteuse, pouvant dans certains cas s'avérer nocive pour la pièce fabriquée (rouille précoce, fragilisation voire agression de la surface de la pièce exagérément mise à nu).

Il conviendrait pour l'industriel, tant sur le plan économique que sur le plan technique, de relativiser et d'objectiver la notion et le critère de propreté d'une pièce fabriquée.

Pourquoi une pièce propre ?

La pièce arrive au nettoyage / dégraissage, plus ou moins « couverte » par des matières organiques ou minérales (d'origines multiples, accumulées intentionnellement ou non) au cours des étapes d'élaboration, de transformation, de traitements thermiques, de stockage, ... Ces matières sont désignées dans la suite du guide sous le terme générique de salissures.

Pour certaines étapes, ces salissures peuvent ne pas être nuisibles (**forgeage, matriçage, brasage,...**) ; leur élimination s'apparente alors à une sur-qualité.

Dans d'autres cas, leur élimination est indispensable. Ainsi, les opérations de traitement de surface, d'application de peinture, de soudage, ... exigent une surface propre apte à recevoir convenablement et durablement ces traitements. Rendre la pièce propre (pas nécessairement sèche) selon un cahier des charges devient alors essentiel.

Une pièce propre, pourquoi ?

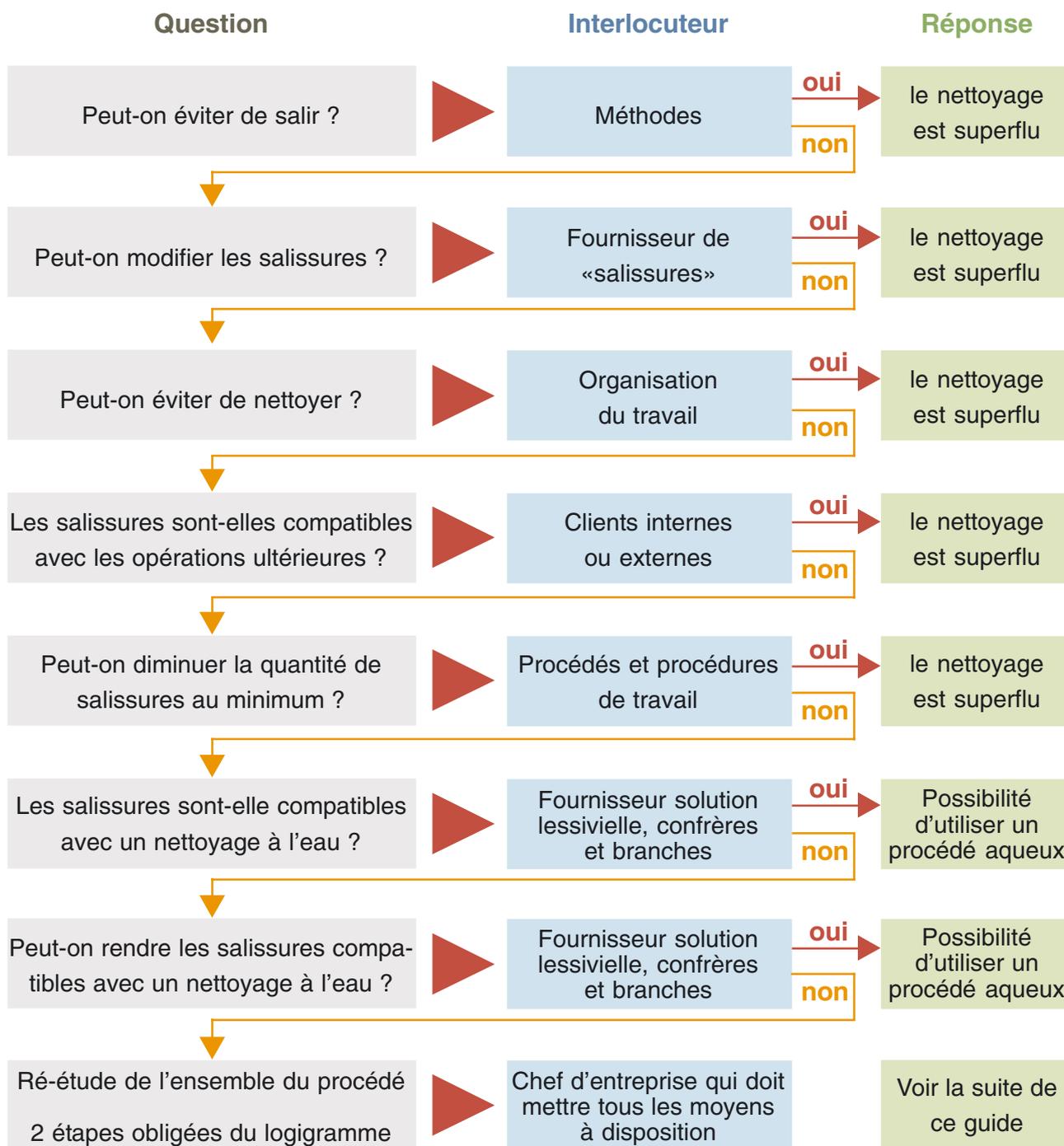
Cette propreté est requise en fonction de la destination de la pièce : soit comme étape finale soit comme étape intermédiaire pour la réalisation de la phase suivante (revêtement, décoration, reprise, contrôle...).

L'expérience montre que les défauts (problèmes d'aspect, **d'adhérence**, de tenue à la corrosion, ...) sont souvent imputables à un nettoyage / dégraissage incorrect mais peuvent aussi être dus à un stockage intermédiaire hasardeux ou non organisé.

Comment obtenir une pièce propre ?

Lorsque se pose la problématique du nettoyage, on part habituellement avec des idées classiques ou des connaissances anciennes (recours systématique aux solvants pour de telles opérations). Mais on peut, de manière plus rationnelle, réfléchir à la situation actuelle (type de salissures, type de supports), au résultat final recherché et remettre en cause le procédé en se posant les questions suivantes :





1 - éviter cette opération de nettoyage / dégraissage

Dans le cas fréquent des opérations imposant un lubrifiant, éviter l'opération de nettoyage revient à choisir un lubrifiant utile aux opérations en aval ou compatible avec ces opérations, par exemple :

- qui aide à l'assemblage,
- qui sert d'huile de protection pendant le transport et / ou le stockage,
- qui laisse un film mince sur les pièces (micropulvérisation ou nanopulvérisation),
- qui ne nécessite pas de nettoyage en disparaissant à l'utilisation (fluides évanescents).

2 - faciliter cette opération de nettoyage / dégraissage

De la même manière que ci-contre faciliter l'opération de nettoyage revient à :

- choisir un lubrifiant compatible avec le procédé de nettoyage / dégraissage, plutôt que de chercher à changer ce procédé (huiles émulsionnables, lavables, fluides aqueux dans le cas de l'utilisation d'un détergent au nettoyage, utilisation d'un savon éliminable sous l'eau chaude, etc).
- optimiser l'utilisation actuelle du lubrifiant.
- appliquer juste ce qu'il faut, là où il faut (exemple de la micropulvérisation, voire de la nanopulvérisation).

Traiter la problématique du nettoyage / dégraissage d'une pièce métallique n'est pas simplement trouver le produit adapté, mais traiter l'ensemble de la chaîne :

Lubrifiant

Salissures

Pièces à traiter
(matériau support
et complexité
de forme)

Procédé
de
nettoyage
dégraissage

Opérations
suivantes

Pour obtenir le niveau de propreté requis, sans sous-qualité ni sur-qualité.

1.2. Généralités

Lorsque le nettoyage / dégraissage est établi comme étant nécessaire, le choix du procédé est guidé par la connaissance des paramètres suivants :

- le ou les matériau(x) support de la pièce,
- les salissures : nature, origine, vieillissement, (oxydation, polymérisation, séchage, incrustation, ...),
- l'état de propreté requis.

Pour réaliser le projet, d'autres paramètres sont à prendre en compte tels que :

- la forme de la pièce (présence de trous borgnes, de passages fins, etc.),
- le nombre de pièces à traiter,
- le temps de cycle (y compris le séchage après nettoyage),
- l'organisation du travail (éviter le séchage, le vieillissement ou l'oxydation des salissures),
- le stockage intermédiaire des pièces (éviter les lieux polluants pour les pièces),
- les technologies, équipements et produits disponibles sur le marché,
- la conception des postes de travail,
- les prescriptions réglementaires dans les domaines de la protection des travailleurs et de l'environnement.





chapitre 2

Les données
de base
à connaître

Action **hydro dégraissage**

La connaissance de la nature du support et des salissures ainsi que la définition des besoins permettront de choisir la solution de nettoyage / dégraissage la plus adaptée.

2.1. Le support

Le nettoyage / dégraissage aqueux doit être compatible avec la majorité des matières (textiles, céramiques, métaux et alliages, matières plastiques ...) et leur revêtement (peintures, vernis, ...) afin d'éviter leur détérioration. Compte tenu de la diversité des produits de nettoyage existant (acides, alcalins, etc ...), la sélection du produit le plus adapté pourra se faire selon les orientations suivantes :

| Métaux | Comportement | | Observations |
|-----------------------------------|--|---|--|
| | En milieu alcalin | En milieu acide | |
| Acier inoxydable | Pas de problème, sauf avec les alcalins chlorés. | Pas de problème, sauf acide chlorhydrique ou produits chlorés | L'acide nitrique et l'acide phosphorique, par exemple, forment une couche de passivation . Les chlorures forment des piqûres dans la couche de protection. |
| Fonte - acier | Pas de problème. | Métaux ferreux généralement attaqués par les acides. | L'acide phosphorique, par exemple, forme une couche de passivation . |
| Cuivre Laiton Bronze | Coloration possible du métal. | Métaux et alliages généralement attaqués par les acides. | Forte attaque par acide nitrique. Réaction plus ou moins marquée avec les sels d'ammonium. |
| Aluminium, zinc et leurs alliages | Forte attaque en milieu alcalin. | Pas de problème. | Formation possible de rouille blanche et ternissement de l'aspect. |
| Nickel | Résistant | Résistant | |
| Chrome | Résistant | Résistant | |
| Alliage de titane | Formation possible de tâches. | Les milieux acides sont plutôt utilisés comme décapants-passivants | |
| Or | Résistant | Résistant | |

Tableau 1 : Comportement des surfaces métalliques en milieu aqueux

NB : il est bien entendu que des essais de compatibilité vis-à-vis du support sont indispensables.

La nature du support n'est pas le seul paramètre à prendre en compte : les aspects géométriques peuvent rendre le nettoyage / dégraissage plus ou moins aisé et orienter le mode opératoire. Sont ainsi à prendre en considération :

- les dimensions des pièces,
- l'état (massif ou mince) de celles-ci,
- les parties difficiles à nettoyer (trous borgnes ...),
- l'état de surface et la rugosité,
- le comportement des pièces en vrac (fragilité, frottement, etc.).

2.2. Les salissures

On peut citer les grandes classes de salissures suivantes :

- **les salissures huileuses** (liquides ou pâteuses) : huiles solubles, huiles entières, graisses, produits siliconés, lubrifiants divers, fluides hydrauliques ...
- **les lubrifiants**, huiles et produits anti-corrosion sont répertoriés selon des normes.
- **les particules solides** : copeaux, poussières, pâtes à polir, abrasifs, résidus (résines, colles et adhésifs, mastics, encres, peintures), oxydes, sels, matières carbonées, lubrifiants à base de graphite ou de bisulfure de molybdène ...
- **les traces diverses** : minérales, de doigts, d'additifs contenus dans les lubrifiants, de produits divers en solution aqueuse (produits de ressuage, solutions aqueuses de **polymères** utilisées pour la trempe des métaux), voire de moisissures ou d'autres micro-organismes, ...

Par ailleurs, si le type de salissure est important pour choisir le produit adapté, son **adhérence**, son incrustation, sa quantité et son degré de vieillissement et / ou de séchage sont des facteurs à prendre en compte dans le choix du procédé. En effet, le vieillissement peut modifier la nature donc la solubilité de certaines salissures, par suite de phénomènes de calcination, oxydation, polymérisation, ...

2.3. État de propreté requis

La définition des besoins est une étape primordiale pour adapter l'opération de nettoyage à l'état souhaité. Ces besoins sont généralement classés en 4 niveaux, décrits dans le tableau ci-après :

| Niveau de propreté | Besoin en nettoyage | Propreté requise | Opération après nettoyage / dégraissage | Méthode de contrôle |
|--------------------|---|--|---|--|
| I | Nettoyage de maintenance ou d'entretien | Nettoyage grossier | <ul style="list-style-type: none"> - Contrôle sommaire (cotes, visualisation d'usure, etc) - Montage et/ou démontage de pièces, d'équipements, ... - Opérations classiques de maintenance | <ul style="list-style-type: none"> - visuel - au toucher (gras ou non gras) - chiffon blanc |
| II | Nettoyage inter-opérations | Toucher peu ou non gras | <ul style="list-style-type: none"> - Reprise d'usinage - Contrôle dimensionnel - Traitement thermique - Grenailage - Emboutissage - Protection temporaire contre la corrosion | <ul style="list-style-type: none"> - visuel - au toucher (gras ou non gras) - chiffon blanc - test du film d'eau - test de fluorescence |
| III | Préparation de surface | Grande propreté de surface, nécessaire à l'adhésion, de revêtements, de colle, ... | <ul style="list-style-type: none"> - Traitement de surface - Protection contre la corrosion - Application de peinture ou de vernis - Soudage - Assemblage par collage - Marquage par des encres - Grenailage de précontrainte - Nitruration, cémentation - Autres | <ul style="list-style-type: none"> - évaluation de la mouillabilité - évaluation de la réactivité des surfaces vis-à-vis d'un milieu - analyse des surfaces traitées par spectrométrie IR - évaluation du résiduel de salissures par micro-pesée - évaluation de la qualité du nettoyage par les tests de performances (adhésion de peinture, ...) |
| IV | Cahier des charges spécifique | Propreté spécifiée | <ul style="list-style-type: none"> - Circulation de fluides (carburants, O2, agroalimentaire,...) - Intégration avant salles propres ou blanche - Assemblage d'optiques - Étanchéité de réservoirs ou de zones confinées - Stockage peu prolongé - Expédition ou contrôle particulier | <ul style="list-style-type: none"> - évaluation du résiduel de salissures par micro-pesée - analyse des surfaces traitées par spectrométrie IR - tests de performance (adhésion de peinture). |

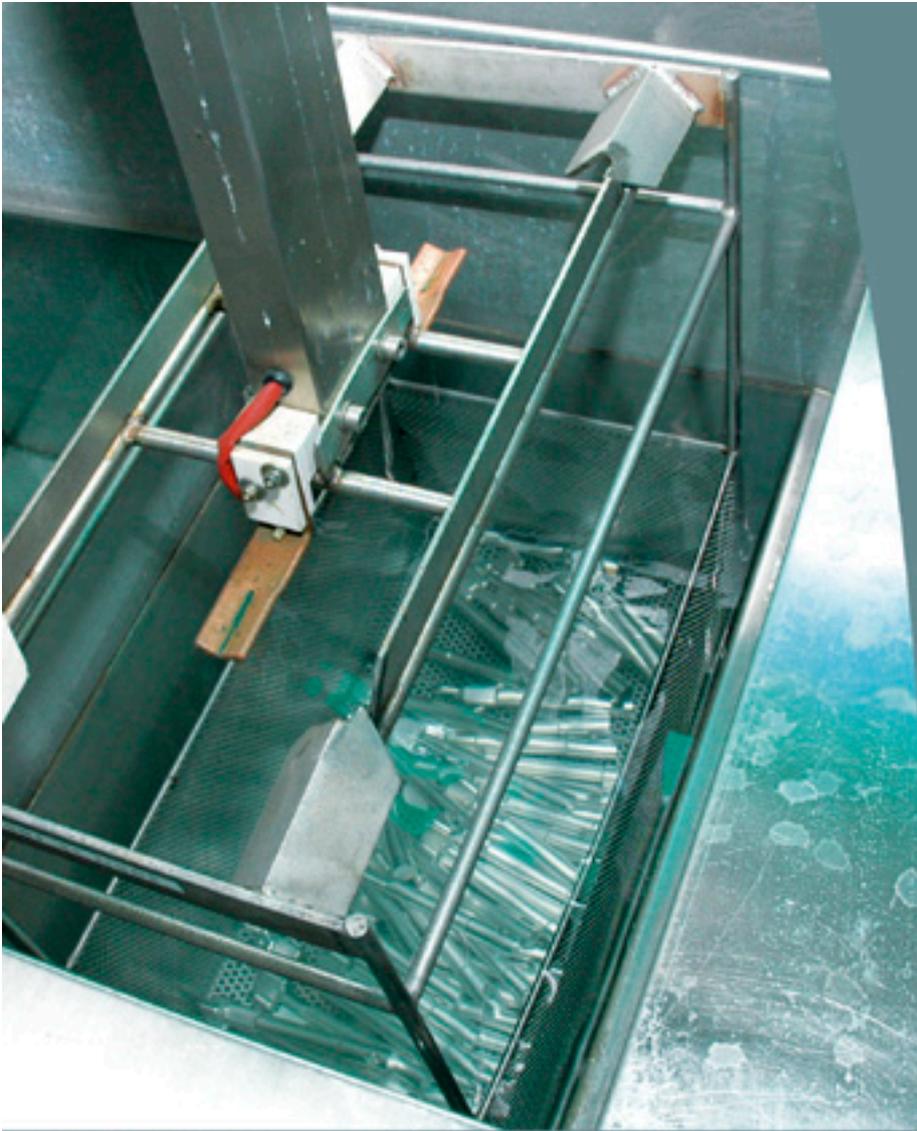
Tableau 2 : Etat de propreté requis

Tableau réalisé selon la publication CETIM « guide de choix et d'utilisation des solvants et dégraissants industriels »

Plusieurs de ces méthodes de contrôle sont fondées sur le caractère hydrophile des surfaces parfaitement nettoyées qui favorise l'étalement d'un film d'eau, sans discontinuité, et de facto, la bonne tenue des revêtements qui seront réalisés sur les pièces propres. Le lecteur trouvera en annexe une description de quelques unes de ces **méthodes de contrôle de la propreté des surfaces**.

Certaines de ces méthodes peuvent paraître sophistiquées et difficiles à mettre en œuvre par les industriels. Pourtant leur utilisation régulière permettrait d'éviter les dérives et, notamment en cas d'échec sur les opérations suivantes, de mieux identifier d'où vient le problème.

La première étape à réaliser dans la détermination du choix du procédé de nettoyage / dégraissage de la pièce à traiter consiste à appréhender le niveau de propreté nécessaire et suffisant à atteindre ainsi que le degré de séchage, donc le besoin en nettoyage. Cette étape permet notamment d'éviter toute sous-qualité ou sur-qualité du procédé, toutes deux très coûteuses.



chapitre 3

Produits
de nettoyage
et critères
de choix



Action **hydro** dégraissage

3.1. Introduction au nettoyage dégraissage

Le nettoyage d'une surface, quelle qu'en soit la nature, consiste à la débarrasser de toutes les salissures présentes. Pour éliminer ces salissures, en général l'action de l'eau seule ne suffit pas. Il est donc nécessaire d'élaborer des solutions de nettoyage dégraissage contenant des produits dont les actions combinées consistent à :

- pénétrer dans la salissure
- en modifier éventuellement la structure
- la décoller du support
- la diviser pour éviter de sédimenter
- l'isoler de ce support afin d'éviter qu'elle ne s'y redépose.

Compte tenu de la diversité des salissures, des supports et des procédés de nettoyage, il n'existe pas de formulation universelle qui permette de satisfaire à tous les besoins de nettoyage / dégraissage : aussi faudra-t-il choisir entre différents produits celui qui sera le plus adapté tant à l'élimination de la salissure qu'au maintien en bon état du support tout en restant compatible avec le procédé utilisé. Il arrive ainsi que plusieurs lessives soient utilisées dans la même usine pour satisfaire à toutes les exigences.

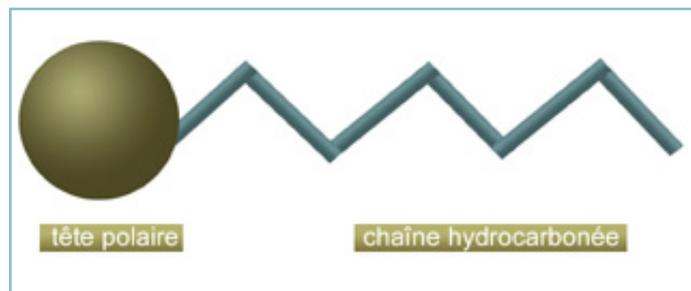
3.2. Composants des produits de nettoyage / dégraissage

Un produit de nettoyage / dégraissage est une formulation complexe. Celle-ci doit être adaptée non seulement à la nature des salissures à éliminer mais aussi à celle du support pour ne pas le détériorer. Elle dépend aussi du procédé de nettoyage utilisé (chapitre 4) et des machines (chapitre 8).

Les différents constituants de la formulation, leurs rôles et leurs propriétés sont détaillés ci-après :

3.2.1. Le tensioactif

Un **tensioactif** est une molécule possédant d'une part une tête polaire à caractère **hydrophile** (et donc **lipophobe**) et une chaîne carbonée à caractère **lipophile** (et donc **hydrophobe**) comme le montre le schéma suivant :



Cette structure particulière lui permet de s'adsorber sur toutes les interfaces (air/eau, huile/eau, eau/salissures, salissures/support, ...) ce qui conduit à en modifier les interactions. Il en résulte une baisse de la tension superficielle qui est le mécanisme essentiel permettant l'élimination des salissures adhérant à un support.

Les tensioactifs se répartissent en 4 classes :

- Les **anioniques** : la tête polaire comprend des groupements chargés négativement tels que carbo-xylates, sulfonates, phosphates. Ils provoquent un abaissement suffisant de la **tension superficielle** pour permettre le décollement des salissures dans la majorité des applications. Ils se solubilisent facilement dans les milieux aqueux. Ils sont assez moussants. Leur coût est faible.
- Les **cationiques** : les groupements positifs de la tête polaire sont majoritairement du type ammonium quaternaire. Ils permettent d'obtenir un meilleur abaissement de la tension superficielle et offrent souvent des propriétés désinfectantes. Ils sont beaucoup utilisés dans l'industrie textile (apprêts, adoucissants). Leur fort moussage peut être un avantage mais aussi un inconvénient selon le mode de nettoyage utilisé. Ils peuvent provoquer des problèmes d'allergies ou d'irritations cutanées. Ils sont relativement chers.
- Les **non ioniques** : la tête « polaire », peu ionisable en milieu aqueux, est le plus souvent constituée de groupements hydroxyles. Ce sont des produits peu moussants, voire anti-mousse avec une mouillabilité moyenne mais qui peut suffire dans certains cas. Leur plus grande utilisation est en association soit avec les anioniques, soit avec les cationiques pour diminuer la production de mousse. La faible biodégradabilité d'un grand nombre de non-ioniques conduit à limiter leur utilisation dans certains cas.
- Les **amphotères** ou **amphiphiles** : la tête polaire comprend des fonctions qui se comportent selon le pH du milieu lessiviel soit comme des anioniques, soit comme des cationiques. Les performances sont analogues à celles du tensioactif correspondant. tout en restant moins marquées. Leur coût élevé en limite l'utilisation.

On peut alors résumer les propriétés générales des différentes classes de tensio-actifs dans le tableau suivant :

| PROPRIETE | CLASSE | ANIONIQUE | CATIONIQUE | NON IONIQUE | AMPHOTERE |
|----------------------------|--------|-----------|------------|-------------|-----------|
| Mouillant | | ++ | +++ | + | ++ |
| Moussant | | ++ | +++ | 0 | + |
| Antimousse | | 0 | -- | +++ | 0 |
| Emulsionnant | | +++ | 0 | ++ | 0 |
| Dispersant | | 0 | 0 | ++ | 0 |
| Désinfectant | | 0 | ++ | 0 | + |
| Biodégradable | | +++ | -- | -- | 0 |
| Rinçable | | +++ | --- | + | + |
| Coût élevé | | --- | ++ | 0 | +++ |
| Action néfaste sur la peau | | + | ++ | 0 | + |

Tableau 3 : Propriétés générales des tensioactifs des différentes classes

Légende : + = propriété présente (d'autant plus que le nombre de + est élevé)

- = propriété absente (d'autant plus que le nombre de - est élevé)

A noter qu'on ne mélange pas anioniques et cationiques dans une même formulation pour des raisons d'incompatibilité. Par contre, on utilise très souvent des mélanges de tensioactifs d'une même classe ou en association avec les non ioniques pour en combiner les propriétés.

*Le lecteur trouvera en annexe une explication détaillée des **mécanismes d'action des tensioactifs**.*

3.2.2. Le correcteur de pH

Le pH de la solution de nettoyage est un facteur qui conditionne la bonne élimination des salissures en modifiant leur composition :

- un pH alcalin permet la **saponification** des acides gras, des triglycérides hydrophobes ainsi que **l'hydrolyse** des protéines insolubles en **peptides** ou en acides aminés. Ces réactions rendent ces salissures (de type traces de doigts, graisses animales ou végétales) solubles dans l'eau ce qui facilite leur élimination au rinçage.

- un pH acide conduit à la dissolution des dépôts minéraux (dépôts de tartre, d'oxydes métalliques...). Une dissolution partielle peut suffire à leur décrochage de la surface. Les produits acides sont plutôt destinés à des opérations de décapage qui ne sont pas traitées dans ce guide. Un bain acide servira à un éventuel traitement complémentaire en cas de dépôt persistant après un dégraissage.

Les produits les plus utilisés sont :

ALCALINS

| | |
|-----------------|---|
| Soude caustique | Alcalinité + saponification |
| Potasse | Alcalinité + saponification |
| Silicates | Alcalinité + inhibition de la corrosion |
| Phosphates | Alcalinité + effets antitartre et anticorrosion |

ACIDES

| | |
|--------------|---|
| Phosphorique | Acidité + passivation de certains métaux |
| Nitrique | Acidité + passivation des inox |
| Sulfurique | Acidité |

NB : L'utilisation de **tampon pH** permet de réguler celui-ci, ce qui conduit à limiter les risques de corrosion. Pour un tampon acide, on utilise en général des solutions combinant l'acide acétique et ses sels (peu courant en dégraissage), pour un tampon alcalin, on utilise des solutions combinant l'ammoniaque et ses sels.

L'acide chlorhydrique et l'acide fluorhydrique ne sont pas utilisés en dégraissage, soit pour des raisons de corrosion des métaux (apport de chlorures ou de fluorures), soit pour des raisons de sécurité.

3.2.3. L'agent moussant

La génération de mousse peut apporter une aide au nettoyage grâce à une action mécanique (chapitre 4) due au claquage des bulles d'air au contact de la surface, ce qui facilite le décollement des salissures. Les agents moussants sont la plupart du temps des agents tensioactifs cationiques.

3.2.4. L'antimousse

La présence de mousse peut être gênante dans certaines applications (risques de débordement lors de lavage en machines ou lors de circulation, de pompage ou d'agitation des solutions de nettoyage). L'emploi d'un antimousse se révèle alors indispensable.

Il peut s'agir de tensioactifs non ioniques, de produits huileux ou des sels minéraux.

3.2.5. Le complexant ou séquestrant

Les ions responsables de la dureté de l'eau (Ca^{++} , Mg^{++} , ...) ont tendance à précipiter en milieu alcalin sous forme d'hydroxyde de calcium, d'hydroxyde de magnésium ou de carbonate de calcium (calcaire) ce qui nuit à la qualité du nettoyage / dégraissage dans la mesure où ces dépôts tachent les surfaces nettoyées. Le rôle des **complexants** ou séquestrants est de capter ces ions pour former des **complexes** solubles et ainsi empêcher leur précipitation.

Les produits les plus utilisés dans les formulations sont essentiellement des produits phosphatés (sous forme de polyphosphates, d'acides phosphoniques), l'EDTA (acide éthylène diamine tétra-acétique et ses sels), des zéolithes, du gluconate de sodium et leurs dérivés. A noter que certains peuvent induire des problèmes environnementaux.

3.2.6. L'inhibiteur de corrosion

Ils sont utilisés pour limiter voire empêcher la corrosion des surfaces métalliques qui, en fonction de leur nature, peuvent être attaquées par des solutions de nettoyage acides ou alcalines (tableau « comportement des métaux »).

Les **inhibiteurs** introduits dans les formulations peuvent agir selon 3 mécanismes différents :

- soit ils forment des dépôts insolubles sur les surfaces, les isolant du produit corrosif ;
- soit ils forment ou renforcent la couche de **passivation** du métal, augmentant ainsi sa résistance aux produits corrosifs ;
- soit ils retardent l'action de la corrosion.

Dans le premier cas, il s'agit le plus souvent de silicates ou d'amines grasses, dans le second cas, des dérivés d'amine, dans le troisième cas, essentiellement des nitrites.

3.2.7. L'épaississant

L'emploi d'un épaississant peut apporter une aide au nettoyage / dégraissage : il permet d'augmenter l'efficacité dispersante de la solution de nettoyage vis à vis des salissures.

Exemple d'épaississant : carboxyméthylcellulose, aminoxydes,...

3.2.8. La charge

La charge est une substance insoluble apportant un effet mécanique qui aide au nettoyage (comme la silice dans certains dentifrices). L'addition de produits chargés électrostatiquement peut contribuer à modifier les **charges** du tensioactif - donc ses propriétés - que ce soit en les améliorant ou en les diminuant. Elles peuvent également être ajoutées pour des raisons économiques.

Exemples : silice, carbonate de calcium, ...

3.2.9. Les sels solubles

L'addition de sels solubles permet de diminuer la **tension interfaciale** entre la surface et les salissures et d'augmenter la solubilité des tensioactifs (possibilité pour le formateur d'introduire plus de tensioactifs dans la solution). Elle permet également un suivi des bains (par conductivité électrique par exemple) ce qui autorise leur régulation automatique : seuls les produits manquants (correcteurs de pH majoritairement, ...) peuvent alors être ajoutés pour prolonger la durée de vie des solutions de nettoyage généralement jusqu'à 2 ans.

Exemples : sels de sodium (silicates, carbonates, dérivés phosphatés, sulfates, ...)

3.2.10. Les enzymes

Les enzymes peuvent être utilisés pour l'élimination spécifique de salissures organiques. Leur utilisation ne peut se faire qu'à température ambiante, à pH neutre et en présence d'oxygène sous peine de voir diminuer leur efficacité voire de provoquer leur destruction.

Les enzymes sont fabriqués par les bactéries utilisées dans les fontaines ou procédés biologiques ou incorporés directement dans les formulations (protéases, lipases).

3.2.11. Les conservateurs

Dans le cas de solutions lessiviellles acides ou alcalines, l'emploi de conservateurs ne se justifie en général pas.

Si le pH de la solution de nettoyage est neutre, il y a risque de développement bactérien dans celle-ci (lorsque la solution est conservée longtemps pour être utilisée plusieurs fois). Lorsque la population bactérienne est très forte, le bain de nettoyage devient nauséabond, inefficace et peut même souiller les pièces. Des produits conservateurs (biocides ou biostatiques) sont alors ajoutés soit par le formulateur soit par l'utilisateur pour réguler la population des microorganismes.

Les conservateurs sont très nombreux et en constante évolution. Certains sont CMR (formol...) d'autres sont susceptibles de former, avec des nitrites, des nitrosamines cancérigènes (amines secondaires ...).

3.2.12. Les désinfectants

L'utilisation ultérieure des surfaces peut exiger que celles-ci soient propres et exemptes de microorganismes. Ces derniers peuvent être éliminés par l'action de produits spécifiques dont le but sera de débarrasser les surfaces de tous microbes (microbicide), champignons (levuricide), algues (algicide),...

Cette activité désinfectante peut être obtenue par l'utilisation d'une solution combinant nettoyage et désinfection ou par l'utilisation de 2 solutions, la phase de nettoyage devant alors toujours être la première.

Exemple de désinfectants : hypochlorite de sodium (Javel), eau oxygénée et/ou acide peracétique, ...

3.2.13. Les parfums et colorants

L'addition de colorants peut permettre une meilleure gestion des solutions de nettoyage, surtout lorsque plusieurs solutions sont utilisées au cours du même process ou de la même journée, et éviter des risques d'erreur de produit. Il en est de même pour l'addition de parfums.

A noter que les risques d'erreur sont limités lorsque tous les récipients et baignoires contenant des produits sont correctement identifiés et étiquetés.

3.2.14. Les autres composants

Selon l'activité concernée, d'autres produits peuvent être ajoutés à la solution de nettoyage :

- agents de blanchiment, adoucissants, agents anti-redéposition et azurants optiques pour les textiles,
- solvants dans les industries mécaniques et électroniques,
- ...

3.2.15. Cas particulier : les micro-organismes

Dans le cas présent, les microorganismes sont des bactéries spécifiques choisies pour leur capacité à biodégrader ou décomposer les salissures organiques. Ils sont utilisés dans des baignoires ou des solutions contenant des tensioactifs en milieu aqueux.

Seules les bactéries non pathogènes pour l'homme et appartenant à la Classe I dans la classification des bactéries doivent être utilisées (voir en annexe : « les agents biologiques au sens réglementaire »).

Le mécanisme d'action de ce procédé est le suivant :

- les salissures sont décollées par l'action des tensioactifs et l'effet mécanique (de la brosse, du jet qui projette le liquide de nettoyage ou de l'agitation du milieu).
- les matières organiques contenues dans les salissures libérées ou décollées sont consommées par les micro-organismes qui les dégradent en CO₂ et H₂O. Ceci réduit la quantité de déchets organiques à détruire.
- le bain de nettoyage est utilisé en circuit fermé avec un apport ponctuel en nutriment, bactéries ou tensioactifs.

La biodégradabilité des matières organiques dépend des facteurs suivants :

- la teneur en oxygène (processus aérobie) obtenue par la circulation du fluide, le brassage permanent ou par insufflation d'air ;
- le pH de la solution, à maintenir proche de 7 ;



- la température : une plage de température d'utilisation doit être préconisée par le fournisseur pour maintenir la population des bactéries car en deçà et au-delà de cette plage, les bactéries ne survivent plus et rendent l'installation inopérante ;
- la présence de nutriments minéraux (azote et phosphore) : un apport régulier en éléments vitaux inexistant ou insuffisant dans les salissures permet aux bactéries de se développer dans le milieu ;
- la nature de la salissure et sa concentration : les bactéries sont adaptées à un type de salissures (graisse, ...) et l'apport massif (intentionnellement ou non) d'un autre type de salissure peut provoquer une baisse partielle ou totale de l'activité ;
- La contamination possible du bain par d'autres bactéries provenant du milieu ambiant (pièce, air, personnes, eau...) appelées des souches opportunistes. Elles peuvent perturber le bain, réduire son efficacité, mais aussi avoir une action **pathogène** sur l'homme.

3.3. Éléments pour la choix de la solution de nettoyage / dégraissage

3.3.1. Nature des salissures

Les salissures des surfaces sont très variées. On peut les classer schématiquement en salissures huileuses et salissures solides :

- les salissures huileuses ou organiques sont des résidus de triglycérides, d'acides gras, ou d'huiles minérales.
- les salissures solides ou minérales sont des poussières (débris de terres, silicates et oxydes métalliques, etc), des taches diverses (d'origine végétale ou animale).

En règle générale :

- une solution acide est souvent nécessaire pour éliminer une salissure minérale,
- une solution alcaline est généralement nécessaire pour éliminer une salissure organique.

3.3.2. Comportement des salissures

Deux comportements sont à prendre en compte :

- celui des salissures vis à vis du support,
- celui des salissures vis à vis du bain.

Comportement des salissures vis à vis du support :

Elles peuvent être plus ou moins accrochées en fonction de l'état de surface du support, (oxydé, calaminé, rayé, poreux, ...) et de leur nature (brûlée, vieillie, oxydée, plus ou moins visqueuse, plus ou moins cireuse, ...) Pour décrocher ces salissures, une action mécanique sera souvent nécessaire en complément.

Comportement des salissures vis à vis du bain :

Une fois décrochées du support, les salissures peuvent être :

- solubles ou gonflables dans l'eau : elles sont intimement mêlées dans le bain,
- insolubles : une fois décollées du support, elles resteront dans le bain de nettoyage / dégraissage soit décantées / relarguées lorsqu'il s'agit d'un solide soit dispersées sous forme d'émulsion.

Dans ce dernier cas, le bain de dégraissage devra contenir un tensioactif conférant le pouvoir émulsionnant et / ou antiredéposition nécessaire (voir annexe « mécanisme d'action des tensioactifs »).

3.3.3. Nature de la surface

Les surfaces à nettoyer peuvent être **hydrophiles** (bois, verre, ...) et ainsi accepter très facilement le contact de l'eau et de la solution de nettoyage. Leur mouillage est aisé et leur nettoyage également (hors problème de **porosité**).

Les surfaces peuvent aussi être **hydrophobes** (métaux, plastiques, surfaces enduites) ; leur mouillage est alors plus problématique (on doit obtenir une baisse considérable de la tension superficielle pour espérer le décollage des salissures). De plus, la **porosité** des surfaces est un facteur à considérer : les solutions de nettoyage devront pouvoir pénétrer facilement dans les pores et présenter en conséquence une tension superficielle suffisamment basse. L'aspérité des surfaces est fonction du mode d'obtention des surfaces, du vieillissement, de l'oxydation, des conditions de stockage, etc.

Le nettoyage / dégraissage peut présenter un risque de corrosion pour les pièces.

3.3.4. Propreté recherchée

La propreté recherchée oriente non seulement le choix de la solution lessivielle mais aussi la technique donc les coûts. Il convient donc d'éviter autant la sous qualité que la sur qualité (voir chapitre 2.3).

3.4. Les effets des produits sur la santé

L'eau n'est pas en soi un produit présentant des risques pour les opérateurs. Elle peut cependant créer un contexte humide favorisant les irritations. Ce risque peut être prévenu par le port de gants.

Les produits alcalins et acides contenus dans les lessives sont des produits corrosifs. Leur pouvoir de brûlure diminue avec le degré de la dilution. La préparation des lessives alcalines et/ou acides comporte le risque de manipulation d'acides ou de bases **concentrés** capables d'occasionner des brûlures et des destructions tissulaires plus ou moins réversibles. Les acides ou bases concentrés sont étiquetés corrosifs (R 34 : provoque des brûlures voire R 35 provoque de graves brûlures). Les préparations en contenant peuvent être étiquetées corrosives, irritantes voire ne pas être étiquetées en raison de la dilution.

Les **tensioactifs** sont issus de produits naturels ou de synthèse.

Les anioniques et les cationiques sont généralement irritants (par contact immédiat, prolongé ou répété avec la peau et les muqueuses oculaires). Ils peuvent provoquer une réaction inflammatoire : rougeurs, sécheresse, prurit. Ces risques peuvent être prévenus par le port de gants appropriés et de lunettes enveloppantes.

Les cationiques, utilisés comme tensioactifs ou comme **biostatiques** sont susceptibles de provoquer des pathologies cutanées visées au tableau N° 65 des maladies professionnelles.

Les autres (**non ioniques** ou amphotères) sont peu irritants et bien tolérés.

Autres produits : d'autres produits rentrent dans la composition des préparations (parfums, inhibiteurs de corrosion, agents séquestrant, ...). Leur présence peut entraîner une modification du contenu de la FDS qui reste le document de base pour l'évaluation du risque chimique.

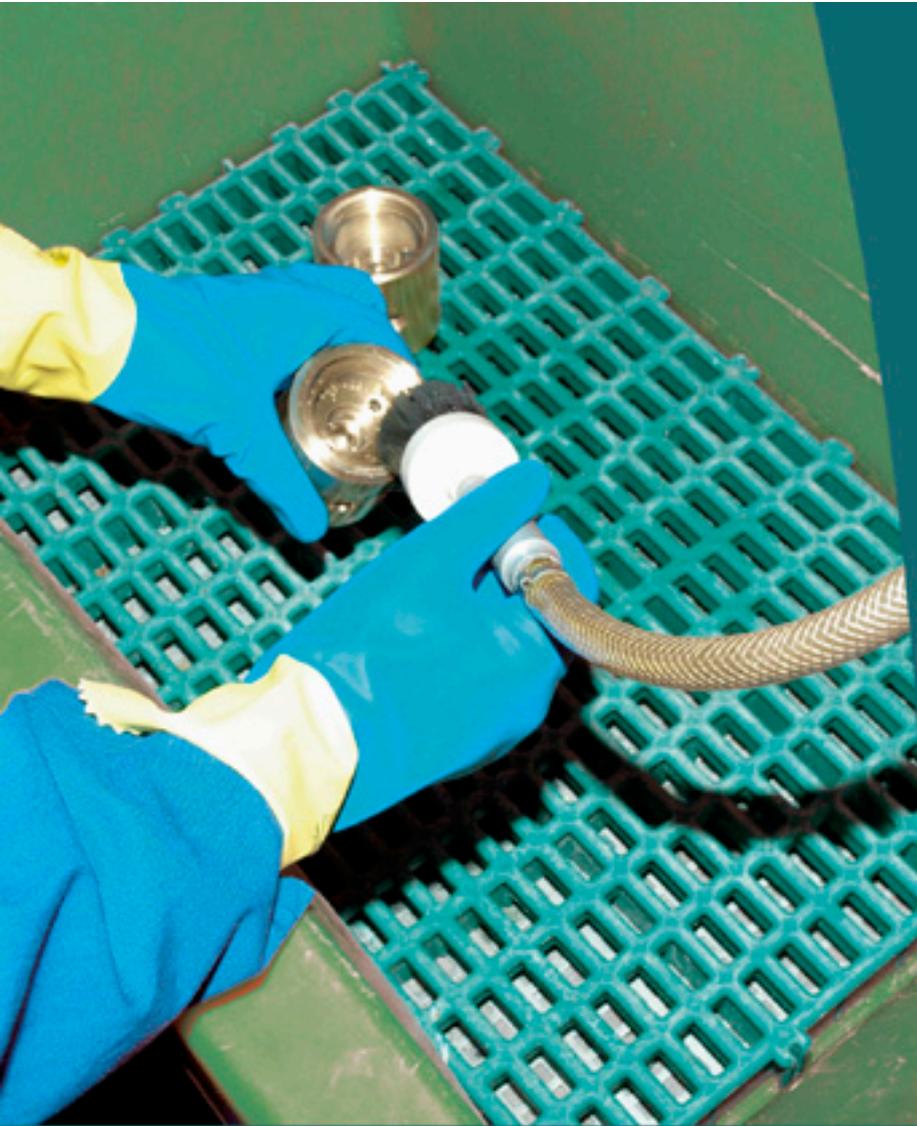
Les salissures, notamment huileuses, peuvent contaminer les pièces, les baignoires et les équipements et être à l'origine d'irritations et d'allergies.

Les micro-organismes utilisés par exemple dans les fontaines de **biodégradation** :

Ce sont des micro-organismes de nature variée. Les fournisseurs doivent garantir qu'aucun agent n'est considéré comme dangereux, au sens de l'arrêté qui classe les agents potentiellement dangereux dans les groupes 2, 3 ou 4 selon leur pouvoir infectieux (voir annexe : « **les agents biologiques au sens réglementaire** »). Quant à la présence d'agents opportunistes qui peuvent apparaître après l'installation de la fontaine, seules des analyses en laboratoire spécialisé permettent de les identifier et de les classer selon leur potentiel dangereux.

Cependant, les agents classés non-infectieux ne sont pas exempts de risque **pathogène** et certaines fontaines font intervenir des souches, qui, ingérées à fortes concentrations (10^5 à 10^9 bactéries/g), peuvent entraîner des toxi-infections alimentaires : *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus licheniformis*. D'autres germes s'avèrent opportunistes (germes habituellement non pathogènes chez une personne saine, mais qui le deviennent suite à une baisse des défenses immunitaires) lors d'expositions massives des voies respiratoires ou par contact avec la peau ou les muqueuses.

Ces éventuels risques induits par l'utilisation de micro-organismes peuvent être réduits par le respect des précautions d'usage (information des utilisateurs, port de gants, mesures d'hygiène ...).



chapitre 4

Les conditions de mise en oeuvre

Action hydro dégraissage

4.1. Les paramètres de nettoyage dégraissage

4.1.1. Facteurs relatifs à la technique de nettoyage / dégraissage

4.1.1.1. Choix de la solution de nettoyage / dégraissage

Son choix est effectué en considérant :

- la nature de la salissure,
- la nature du support,
- les techniques de nettoyage disponibles et les paramètres qui en découlent (température, agitation, caractéristiques de l'eau de dilution, composition de la solution de nettoyage, temps de contact avec la salissure).

Des critères de non toxicité et de biodégradabilité peuvent s'ajouter. Enfin le rapport coût/performance aidera au choix final de la solution la plus adaptée.

4.1.1.2. Conditions d'utilisation de la solution de nettoyage / dégraissage

4.1.1.2.1. La température

On peut difficilement éliminer une salissure grasse si la température du bain est inférieure à sa température de ramollissement ou de fusion.

- Dans la majorité des cas, une augmentation de la température permet d'augmenter l'efficacité. Ainsi, une élévation de 10 °C de la température multiplie par 2 la vitesse du processus de nettoyage / dégraissage (action physico-chimique) par diminution de la tension superficielle du bain et des tensions interfaciales bain / salissures / support.
- Par contre, l'élévation de température peut conduire à provoquer des détériorations au niveau des matériaux (métaux, plastiques) et facilite le dépôt des sels de dureté de l'eau. Par ailleurs, elle favorise l'évaporation du bain et des émanations des vapeurs irritantes dans l'atelier ; cette évaporation doit être compensée par des appoints réguliers et demande la mise en place de dispositifs de captage des vapeurs.

En règle générale, le fournisseur de produit de dégraissage préconise une plage de température pour l'utilisation. Ce facteur est par ailleurs limité dans les opérations de nettoyage manuel.

4.1.1.2.2. Le temps de contact avec la salissure

Comme pour la température, un temps de contact minimum est nécessaire, il est généralement préconisé par le fournisseur. Toutefois des essais sont indispensables pour optimiser le temps de contact qui permettra l'imprégnation de la salissure et son décollement de la surface.

Des opérations de pré-trempage ou de trempage peuvent être réalisées pour hydrater les salissures et éviter leur durcissement ou leur oxydation.

4.1.1.2.3. La composition et la concentration de la solution de nettoyage / dégraissage

L'eau est un facteur à prendre en considération si on veut étudier les paramètres influençant le nettoyage car elle rentre souvent à plus de 95% en masse dans la composition de la solution de nettoyage.

La qualité de l'eau

Sa **minéralisation** influence l'efficacité du nettoyage. L'eau est plus ou moins chargée en sels minéraux dits non sensibles (car non gênants dans le nettoyage) et en sels de dureté dont la présence en quantité trop élevée peut conduire à des réactions de précipitation. Avec une eau de **dureté** élevée, il y a :

- risque de **précipitation** de calcaire (lié à l'augmentation de la température) d'où des entartrages importants.
- baisse de l'efficacité des tensioactifs anioniques types carboxylates.
- augmentation de l'efficacité des produits d'anticorrosion et des autres tensioactifs.

Une eau ayant une dureté faible présente en général un caractère acide plus marqué qu'il faudra compenser par un ajout en sels carbonatés pour éviter les risques de corrosion.

La présence d'autres sels en solution peut modifier les **charges** portées par les tensioactifs et soit augmenter, soit diminuer leurs effets au niveau de la tension superficielle et des pouvoirs émulsionnant, anti-redéposition, ... Enfin, les chlorures, par exemple, conduisent à une augmentation des risques de corrosion sur métaux, principalement sur l'acier inoxydable, en milieu acide. Pour les sulfates, il y a des risques de dépôts à chaud (dépôts qui sont très incrustants).

Selon la nature de l'eau, en relation avec sa provenance, on devra donc tenir compte de sa minéralisation pour bien choisir la formulation ou la modifier (eau **permutée**, adoucie, **déminéralisée**,...).

La solution de nettoyage

La solution de nettoyage est réalisée en diluant ou en dissolvant le produit de nettoyage / dégraissage concentré dans de l'eau. La concentration d'utilisation est déterminée par le formulateur. Elle doit être optimisée par des essais en usine pour tenir compte notamment de la qualité de l'eau disponible qui peut influencer les résultats. Une surconcentration n'augmente pas a priori l'efficacité du nettoyage / dégraissage ; elle apporte le plus souvent des inconvénients : difficulté de dissolution, augmentation des consommations d'eau de rinçages, surcoûts de traitement des effluents, moussage, ...

La présentation du produit de nettoyage concentré (poudre, liquide, atomisé) est adaptée aux besoins et à la technique de nettoyage utilisée (temps disponible, mode de distribution, ...). Le choix entre un produit liquide ou poudreux peut également être d'ordre économique.

4.1.1.2.4. L'action mécanique

Le décollement des salissures et leur dispersion dans la solution de nettoyage ne se produisent pratiquement pas sans action mécanique. Il faut appliquer une force contraire à la force **d'adhérence** et à la force de **cohésion** de la salissure qui la maintient sur la surface.

L'action mécanique que l'on peut apporter lors du nettoyage dépendra surtout de la technique de nettoyage qui sera choisie ou disponible.

Le nettoyage manuel

Dans le cas du nettoyage manuel, les forces appliquées (forces d'arrachement) peuvent toujours être supérieures aux forces de cohésion et **d'adhérence** en fonction de l'outil utilisé et de la pression de frottement. Le nettoyage se fait à l'aide de brosses ou d'éponges plus ou moins abrasives. Si la salissure est plus tenace, en utilisant une brosse encore plus dure (brosse métallique) on peut en venir à bout ... mais le support peut être gravement endommagé !

Par contre, la température d'utilisation du **détergent** et sa concentration (pour cause d'agressivité sur les mains) sont souvent limitées.

Les fontaines biologiques fonctionnent selon ce principe.

Le nettoyage par immersion

Les pièces sont immergées dans un bain, l'action mécanique est assurée par un brassage du liquide et/ou une mise en mouvement des pièces. On peut y ajouter un bullage d'air, l'action d'ultra sons, ou une circulation forcée du fluide. La température est moins limitée que dans le cas du nettoyage manuel.

Le nettoyage par aspersion ou par jets

La solution de nettoyage/ dégraissage est projetée sur l'objet à traiter. C'est la pression du jet ou de l'aspersion qui apporte l'action mécanique. La température est moins limitée que dans le cas du nettoyage manuel. Par contre la formation de mousse peut être gênante.

Le nettoyage par ultrasons

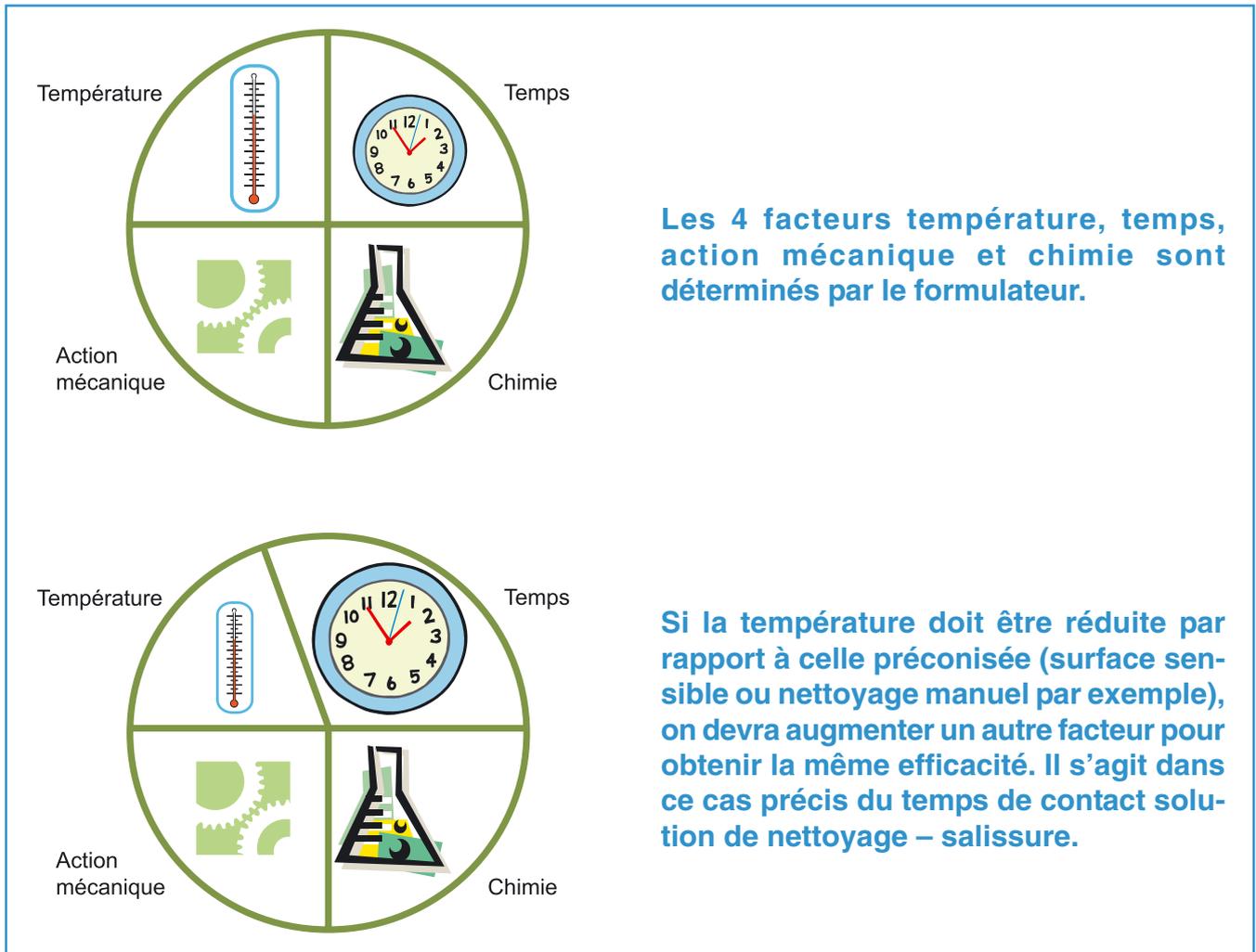
Les ultrasons provoquent des vibrations qui se révèlent efficaces dans les interstices des pièces à traiter. Ils peuvent être utilisés dans des applications automatisées ou manuell

4.1.2. La règle des quatre facteurs

Les 4 facteurs qui conditionnent l'efficacité de la détergence sont :

- la chimie du nettoyage (choix de la solution de nettoyage et concentration d'utilisation),
- le temps de contact,
- la température de la solution,
- l'action mécanique.

La règle des 4 facteurs est aussi connue sous le nom de « cercle de SINNER ». Elle indique que si l'un de ces 4 facteurs doit être diminué, en raison de la technique de nettoyage utilisée, il faudra augmenter un ou plusieurs des 3 autres facteurs pour conserver l'efficacité détergente de départ.



4.2. Mise en œuvre et suivi des bains

Pour assurer des conditions de nettoyage et une durée de vie des bains optimales, l'utilisateur doit connaître et savoir maîtriser un minimum de paramètres utiles au contrôle des bains.

Ces paramètres sont :

- la concentration
- le pH
- la qualité de l'eau de dilution
- l'état de pollution physique (particules, huiles étrangères)
- l'état de contamination biologique (bactéries, moisissures).

La majeure partie de ces paramètres est consignée sur les documents techniques du fournisseur.

4.2.1 La concentration

La consommation des différents composants du bain n'est pas uniforme. Le maintien dans le temps de leur concentration définie est pourtant primordial afin d'assurer l'efficacité escomptée.

Il est possible de l'ajuster manuellement ou automatiquement à l'aide de pompes doseuses.

Périodiquement, il faut néanmoins renouveler totalement la solution.

Le contrôle de qualité des bains est suivi par :

- mesure de conductivité / pH (elle peut être effectuée en continu),
- dosage acide/base pour mesurer la réserve d'alcalinité du fluide (méthode de laboratoire),
- détermination du taux de corps gras relargués.

4.2.2. Le pH

Une variation de pH signale une usure du bain qui doit être corrigée. Elle peut résulter du développement non maîtrisé de micro-organismes qui libèrent au cours de leur métabolisme des composés acides. Ils provoquent notamment une baisse de l'efficacité et émettent des mauvaises odeurs.

4.2.3. La qualité de l'eau de dilution

Deux grandeurs sont utilisées pour qualifier l'eau utilisée :

- Le TH (titre hydrotimétrique) caractérisant la dureté de l'eau utilisée (ions calcium et magnésium).
- Le TAC (taux d'alcalinité complet) caractérisant la teneur en carbonates et bicarbonates.

C'est la combinaison d'un TH et d'un TAC élevés qui traduit la tendance à la précipitation du carbonate de calcium ou de magnésium (moins gênant) puisqu'ils signifient à la fois une eau riche en calcium et la présence de carbonate (à pH alcalin). Cette précipitation est la cause de défauts d'aspect sur les pièces (taches, moindre adhérence des revêtements, ...).

A noter qu'une eau douce (TH faible) favorise le moussage.

4.2.4. L'état de pollution physique (particules, huiles, ...)

La pollution du bain provient des salissures qui ont été décrochées du support dans le bain (relargage). Selon leur nature (huiles, graisses, particules solides, ...), les salissures peuvent « relarguer » selon 3 comportements différents :

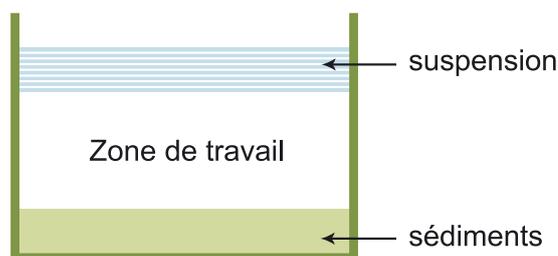
- Remonter en surface pour créer une **suspension** qui nécessitera une opération d'écumage.
- Tomber au fond du **bain** pour former un sédiment qui nécessitera une opération de soutirage.
- Rester dans le bain pour former une **émulsion** qui exige un traitement spécifique (filtration discontinue, ultrafiltration en continu, ...).

Dans un même bain, ces 3 comportements peuvent coexister.

L'efficacité du bain diminue alors avec le degré de pollution :

- La **suspension** risque de re-souiller les pièces nettoyées lors de la sortie du bain.
- Les sédiments risquent de gêner le chauffage, l'agitation et d'être remis en **suspension** dans le bain, d'encrasser les circuits de pompage / circulation et de condamner l'efficacité de la partie inférieure du bain.
- L'émulsion diminue l'efficacité de nettoyage du bain.

La zone de travail d'un bain est comprise entre les sédiments et la **suspension**. Pour maintenir la hauteur utile, il convient donc de limiter ces zones nuisibles par l'écumage de la **suspension** et / ou le soutirage des sédiments. Enfin, pour garder l'efficacité du bain, une filtration de la zone de travail (qui contient l'émulsion) peut s'avérer nécessaire.



En pratique, on mesure l'efficacité du bain en déterminant son aptitude au relargage. Le test le plus courant consiste à ajouter au bain de nettoyage une quantité déterminée d'huile entière et en agitant très vigoureusement à l'aide d'une pale calibrée, à une vitesse et pendant un temps déterminés. Le temps nécessaire à l'huile pour relarguer est mesuré.



Il faut souligner l'importance du suivi et de la maintenance des bains sur ce critère. Toute méthode de **déshuilage** (déshuileur à disque ou à bande, photo ci-contre) permettra de prolonger la durée de vie des bains. Voir chapitre 7.

4.2.5 L'état de contamination biologique (bactéries, moisissures).

La contamination biologique de tout milieu est inévitable ; on retrouve des bactéries / moisissures dans l'air, dans l'eau, sur les pièces à nettoyer, dans les salissures et de manière générale sur toutes les surfaces des équipements de travail ; de plus l'homme est un vecteur de propagation de cette contamination.

En règle générale, les milieux aqueux sont favorables à la prolifération des bactéries qui y trouvent nutriments, oxygène, température... propices à leur développement. Leur présence peut être recherchée et protégée dans le cadre du dégraissage par procédé biologique (voir chapitre 3.4). Dans les autres cas, leur présence est préjudiciable à l'efficacité et / ou la durée de vie du bain.

Pour limiter la propagation des bactéries dans le bain, on fait appel à des bactéricides, fongicides,... qui peuvent être soit présents dans la formulation initiale soit rajoutés au fur et à mesure des besoins.

Il existe des méthodes d'évaluation de la contamination (identification et dénombrement) qui permettent d'ajuster le traitement adéquat. Les bactéries et champignons sont dénombrés à l'aide de kits bactériens ou fongiques (méthode de terrain) ou par ensemencement du fluide sur des milieux nutritifs gélosés (méthode de laboratoire).

4.3 Prolongation de la vie du bain (augmentation de la durée de vie du bain)

Au fur et à mesure de leur utilisation, les bains s'appauvrissent de manière hétérogène en éléments actifs. Il convient de les suivre régulièrement afin d'augmenter la durée de vie du bain tout en gardant leur efficacité, c'est à dire :

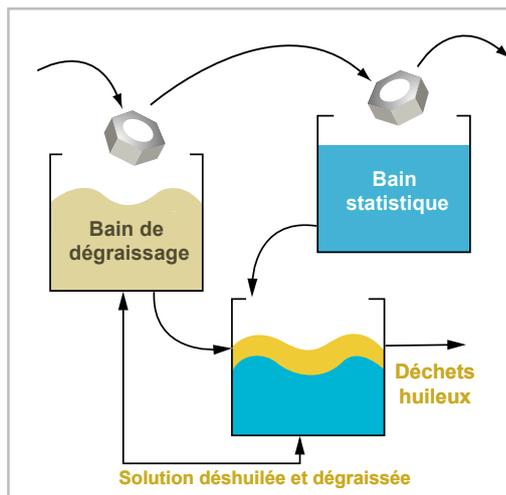
- Ajouter les constituants dont les concentrations diminuent (alcalinité, tensioactif,...)
- Eliminer dans la mesure du possible les constituants dont les concentrations augmentent (huile, graisse, matières solides,...) et qui peuvent resalir les pièces à la sortie du bain

Le suivi peut être effectué par le contrôle automatique ou ponctuel :

- du pH,
- de l'alcalinité libre et alcalinité totale,
- du pouvoir **détergent** par mesure de la tension superficielle ou observation d'un film d'eau (voir annexe « **méthodes de contrôles de la propreté des surfaces** »).

Les techniques utilisables pour éliminer en continu ou en discontinu les huiles et les graisses sont celles citées dans le paragraphe 1 de la partie 7 :

- écrémages,
- déshuilages statiques et **coalescents**,
- séparations centrifuges,
- séparations membranaires.



Quelle que soit la technique, deux phases liquides sont produites, l'une déshuilée et dégraissée qui peut être réintroduite dans le bain de dégraissage et l'autre concentrée en huile et graisse qui constitue un déchet devant être ensuite traité comme tel.

Remarque : il peut être avantageux d'associer le traitement du bain statitique à celui du bain principal pour améliorer la qualité du rinçage et faciliter ultérieurement le traitement des effluents.

La durée de vie des bains peut être considérablement augmentée grâce à l'attention portée au suivi des principaux paramètres. Malgré tout, celle-ci n'est pas illimitée et on ne peut faire l'économie d'un changement total des bains à plus ou moins long terme. Ceci est dû à la présence de matières solubles indésirables résultant de la transformation complexe des composants du bain (non développée dans le cadre de ce document).

De plus ce changement est nécessaire pour éviter la perturbation des opérations suivantes (métallisation, **décapage**, peinture, ...).

Le traitement des bains hors d'usage est décrit dans le chapitre 7.



chapitre 5

Le rinçage

Action **hydro dégraissage**

Le rinçage est l'opération qui consiste à immerger ou asperger une ou plusieurs fois des pièces pour éliminer de manière satisfaisante les traces de produits retenues par les pièces lors de traitements précédents.

Non seulement, il est nécessaire d'avoir un rinçage permettant d'avoir la qualité adéquate mais il faut également consommer une quantité d'eau minimale eu égard aux contraintes environnementales (voir chapitre 10).

5.1 Qualité de l'eau

L'eau brute convient à la préparation des bains de dégraissage et aux rinçages à la condition de ne pas avoir une dureté excessive c'est-à-dire ne dépassant pas 20°F (degré français) pour le titre hydrotimétrique (T.H.) et 15°F (degré français) pour le titre alcalimétrique complet (TAC).

L'eau déminéralisée peut être nécessaire pour les derniers rinçages lorsque toute tache due au séchage est à éviter.

5.2 Débit d'eau nécessaire

La **qualité du rinçage** peut être définie par un rapport de dilution R_d .

$$R_d = \frac{C_o}{C_n}$$

C_o est la concentration en composés essentiels dans le bain de dégraissage (phosphates, silicates, ...)
 C_n est la concentration relative à la qualité recherchée dans le dernier bain de rinçage.
 R_d dans le cas des bains de dégraissage, doit être de l'ordre de 500 à 1000. Mais cette valeur peut être supérieure si après le dégraissage les pièces doivent subir un traitement « sensible » (par exemple métallisation d'optique, nickelage,...). Voir chapitre 2.3.

S'il n'y a pas de bain statique, le débit Q d'eau de rinçage est donné par l'expression suivante, résultant des bilans matière sur les différents bains :

$$Q = \sqrt[n]{R_d \times q}$$

n étant le nombre de rinçages
 q est le débit d'eau retenue par les pièces appelé aussi entraînement dans le traitement de surface (volume de liquide transféré par unité de temps ou de surface exprimé en $l.h^{-1}$ ou $l.m^{-2}$).

Plus l'entraînement est faible, plus le débit d'eau consommée est faible et plus les problèmes de pollution sont réduits. Ce qui doit conduire à réfléchir au positionnement des pièces à traiter.

L'entraînement dépend de nombreux facteurs :

- formes, dimensions des pièces,
- compositions et températures des bains de dégraissage, viscosité / mouillabilité,
- dispositions des pièces si celles-ci sont suspendues.
- temps d'égouttage.

Le débit d'eau de rinçage dépend de la conception de la chaîne de rinçage. Celle-ci peut être composée de la façon suivante :

- un **rinçage simple** (insuffisant s'il n'est pas couplé à un bain statique),
- un **rinçage en cascade** généralement à **contre-courant**, pour plus d'efficacité,
- un rinçage associant bain mort et rinçage en cascades.

Entre le bain de dégraissage et les rinçages courants, peuvent être placés un ou plusieurs **rinçages statiques** appelés encore bains morts non alimentés en eau de manière continue. L'expérience montre que la concentration dans ces bains ne devrait pas excéder 20 % de celle du bain précédent sauf :

- dans le cas du rinçage dit « éco » où la concentration est la moitié de celle du bain de dégraissage. Les pièces sont alors immergées dans le rinçage « éco » avant et après leur passage dans le bain de dégraissage.
- dans le cas du zéro rejet liquide, nouvelle tendance encouragée par la réglementation, où on peut avoir une concentration

supérieure dans le premier bain statique mais cela engendre d'autres contraintes (plusieurs bains statiques). Cette technique de traitement ne sera pas abordée dans cet ouvrage car cela nécessiterait un développement important.

Il est possible de maintenir la concentration du bain statique à un niveau de concentration minimale par soutirage partiel, effectué de manière continue ou discontinue couplé à un traitement.

Dans le cas d'incorporation dans la chaîne de rinçage d'un bain statique, on peut définir un nouveau taux de dilution R'_d :

$$R'_d = \frac{C'_o}{C_n} \quad \begin{array}{l} C'_o \text{ étant la concentration dans le bain statique,} \\ C_n \text{ la concentration dans la dernière cuve de rinçage} \end{array}$$

Rappelons que la concentration C_n est définie à l'aide de la relation $R_d = \frac{C_o}{C_n}$

Le débit d'eau de rinçage s'établit comme suit en présence de bain statique : $Q_s = \sqrt[n]{R'_d} \times q$

Ce débit Q_s est inférieur au débit Q nécessaire lorsqu'il n'y a pas de bain statique. En effet :

$$Q_s = \sqrt[n]{R'_d} \times q \quad Q_s = n \sqrt{\frac{C'_o}{C_n}} \times q = n \sqrt{\frac{C'_o}{C_o} \times \frac{C_o}{C_n}} \times q$$

$$Q_s = n \sqrt{\frac{C'_o}{C_o}} R_d \times q \quad Q_s = n \sqrt{\frac{C'_o}{C_o}} Q$$

la concentration C_o étant inférieure à la concentration C'_o .

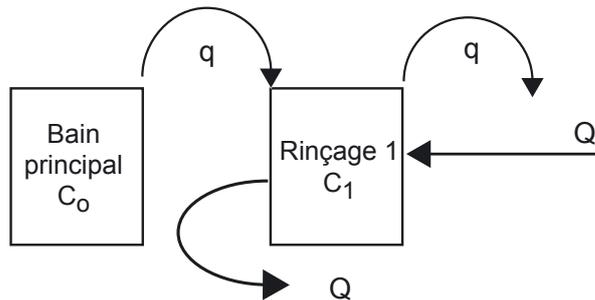
Les exemples suivants vont illustrer l'intérêt du couple « bains statiques / bains multiples en cascade ».

5.2.1. Exemple : Chaîne sans bain statique

$$\begin{array}{ll} R_d = 1000 & q = 20 \text{ l.h}^{-1} \\ C_o = 20 \text{ g.l}^{-1} & C_n = 20 \text{ mg.l}^{-1} \end{array}$$

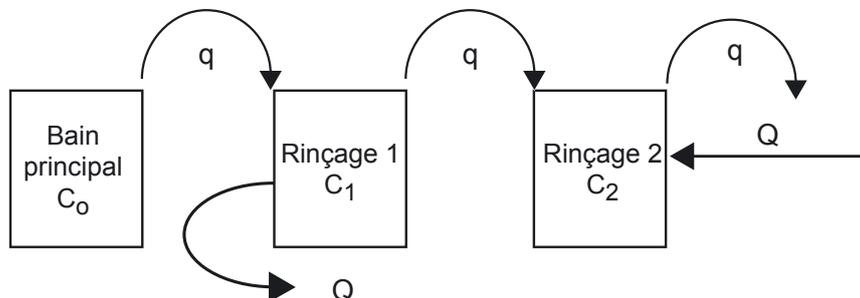
Un rinçage courant

$$Q = R_d \times q = 1000 \times 20 = 20\,000 \text{ l.h}^{-1}$$



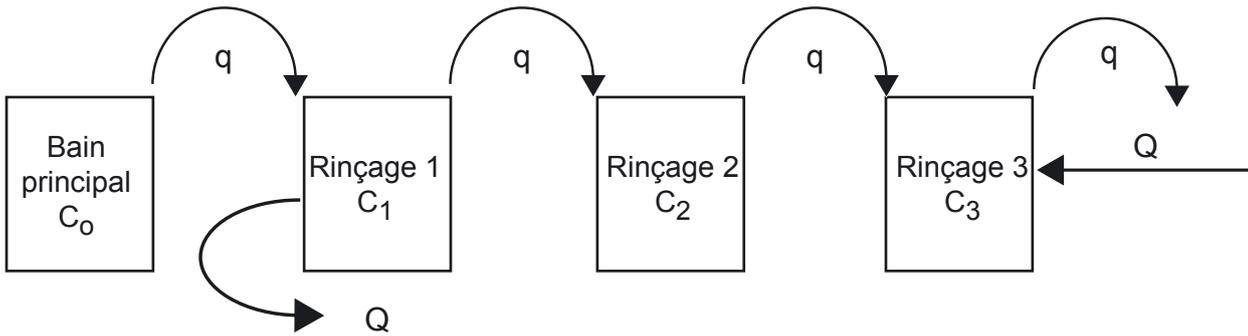
Un rinçage courant

$$Q = \sqrt{R_d} \times q = \sqrt{1000} \times 20 = 633 \text{ l.h}^{-1}$$



Trois rinçages courants

$$Q = \sqrt[3]{R_d} \times q = \sqrt[3]{1000} \times 20 = 200 \text{ l.h}^{-1}$$



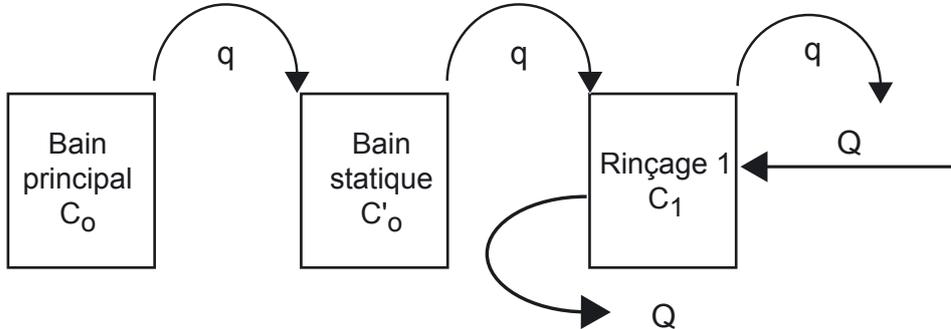
5.2.2. Exemple : Chaîne avec un bain statique

$$\begin{aligned} R_d &= 1000 \\ C_o &= 20 \text{ g.l}^{-1} \\ C_o' &= 10 \text{ g.l}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &= 20 \text{ l.h}^{-1} \\ C_n &= 20 \text{ mg.l}^{-1} \end{aligned}$$

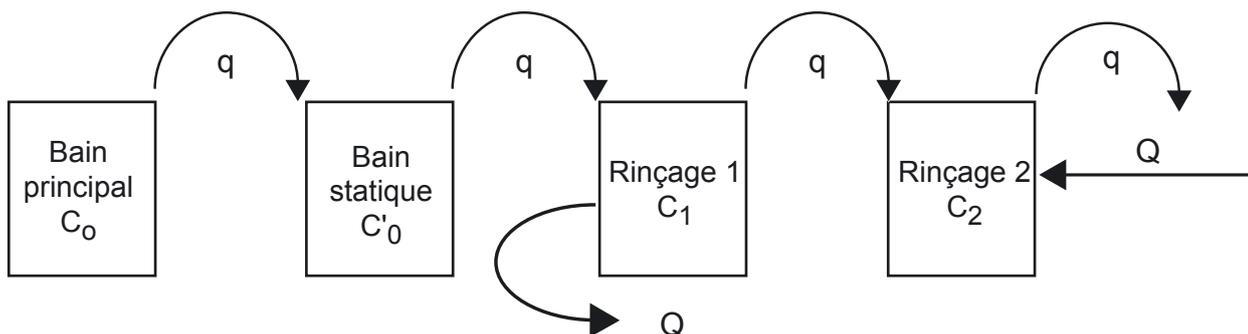
Un rinçage courant

$$Q = R'_d \times q = 500 \times 20 = 10\,000 \text{ l.h}^{-1}$$



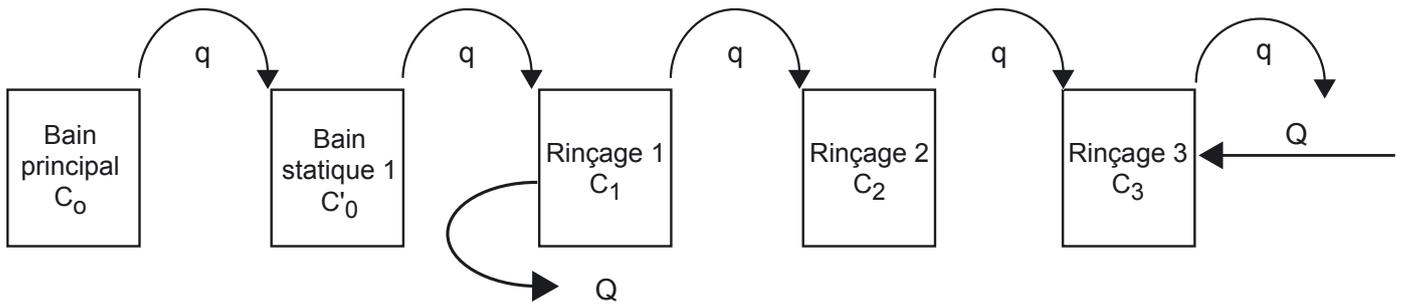
Deux rinçages courants

$$Q = \sqrt{R'_d} \times q = \sqrt{500} \times 20 = 447 \text{ l.h}^{-1}$$



Trois rinçages courants

$$Q = \sqrt[3]{R'_d \times q} = \sqrt[3]{500 \times 20} = 1591 \text{ l.h}^{-1}$$



5.2.3. Récapitulatif

Les débits d'eau de rinçage nécessaires sont donnés dans le tableau suivant :

| | Zéro bain statique | Un bain statique |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Un rinçage courant | 20 000 l.h ⁻¹ | 10 000 l.h ⁻¹ |
| Deux rinçages courants | 633 l.h ⁻¹ | 447 l.h ⁻¹ |
| Trois rinçages courants | 200 l.h ⁻¹ | 159 l.h ⁻¹ |

Pour diminuer le débit de rinçage on peut placer un autre bain statique entre le bain principal et le premier bain statique et/ou augmenter le nombre de rinçages courants.

5.3. Contrôle de l'efficacité du rinçage

L'efficacité du rinçage n'est pas contrôlée en elle-même, mais est vérifiée à travers le contrôle de l'ensemble du processus de nettoyage (voir chapitre 2.3).



chapitre 6

Le séchage des pièces



Action **hydro** dégraissage

6.1. Le rôle du séchage

Le séchage a pour but d'éliminer toute trace d'eau résiduelle. Il complète l'opération d'égouttage final. A noter que le séchage n'est pas toujours indispensable selon le devenir des pièces rincées.

Cette phase permet de réduire la non qualité provoquée par :

- ▶ la corrosion,
- ▶ la présence de taches ou traces entraînant un défaut d'aspect,
- ▶ Les impuretés pouvant nuire aux opérations ultérieures.

6.2. les procédés de séchage

Ils peuvent être classés en 2 familles :

6.2.1. Les procédés physiques

Les procédés physiques consistent à supprimer toutes traces d'eau des pièces lavées par une action mécanique, thermique ou physique. Parmi les techniques les plus courantes, on peut citer :

Le rinçage chapitre 5

- les vibrations (tapis vibrant),
- le secouage (cycle court de montée / baisse des balancelles),
- la centrifugation,
- le soufflage d'air comprimé (soufflage par buses ou lames placées dans un tunnel),
- l'évaporation dans un tunnel chauffant ou un four avec circulation d'air,
- l'absorption (mise en contact de la pièce humide avec une matière **hygroscopique** : ex : rafle de maïs),
- ...

Pour choisir le procédé adéquat, on tiendra compte :

- de la capacité des pièces à supporter les rayures, déformations et autres défauts irréversibles,
- des critères d'acceptabilité des pièces,
- de la forme rétentive des pièces.

Chaque procédé doit être étudié en fonction des critères suivants :

- coût de l'équipement et de son entretien,
 - coût de l'énergie consommée par le procédé (air en m³/ heure, température des fours / consommation gaz, électricité, fuel ...),
 - temps de cycle requis,
- et aussi
- nuisances induites par le procédé (bruit, fumées, chaleur, vibrations transmises au sol et / ou bâtiments ...) et coût du traitement des nuisances.

6.2.2. Les procédés chimiques

Ils consistent à utiliser une préparation aqueuse à base de solvants dans le but de « chasser » l'eau résiduelle des pièces. L'eau résiduelle provenant du dernier rinçage est remplacée par les composés solvantés de la préparation qui s'évaporent rapidement et sans laisser de traces. Les solvants usuels sont les HFE, HFA, alcools, ...

HFE : Hydrofluoroéthers /HFA :Hydrofluoroalcane

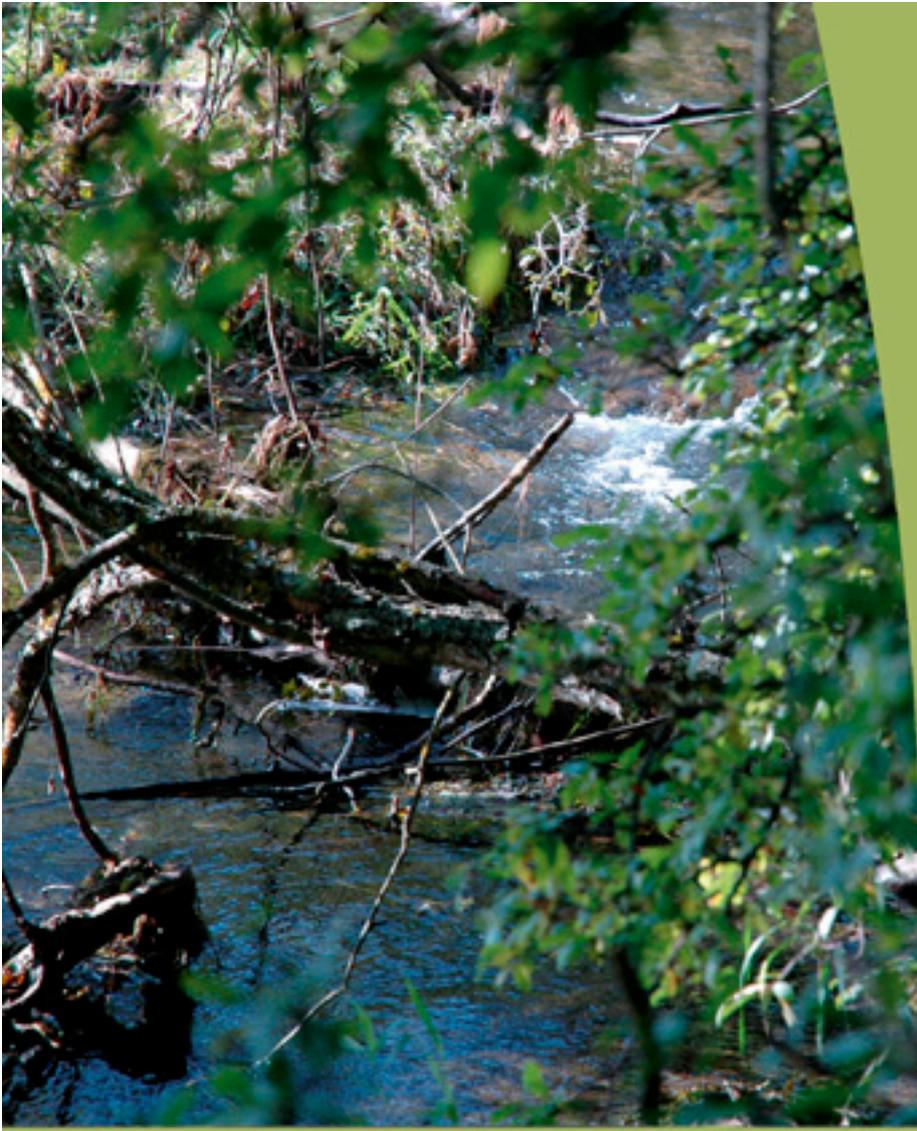
Il convient de retenir que ces 2 solvants présentent des effets sur la santé de l'homme encore peu étudiés [se référer aux fiches de données de sécurité pour évaluer les risques à maîtriser tant au point de vue des caractéristiques physico-chimiques que toxicologiques (sensibilité cardiaque notamment)].

ALCOOLS : Ethanol, Isopropanol

Leur inflammabilité requiert des mesures de prévention spécifiques face aux risques incendies / explosion. Leur dilution avec de l'eau permet de réduire ces risques (voir document INRS ED 4225 : les alcools).

La mise en œuvre de ces produits chimiques s'effectue soit par trempage soit par ruissellement. L'évaporation complète du solvant nécessite un équipement spécifique (air chaud, mise sous vide, aspiration ...) et le traitement des COV.

Pour optimiser le résultat final, ces différents procédés peuvent être associés.



chapitre 7

Le traitement des effluents

Action **hydro** dégraissage

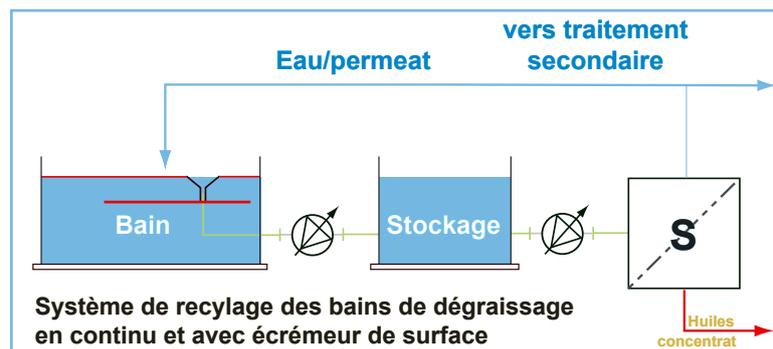
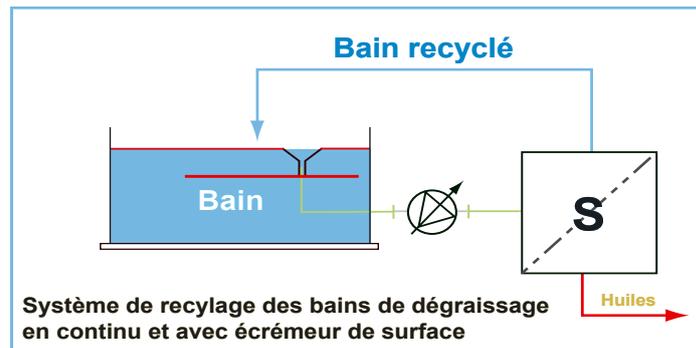
7.1. Élimination des huiles et graisses

Il est nécessaire d'éliminer les huiles et les graisses des eaux de rinçage qui, déshuilées, peuvent être traitées séparément ou au contraire mélangées à des eaux de rinçage de nature différente avant rejet. Cette séparation des corps gras de la phase aqueuse est indispensable car ils peuvent inhiber les traitements ultérieurs (**floculation** par exemple) et provoquer l'encrassement des équipements.

Les technologies mises en œuvre sont nombreuses :

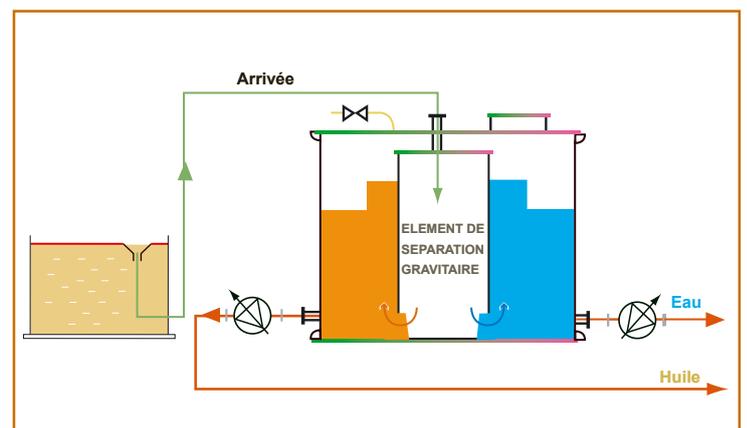
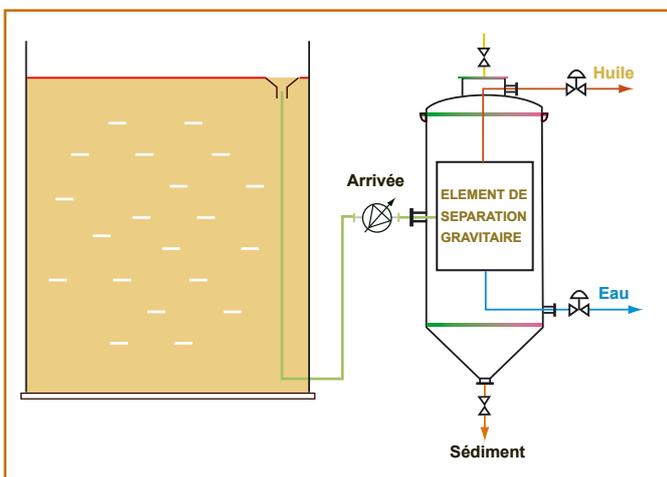
Écrémeurs :

Ils sont utilisables lorsque les gouttelettes d'huile se rassemblent à la surface.



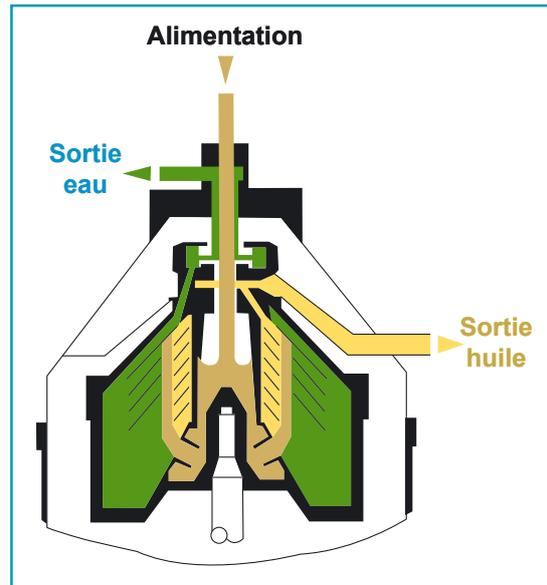
Déshuileurs statiques gravitaires :

Il existe différents déshuileurs statiques qui peuvent fonctionner sous pression, en dépression ou à pression atmosphérique.



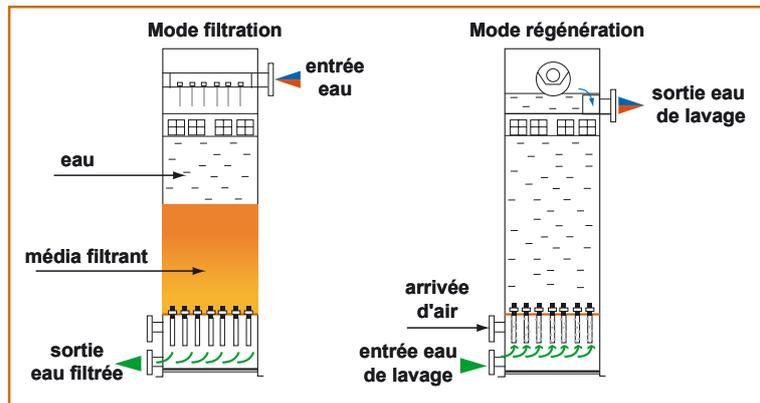
- Séparateurs centrifuges

Ils sont utilisés lorsque les huiles et graisses sont sous forme d'émulsions stables.



- Déshuileurs par coalescence

Ils ont l'inconvénient d'avoir de faible rendement en présence de tensioactifs.



- Séparateurs membranaires - ultrafiltration

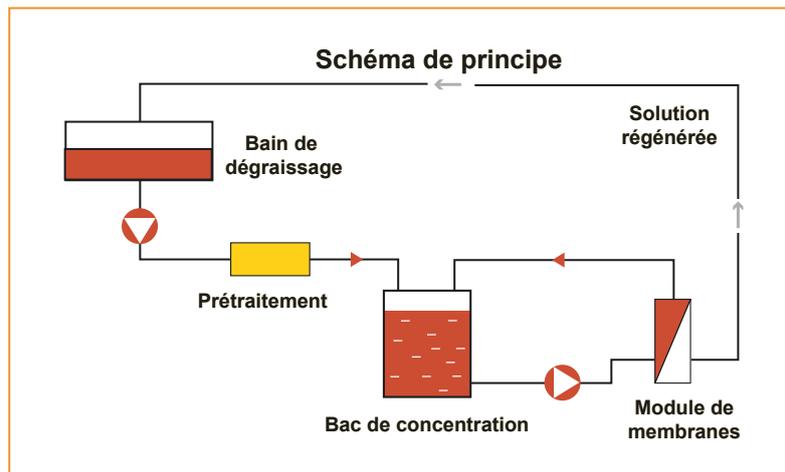
Ils mettent en jeu des membranes qui ont la propriété d'arrêter sélectivement les molécules selon leur taille ou leur masse moléculaire. Il faut donc choisir des membranes :

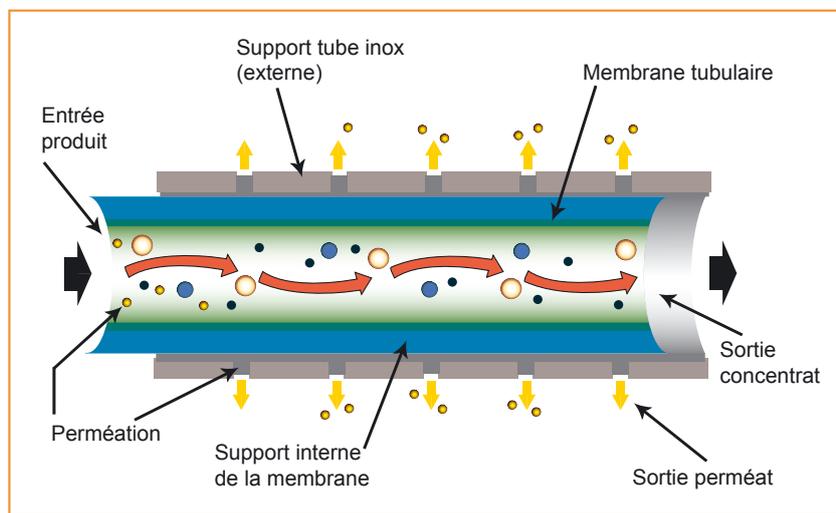
- de **porosité** adéquate susceptibles d'arrêter les gouttelettes d'huile.
- compatible avec le pH alcalin et la température des effluents à traiter ce qui nécessite une membrane minérale dans tous les cas.

C'est le domaine de l'ultrafiltration.

On obtient une solution débarrassée en totalité de l'huile, appelée perméat, et une solution riche en huile, appelée concentrat.

Il est nécessaire d'optimiser la technique en choisissant des modules mettant en oeuvre des surfaces de membranes et



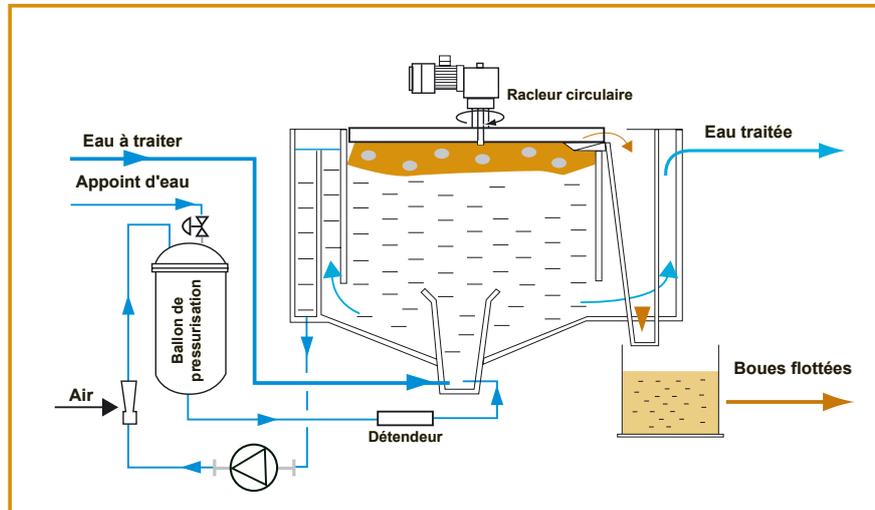


une pression de travail adaptées de manière à avoir un débit de perméat important et un facteur de concentration élevé pour n'avoir qu'un faible volume de concentrat à éliminer pour des raisons économiques.

Un prétraitement par simple filtration est toujours nécessaire pour protéger la membrane afin d'éviter les colmatages par des matières en suspension. L'ultrafiltration exige également un nettoyage périodique.

- Flottateurs

Les eaux huileuses en grande quantité peuvent être traitées par flottation après **coagulation**, neutralisation et **floculation**. La flottation consiste à insuffler de l'air dans le bain – généralement par le fond - pour permettre la remontée des gouttelettes huileuses en surface. La neutralisation permet de ramener le pH de la solution dans la plage autorisée (entre 6 et 8,5) par l'addition de réactifs appropriés.



La plupart de ces techniques peuvent être utilisées non seulement pour traiter les eaux de rinçage mais aussi pour recycler les bains de dégraissage. Ce traitement induit une prolongation de la vie des bains, une économie de réactifs et une meilleure qualité de dégraissage.

7.2. Traitement final des effluents déshuilés

Différents textes réglementent la qualité des rejets aqueux dans les milieux récepteurs. D'une manière générale, le pH doit être compris entre 5,5 et 8,5 et la température inférieure à 30°C. Ils doivent en outre être débarrassés de toutes les matières insolubles.

Dans le cas où les eaux de rinçage issues du dégraissage sont mélangées à des eaux de rinçage d'autre nature, « l'effluent global » doit être traité de manière telle qu'il soit conforme, avant d'être rejeté dans les milieux récepteurs ou les réseaux d'égouts.



chapitre 8

Les machines



Action hydro dégraissage

8.1. Le choix de machines

Les différentes machines existant sur le marché permettent de répondre à la combinaison produit / procédé / pièces recherchée pour l'étape de nettoyage / dégraissage. Les critères de nettoyage orientent ce choix selon la technique prévue (à froid ou à chaud, manuelle ou mécanique, pièces en vrac ou à l'unité), selon la cadence de travail souhaitée et la quantité de pièces à traiter.

8.2. Les différents types de machines lessivielles

8.2.1. Manuelles

- Bac de nettoyage avec immersion des pièces ou aspersion d'une solution nettoyante

Les pièces sont trempées dans la solution nettoyante éventuellement munie d'ultrasons, ou frottées à l'aide d'un pinceau ou une éponge. Dans le cas des fontaines biologiques, une douchette munie d'une brosse permet l'aspersion de la solution et le nettoyage par action mécanique. Cette opération est en général réalisée dans les ateliers d'entretien pour le dégraissage des pièces unitaires.

- Cabines avec projection d'un jet de solution dégraissante

Elles sont utilisées pour des pièces de grande dimension. Pour les nettoyages intérieurs (citernes, cuves) la projection se fait à l'aide de buses rotatives d'aspersion.

En raison de l'exposition de l'opérateur aux aérosols produits, ces cabines doivent être ventilées.

8.2.2. Automatiques

- Tunnel d'aspersion des pièces

Les pièces défilent, soit posées, soit accrochées, sur un convoyeur dans un tunnel ventilé où elles sont aspergées de solution dégraissante, rincées, puis séchées. L'action mécanique est apportée par la force du jet.

L'utilisation d'un tunnel permet d'intégrer l'opération de nettoyage dans un process en continu.

- Machines avec bains de dégraissage

Les pièces sont traitées dans différents bains de dégraissage et de rinçage.

Les machines sont conçues soit avec plusieurs bains successifs dans lesquels les pièces sont immergées, soit avec une seule cuve de travail qui reçoit successivement les différents bains de pré-lavage, nettoyage, rinçage. Une opération de séchage peut être intégrée.

Cette technique est utilisée pour des pièces traitées en vrac, en panier, en tonneau ou accrochées à un support. L'effet mécanique du dégraissage est obtenu par l'agitation de la solution aqueuse, la mise en place d'ultrasons ou la mise en mouvement des pièces. Ces bains sont ventilés soit de manière latérale s'ils sont à cuve ouverte, soit de manière verticale et capotés à l'instar d'un tunnel.

Elle permet aussi de traiter les pièces dans un process en continu (convoyeur) ou discontinu (chargement dans des paniers...).

Nota : dans ces machines, il est possible de coupler les techniques d'aspersion et d'immersion.

8.3. Références

8.3.1- Les normes

Une norme européenne a été homologuée concernant « les machines de nettoyage et de prétraitement de pièces industrielles utilisant des liquides ou des vapeurs ». Elle est composée des documents suivants :

Partie 1 : Prescriptions générales de sécurité NF EN 12921-1

Partie 2 : Sécurité des machines utilisant des liquides de nettoyages aqueux NF EN 12921-2

Partie 3 : Sécurité des machines utilisant des liquides de nettoyages inflammables NF EN 12921-3

Partie 4 : Sécurité des machines utilisant des solvants halogénés NF EN 12921-4

Les machines concernées par ce document sont visées par les parties 1 et 2.

8.3.2. Guide INRS

La brochure INRS ED964 « Machines à dégraisser » rassemble toutes les informations réglementaires, technologiques et principes de prévention concernant le dégraissage des métaux ou de tout autre matériau.



chapitre 9

Risques et prévention

Action **hydro** dégraissage

9.1. Les risques

Les risques provenant des produits lessiviels et connexes (agent séchant, antirouille, biocide etc.) peuvent être dus à :

- leurs propriétés physico-chimiques :

- ▶ acidité ou basicité, les classant comme corrosifs ou irritants et pouvant entraîner brûlures chimiques ou irritations,
 - ▶ combustibilité et/ou inflammabilité, pouvant entraîner incendie/explosion, brûlures thermiques, ...
 - ▶ volatilité (relié à leur tension de vapeurs), pouvant conduire à l'exposition des opérateurs à des vapeurs dangereuses,
- leurs propriétés toxicologiques**, les classant comme toxiques ou nocifs et pouvant conduire à des intoxications, des sensibilisations, des allergies. Dans le cas des CMR, les risques sont de développer un cancer, un effet mutagène ou des effets sur la reproduction (fertilité ou effets sur l'enfant à naître),
- leur état physique** (solides plus ou moins pulvérulents, liquides plus ou moins volatils), déterminant leurs voies de pénétration dans l'organisme (respiratoire, cutané et/ou par ingestion),
- leur conditionnement** (emballages unitaires, vrac) dans tous types de matériau qui peuvent rendre les emballages fragiles lors des opérations de transport, stockage et manutention et occasionner des accidents (cassures, déversements accidentels, projections ...) lors de leur manipulation.

Nota : ces propriétés doivent être portées à la connaissance de l'utilisateur par l'intermédiaire de la fiche de données de sécurité. Celle-ci doit être établie par le fournisseur du produit (fabricant, importateur distributeur) et transmise au chef d'entreprise utilisatrice.

La formation et l'information des travailleurs est réglementairement obligatoire. C'est le premier moyen de prévenir l'ensemble des risques chimiques. Elles doivent être adaptées aux travailleurs, tenir compte des équipements et de leur évolution et être régulièrement répétées.

9.2. Risques liés aux opérations de stockage

Ces opérations comprennent la réception des produits sur le site, leur transfert vers les lieux de stockage, leur stockage proprement dit et éventuellement leur restockage après préparation des bains. Les principaux risques sont dus à des mélanges incompatibles (produits mélangés directement ou pollution par le matériel tel que les pompes, les tuyaux, ...). L'analyse des fiches de données de sécurité permet de détecter ces incompatibilités et de mettre en place des moyens de prévention appropriés (cuvettes de rétention par exemple). Un nettoyage soigné du matériel doit être systématiquement effectué après chaque utilisation. Si le matériel est dédié à un produit particulier, il doit être repéré en tant que tel.

Livraison en vrac

Ce mode de livraison concerne les produits à grande consommation.

| Opérations | Risques | Prévention |
|---|---|--|
| Dépotage du camion citerne vers des cuves, silos de stockage, ... Déstockage vers le point d'utilisation | Déversement accidentel par rupture (tuyaux, brides, raccords, ...) entraînant pollution et projections. | Transfert par gravité ou pompage, le transfert par air comprimé doit être prohibé (note technique 03-2 CRAM BFC). Stockage et dépotage sur rétention. Surveillance et entretien périodique du matériel. Équipement de protection individuelle, douches et fontaines oculaires à proximité (hors gel). Moyens d'alerte. Formation et information du personnel |
| | Incendie/explosion | Canalisations mises à l'équipotentiel dans le cas de transfert de produits inflammables. Matériel électrique de classe adaptée (voir document INRS ED 945). |

Livraison en emballages unitaires

Les produits livrés sont conditionnés dans des emballages pouvant varier couramment de 25 l ou kg à 1000 l (conteneurs).

| Opérations | Risques | Prévention |
|--|--|--|
| Réception et stockage | Rupture d'emballage du fait de sa fragilité ou de sa manutention | Stockage et dépotage sur cuvette de rétention. Vérification de l'intégrité des emballages. Moyens de manutention adaptés. |
| | Chute des emballages | Gerbage limité en hauteur. Solidité et stabilité des racks de stockage. |
| | Incendie | Systèmes de détection et d'extinction appropriés. Eloignement des sources d'ignition. Signalisation du risque. |
| | Contamination du personnel par les fuites, coulures, ... | Propreté extérieure des emballages - nettoyage éventuel. |
| | Erreurs d'identification : risques de mélange | Présence des étiquettes. |
| | Intoxications par les émanations | Ventilation des locaux. |
| Déstockage pour utilisation au poste de travail | Rupture d'emballage | Stockage et dépotage sur cuvette de rétention. Vérification de l'intégrité des emballages. Gestion du stockage selon le mode FIFO (First In – First Out). Moyens de manutention adaptés. |
| Restockage de l'excédent de produit dans son emballage d'origine | Erreurs d'identification : risques de mélange | Présence des étiquettes. |
| | Contamination du produit ou du personnel par récipient mal fermé | Vérification de la bonne fermeture des récipients. |

9.3.Manutention

| Opérations | Risques | Prévention |
|----------------------------|---|---|
| Soutirage - fractionnement | Erreurs d'identification | Présence des étiquettes. Reproduction des étiquettes. |
| | Exposition aux vapeurs, fumées, poussières... | Captage au plus près de la source d'émission. |
| | Projections de produit | Privilégier les systèmes de fractionnement automatique. EPI (bottes ou chaussures de sécurité, gants, lunettes ou écran facial, tablier de protection, vêtements de travail spécifiques,...). Douches et fontaines oculaires à proximité. |
| | Chute d'emballage, heurts | Chaussures de sécurité. |
| | Manutention | Réduire le poids unitaire des emballages. Privilégier les systèmes de fractionnement automatique. |

9.4. Montage des bains

| Opérations | Risques | Prévention |
|-------------------------------|---|--|
| Ouverture des emballages | Projections par surpression interne, émanations | Méthode d'ouverture adaptée. Port d'EPI. |
| Pesage – dosage des produits | | Privilégier les systèmes de dosage automatique. Captage au plus près de la source d'émission. Port d'EPI. |
| Dissolution – dilution | Projections de produit Brûlures chimiques | Toujours verser le produit dans l'eau et non l'inverse pour éviter une augmentation brutale de la température qui peut conduire à des projections de mélange chaud. Verser en petites quantités. Agiter (modérément) au cours du mélange. |
| Montée en température du bain | Brûlures | Attendre la fin de la dissolution pour chauffer le bain. Vérifier que les organes de chauffe sont hors d'atteinte ou isolés. |

9.5. Transfert de la solution préparée

| Opérations | Risques | Prévention |
|----------------------|---|--|
| Transfert du mélange | Projection Brûlures Manutention Intoxication | Privilégier le transfert par pompage, limiter l'utilisation de tuyaux flexibles, adapter la vitesse d'introduction. Port d'EPI. |
| | Mélanges incompatibles | Vérifier l'identité des produits et des équipements avant transfert, utiliser des détrompeurs de raccordement. Étiquetage de la solution, fiches de données de sécurité, fiches de poste. |

9.6. Évacuation des bains usagés

| Opérations | Risques | Prévention |
|---|---|--|
| Transfert des bains usagés mais encore susceptibles de provoquer des effets sur l'homme | Projection Brûlures chimiques et thermiques Manutention Intoxication | Privilégier le transfert par pompage, limiter l'utilisation de tuyaux flexibles, transférer à froid. Étiquetage et identification. Port d'EPI. |

9.7. Traitement des effluents

| Opérations | Risques | Prévention |
|----------------------|---|--|
| Transfert du mélange | Projection Brûlures Manutention Intoxication | Privilégier le transfert par pompage, limiter l'utilisation de tuyaux flexibles, adapter la vitesse d'introduction. Port d'EPI. |
| | Mélanges incompatibles | Vérifier l'identité des produits et des équipements avant transfert, utiliser des détrompeurs de raccordement. Étiquetage de la solution, fiches de données de sécurité, fiches de poste. |

9.8. Les bains biotechnologiques

| Opérations | Risques | Prévention |
|----------------------------|--------------------|--|
| Préparation Utilisation | « biologique » | Utiliser des agents biologiques non susceptibles de provoquer une maladie chez l'homme, s'assurer de l'absence de mutation des souches d'origine et de contamination par des souches opportunistes. Envisager la mécanisation des opérations. Eviter le contact cutané direct. Eviter de produire des aérosols par pulvérisation, projection... Se protéger des projections oculaires. |
| Destruction Vidange | brûlures chimiques | Suivre les préconisations du fournisseur. Bannir l'emploi de formol (cancérogène). Port d'EPI. |

9.9. Évaluation des risques

L'évaluation des risques professionnels auxquels peuvent être exposés les travailleurs est rendue obligatoire par le code du travail (article L 230-2). Les résultats de cette évaluation des risques doivent être transcrits dans un document appelé « document unique d'évaluation des risques ».

L'objectif de cette évaluation des risques est d'établir un plan d'action qui permettra de supprimer les risques ou de les réduire au niveau le plus bas possible.

C'est précisément l'objet de ce guide qui a été élaboré dans le but de supprimer les risques inhérents à l'utilisation des solvants dans les opérations de dégraissage.

9.9.1. Risque chimique

L'évaluation du risque chimique doit faire partie intégrante de l'évaluation des risques professionnels.

Plusieurs méthodes sont à disposition des employeurs : on peut citer par exemple la méthode OPER@ accessible sur le site Internet de la Cram Bourgogne et Franche-Comté (www.cram-bfc.fr).

Une attention particulière doit être apportée aux incompatibilités entre produits chimiques pouvant conduire à des réactions dangereuses.

9.9.2. risque biotechnologique

Dans le cas de l'utilisation de fontaine de dégraissage biologique, l'évaluation du risque biologique doit également être réalisée (caractérisation des souches, risques de mutation des souches,...) afin de mettre en œuvre les mesures de prévention qui s'imposent (*voir chapitre 10.3.4 et annexe « les agents biologiques au sens réglementaire »*).

9.9.3. Autres risques

Tous les autres risques (brûlures thermiques, ultrasons, électrique, mécanique, bruit, TMS, ...) doivent être évalués. Cette évaluation doit intégrer toutes les phases de travail que ce soit les phases de production ou d'entretien/dépannage.



chapitre 10

Partie
réglementaire

EDITION 2005

**CODE
DU
TRAVAIL**

67^e édition

DALIC

Action **hydro** dégraissage

Ce chapitre relatif aux réglementations aborde l'essentiel des prescriptions concernant les différents procédés de dégraissage. Ainsi l'utilisateur pourra comparer en toute connaissance de cause l'ensemble des solutions qui s'offrent à lui.

10.1. Introduction à la réglementation

L'utilisation de procédés de nettoyage/dégraissage impose le respect de différentes réglementations :

- celles issues du code de l'environnement pour tout ce qui concerne les installations et leur impact sur l'environnement ;
- celles issues du code du travail pour tout ce qui concerne les process et produits utilisés et leur impact sur la santé et la sécurité des salariés.

Il est important de souligner ici que le dégraissage par voie lessivielle est bien moins contraignant au niveau réglementaire que les autres modes de dégraissage par solvants comme le montre le tableau de synthèse dans le paragraphe 10.4. Toutefois, les procédés lessiviels faisant appel à l'utilisation d'eau, ressource naturelle précieuse qui doit être respectée, l'industriel doit impérativement prendre en compte la gestion de cette ressource dès la conception du projet en prenant contact avec la Drire.

10.2. Réglementation environnementale

10.2.1. Installations classées, nomenclature et rubriques concernées

Les installations qui utilisent des solutions lessivielles pour le nettoyage / dégraissage des surfaces peuvent être soumises, au-delà de certains seuils facilement atteignables, à la réglementation relative aux installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), au titre de la loi du 19 juillet 1976.

Cette réglementation a établi une nomenclature des installations qui distingue les rubriques suivantes relatives au nettoyage/dégraissage de surfaces :

| N° de la rubrique | Intitulé de la rubrique | Référence |
|-------------------|--|--|
| 2564 | Nettoyage, dégraissage, décapage de surfaces par des procédés utilisant des liquides organohalogénés ou des solvants organiques. | Arrêté type du 21/06/2004, (JO du 20/07/2004 et BOMEDD N°19 du 15/10/2004) |
| 2565 | Revêtement ou traitement (nettoyage, décapage, conversion, polissage, attaque chimique, etc) de surfaces par voie électrolytique ou chimique, à l'exclusion du nettoyage, dégraissage, décapage de surfaces visées par la rubrique 2564. | Arrêté type du 30/06/1997 (JO du 30/07/1997) |
| 2566 | Nettoyage ou décapage des métaux par traitement thermique. | Non concerné par ce guide |

Aux rubriques de la nomenclature sont associés des seuils qui déterminent le régime dont ces installations relèvent :

- **régime de la déclaration** : l'exploitant de l'installation classée doit simplement déclarer à la préfecture son installation.
▶ En retour, l'exploitant devra respecter les prescriptions de l'arrêté type correspondant à la rubrique.

- **régime de l'autorisation** : avant mise en service de l'installation, ou lors d'une régularisation (en cas de changement du seuil ou de création d'une rubrique), l'exploitant doit établir et déposer en préfecture un dossier de demande d'autorisation d'exploiter son installation. Ce dossier, instruit par la Drire, comprendra notamment une étude de dangers, une étude d'impact et une notice d'hygiène et de sécurité, avec une enquête publique.

▶ En retour, l'exploitant recevra une autorisation préfectorale d'exploiter, assortie d'une liste de prescriptions techniques et organisationnelles à respecter, qui reprend au minimum les prescriptions de l'arrêté type associé. Ces prescriptions sont complétées par celles issues de l'arrêté ministériel du 2 février 1998 modifié relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des ICPE soumises à autorisation.

10.2.2. Rubrique et régimes relatifs aux installations avec solutions lessivielles

Les installations qui utilisent des solutions lessivielles pour le nettoyage / dégraissage des surfaces relèvent exclusivement de la rubrique 2565. Pour celle-ci, les seuils et régimes sont les suivants :

ICPE : rubrique 2565, détail des différents régimes

| | |
|---|-----------------------------|
| 1/ Lorsqu'il y a mise en œuvre de cadmium | Autorisation |
| 2/ Procédés utilisant des liquides (sans mise en œuvre de cadmium), le volume des cuves de traitement étant : a) supérieur à 1500 litres : ----- b) supérieur à 200 litres mais inférieur ou égal à 1500 litres : ----- | Autorisation Déclaration |
| 3/ Traitement en phase gazeuse ou autres traitements sans mise en œuvre de cadmium | Déclaration |

L'arrêté type fixe notamment des prescriptions en matière de :

- prélèvements et consommation d'eau dont les quantités sont limitées ;
- valeurs limites pour les rejets d'eaux résiduaires dans le milieu naturel ou dans un réseau d'assainissement collectif en matière de pH, température, matières en suspension (MES), demande chimique en oxygène (DCO), flux de polluants (cyanures, métaux totaux, indice hexavalent) ;
- captage et épuration des rejets atmosphériques.

10.2.3. Rubrique et régimes relatifs aux installations avec solvants

Les installations utilisant des liquides organohalogénés (dont le trichloréthylène, le perchloréthylène, le dichlorométhane ...) ou des solvants organiques (solvants classés A3 notamment) relèvent de la rubrique 2564, dont les seuils et régimes sont les suivants :

ICPE : rubrique 2564, détail des différents régimes

| | | |
|---|---|--------------|
| Le volume des cuves de traitement étant : | Supérieur à 1 500 litres : | Autorisation |
| | Supérieur à 200 litres mais inférieur ou égal à 1 500 litres : | Déclaration |
| | Supérieur à 20 litres mais inférieur ou égal à 200 litres, lorsque les produits sont utilisés dans une machine fermée : | Déclaration |

L'arrêté type de la rubrique 2564 reprend les prescriptions de celui de la rubrique 2565 évoquée précédemment auxquelles s'ajoutent des prescriptions concernant :

- la pollution des eaux, avec des valeurs limites de rejet en DBO_5 , en polluants spécifiques (arsenic et ses composés, hydrocarbures totaux, AOX, indice phénols,...), assorties d'obligation de mesures périodiques ;
- la pollution atmosphérique, avec des valeurs limites de rejets en polluants spécifiques dont les composés organiques volatils (COV) et les solvants classés CMR (trichloréthylène, perchloréthylène, dichlorométhane...) ;
- la mise en œuvre d'un schéma de maîtrise des émissions de COV ;
- la récupération et le traitement des émissions d'odeurs.

10.3. Réglementation travail

Cette partie concerne tous les types de dégraissage. Parce qu'elle présente moins de risques graves pour la santé et la sécurité des salariés, l'utilisation des lessives rend sans objet certaines parties de la réglementation travail abordées ici (CMR, incendie, explosion, ...) ce qui n'est pas négligeable.

10.3.1. Introduction

Le code du travail fixe notamment les règles à appliquer pour préserver la santé et la sécurité des travailleurs à travers l'article L 230-2 qui définit les principes généraux de prévention :

- éviter les risques ;
- évaluer les risques qui ne peuvent pas être évités ;
- combattre les risques à la source ;
- adapter le travail à l'homme, en particulier en ce qui concerne la conception des postes de travail ainsi que le choix des équipements de travail et des méthodes de travail et de production, en vue notamment de limiter le travail monotone et le travail cadencé et de réduire les effets de ceux-ci sur la santé ;

e) tenir compte de l'état d'évolution de la technique ;

f) remplacer ce qui est dangereux par ce qui n'est pas dangereux ou par ce qui est moins dangereux ;

g) planifier la prévention en y intégrant, dans un ensemble cohérent, la technique, l'organisation du travail, les conditions de travail, les relations sociales et l'influence des facteurs ambiants, notamment en ce qui concerne les risques liés au harcèlement moral, tel qu'il est défini à l'article L. 122-49 ;

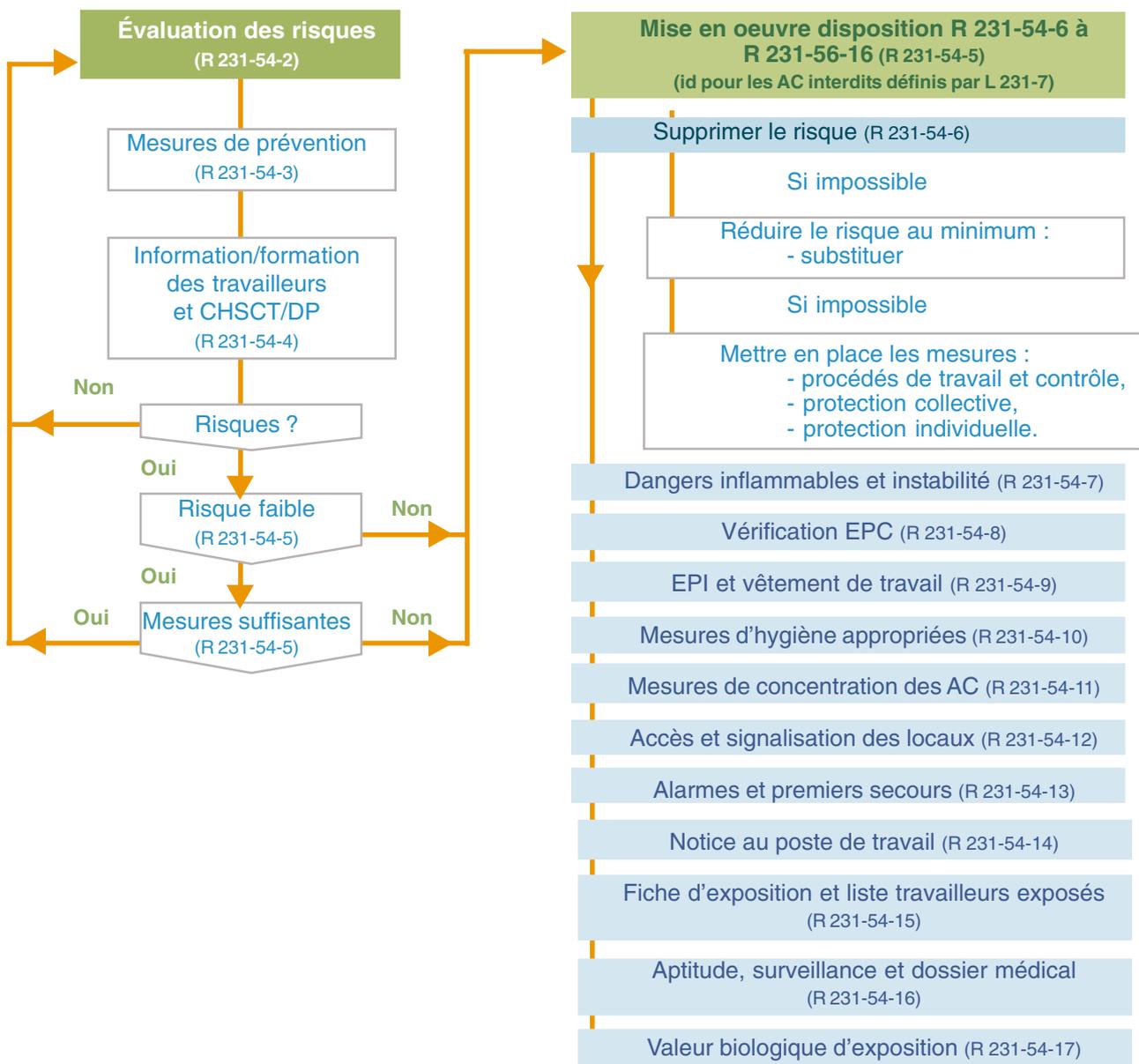
h) prendre des mesures de protection collective en leur donnant la priorité sur les mesures de protection individuelle ;

i) donner les instructions appropriées aux travailleurs.

Ainsi, pour minimiser le risque quel qu'il soit, l'employeur doit d'abord l'évaluer. La réalisation de cette évaluation implique la participation des délégués du personnel et des membres du CHSCT, avec l'aide du personnel. Elle a pour but de mettre en évidence les risques, de toute nature que ce soit, et les moyens à mettre en place pour les éviter ou tout du moins pour en limiter les effets. Les résultats de cette évaluation doivent figurer dans le «document unique d'évaluation des risques» qui nécessite de déboucher sur un plan d'action orienté vers la réduction des risques.

10.3.2. La réglementation relative au risque chimique

Le schéma suivant permet de comprendre le cheminement prévu par la réglementation pour prévenir le risque chimique. On y retrouve l'esprit de l'article L 230-2 qui impose d'évaluer le risque et de chercher à l'éviter, que ce soit par l'élimination du produit chimique dangereux ou par sa substitution par un produit non dangereux ou moins dangereux. Dans le cas où cette élimination ou substitution est techniquement impossible, l'employeur doit mettre en œuvre des mesures contraignantes pour réduire les effets des produits chimiques qu'il utilise.



10.3.3. La réglementation relative au risque CMR

La réglementation concernant les produits chimiques différencie les produits chimiques dits «CMR» (auquel répond en particulier le trichloroéthylène) des autres produits chimiques dangereux. Le terme CMR désigne les produits chimiques cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques. Il s'agit de produits pouvant :

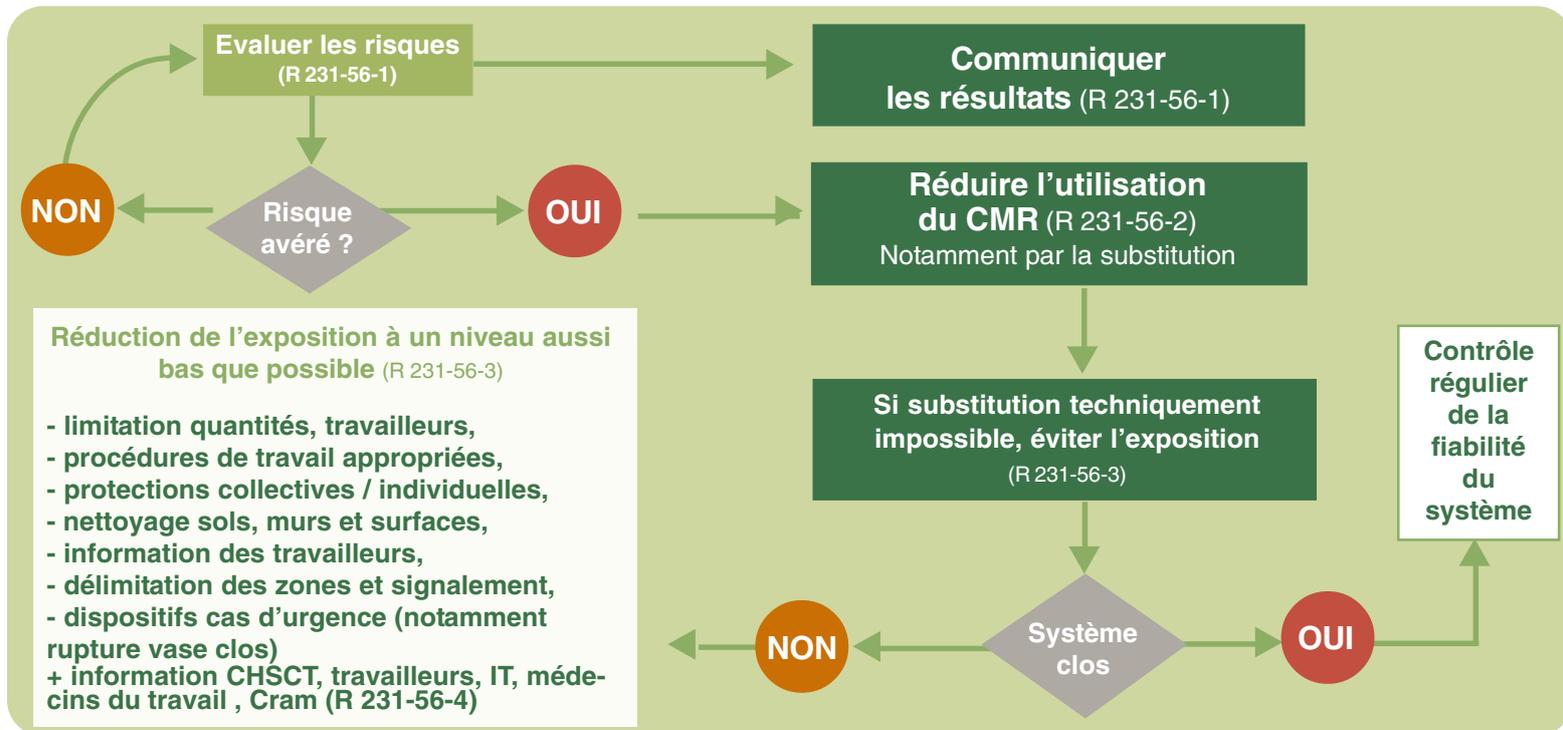
- provoquer l'apparition de cancer ou en augmenter la fréquence (cancérigènes),
- provoquer l'apparition de mutations génétiques (mutagènes),
- altérer la fonction de reproduction ou causer des effets néfastes sur l'embryon ou l'enfant (reprotoxiques).

Selon l'article R 231-56 du code du travail, est considérée comme agent cancérigène, mutagène ou toxique pour la reproduction « toute substance ou toute préparation classée cancérigène, mutagène ou toxique pour la reproduction de catégorie 1 ou 2 ainsi que toute substance, toute préparation ou tout procédé défini comme tel par arrêté des ministres chargés du travail et de l'agriculture ». Il s'agit en l'occurrence des produits classés CMR de catégorie 1 ou 2 c'est à dire portant le symbole toxique (tête de mort) et une ou plusieurs des phrases R 45, R 49, R 46, R 60 et R 61.

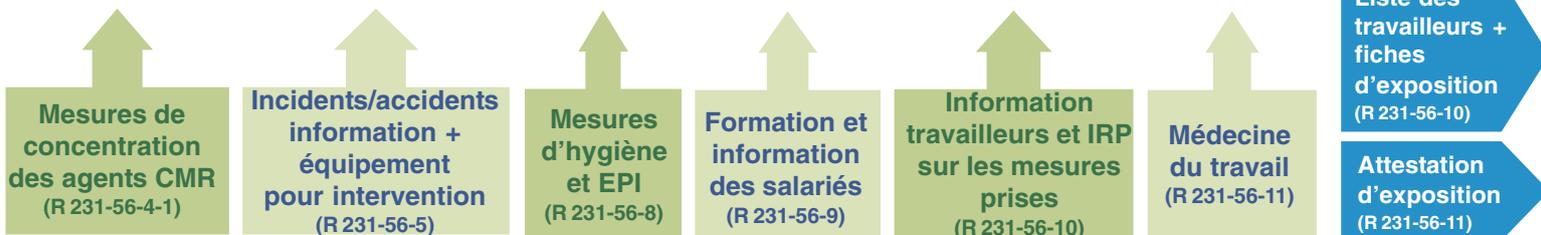
Il convient toutefois d'être circonspect vis à vis des CMR de catégorie 3 (portant le symbole Xn nocif et une ou plusieurs des phrases de risques R40, R68, R62 et R63) dont certains devraient prochainement évoluer vers la catégorie 2 (perchloréthylène, dichlorométhane, ...).

Pour les produits classés CMR, une réglementation spécifique s'applique afin de préserver au mieux la santé des salariés qui peuvent y être exposés. Des interdictions ou des restrictions d'exposition aux produits CMR concernent les femmes enceintes ou allaitantes, les jeunes de moins de 18 ans, les salariés intérimaires ou sous contrat à durée déterminée.

Le schéma suivant précise les prescriptions principales applicables :



Dispositions complémentaires



La recherche de substitution est obligatoire et doit être mentionnée dans le document unique d'évaluation des risques. Dès lors qu'elle est techniquement possible, elle doit être mise en œuvre par l'employeur.

Dans le cas du dégraissage de pièces, le remplacement des produits CMR tels que le trichloréthylène par un procédé lessiviel répond parfaitement à cette obligation de substitution.

Enfin, la substitution des produits CMR permet à l'employeur de :

- s'affranchir de coûts supplémentaires induits par les mesures contraignantes (dont les contrôles annuels du respect des valeurs limites d'exposition, de la surveillance médicale renforcée, ...),
- ne pas engager sa responsabilité en matière d'exposition de ses salariés à des produits CMR (faute inexcusable).

10.3.4. La réglementation relative au risque biologique

L'utilisation de fontaine biologique de dégraissage (faisant appel aux bactéries) peut exposer les salariés à un risque biologique dont la prévention fait l'objet d'une réglementation spécifique (articles R 231-60, R 231-61 et suivants du code du travail).

Cette réglementation place également au premier plan l'évaluation des risques (détermination de la nature, la durée et les conditions d'exposition des travailleurs). Elle va conduire l'employeur à éviter les risques et l'exposition aux risques ou à la réduire (en limitant le nombre de travailleurs exposés, en établissant des processus de travail limitant les risques, en les signalisant, ...).

Pour les risques résiduels, l'employeur devra mettre en place les moyens permettant de réduire leurs effets au niveau le plus bas possible par la mise en place de protections collectives puis individuelles et en préconisant les règles d'hygiène adaptées.

Le dispositif de prévention du risque biologique comprend en outre la formation et l'information des travailleurs ainsi qu'une surveillance médicale renforcée avec tenue d'un dossier médical.

10.3.5. La réglementation relative aux risques liés aux équipements de travail

Comme pour le risque chimique ou biologique, la réglementation du code du travail relative aux risques liés aux équipements de travail comprend la même obligation de préserver la santé et la sécurité des travailleurs (L 233-5, L 233-5-1 et R 233-1 et suivants).

Ainsi, les équipements de travail doivent être conçus, installés, utilisés et entretenus de manière à remplir cette obligation de sécurité, que ce soit pendant les phases de travail «normal» ou pendant les phases d'intervention pour les opérations de réglage, nettoyage ou maintenance.

Lors de l'achat d'un nouvel équipement, l'industriel devra :

- établir un cahier des charges précis sur les objectifs à atteindre (voir chapitre 2) dans le respect de la réglementation en vigueur notamment en matière de prévention des risques pour la santé et pour l'environnement,
- prévoir la réception de l'équipement par un organisme compétent qui devra s'assurer de sa conformité à la réglementation applicable.

Enfin pendant l'exploitation de l'équipement, il devra informer et former les travailleurs aux risques et établir des notices pour l'utilisation de ces équipements sans risques. Il devra également veiller à leur maintien en état de conformité.

En général, les équipements de dégraissage lessiviel sont plus simples de conception que les équipements travaillant avec solvants qui nécessitent le contrôle de nombreux paramètres dont la mise sous vide, une parfaite étanchéité, ... Ils sont donc plus fiables et nécessitent moins d'entretien.

10.3.6. Autres réglementations

En dehors de ces règles particulières concernant l'utilisation des produits chimiques, au moyen ou non de machines, l'employeur devra se préoccuper des autres réglementations à respecter :

- réglementation incendie sur le lieu de travail (R232-12 et suivants) : évacuation, matériels de lutte contre l'incendie, formation du personnel, ...
- réglementation **ATEX** pour le risque explosion relatif aux locaux et équipements de travail (R232-12 et suivants) : évaluation des risques, zonage, signalisation, conformité des matériels,...
- réglementation concernant l'aération et l'assainissement des locaux de travail (R232-5 et suivants) : concentration en polluant spécifique, dispositif de protection collective, qualité des systèmes de filtration, vérification périodique des installations (arrêté du 8 octobre 1987), ...
- réglementation concernant la manutention des charges (R231-66 et suivants) : port limité, utilisation d'aide à la manutention, ...

Toutes les réglementations incluent un volet relatif à la formation et l'information des salariés en réponse à l'un des principes généraux de prévention.

Enfin, si la manipulation, le stockage et l'élimination des produits chimiques sont visés par le code du travail et le code de l'environnement, leur transport répond, lui, à la réglementation transport appelée ADR (agrément pour le transport des matières dangereuses par route).

10.4 Commentaires

Le tableau suivant permet de comparer les réglementations applicables aux principaux procédés de dégraissage

| RISQUES | Procédés avec solvants chlorés | Procédés avec solvants inflammables | Procédés biologiques | Procédés avec produits lessiviels |
|---------------------------------|---|-------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| Risque chimique | toxique | Inflammable, nocif | sensibilisant | irritant |
| Risque CMR | X | | | |
| Risque biologique | | | X | |
| Incendie | | X | | |
| Explosion ATEX | (X) | X | | |
| Equipement de travail | X | X | X | X |
| Manutention | X | X | X | X |
| Rubrique installation classée | ICPE 2564 | ICPE 2564 | | ICPE 2565 |
| Rejets gazeux | 2mg/m ³ 20mg/m ³ | 110mg/m ³ | | |
| Traitement des effluents aqueux | | | X | X |

Ce tableau met en évidence que l'utilisation de procédés lessiviels et biologiques pour le dégraissage présente au final beaucoup moins de risques pour l'homme ou pour l'environnement que les autres procédés.

Les procédés biologiques, outre le fait qu'ils introduisent un risque supplémentaire (risque biologique), ne sont applicables que dans quelques cas particuliers.

Par contre, les procédés lessiviels sont applicables dans la très grande majorité des cas industriels. De plus, ils présentent moins de contraintes réglementaires en offrant les avantages suivants :

- éliminer les produits cancérogènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction (**CMR**),
- éliminer les risques d'incendie / explosion inhérents à l'utilisation de produits inflammables,
- remplacer des produits dangereux par des produits qui le sont moins pour la santé et la sécurité des travailleurs,
- diminuer voire éliminer les rejets en composés organiques volatils (**COV**),
- maintenir une qualité de dégraissage compatible avec les besoins du client, voire l'améliorer,
- diminuer généralement les coûts liés aux opérations de dégraissage (achat produit, maintenance des installations, simplification des flux, surveillance médicale des salariés, contrôle des ambiances de travail et des rejets atmosphériques, ...),
- améliorer l'image de marque de l'entreprise.



chapitre 11

exemples



Action hydro dégraissage

Cette partie relative aux exemples comprend un certain nombre de dossiers techniques illustrant la mise en œuvre de solutions lessivielles dans différents secteurs d'activité.

Elle a pour but de montrer au lecteur :

- que ces solutions existent,
- comment l'industriel a procédé pour la démarche de substitution,
- comment la substitution a été mise en place,
- quels en sont les avantages et les limites.

Des témoignages vidéo complètent ces dossiers techniques et sont accessibles sur le DVD joint à ce guide.

Dossier technique n° 1

Entreprise : Bd

Effectif de l'entreprise : 120 personnes

Activité : polissage des bracelets de montres et prothèses de hanches et de genoux,

Type de pièces : boîtiers et bracelets de montres, prothèses,

Matériaux : acier inoxydable, alliage titane, laiton, zamak,...

Salissures : pâtes à polir, vernis et poussières métalliques.

Descriptif des opérations antérieures

Opérations de nettoyage / dégraissage : trempage en phase vapeur dans des bains de solvant en machine ouverte.

Consommations : trichloréthylène 4000 kg

Descriptif des opérations actuelles

Nettoyage / dégraissage en machine lessivielle multicuve.

Utilisation de 2 lessives (une lessive pour les pièces en inox et titane, une autre lessive pour les pièces en laiton).

Les bains sont changés tous les jours et les effluents sont rejetés dans le réseau.

Démarche de substitution

1^{ère} étape : mise en place de la machine et de la première lessive pour les pièces en inox et titane.

2^e étape : choix et mise en place d'une autre lessive pour les pièces en laiton. Contrainte particulière : la lessive doit en outre permettre l'élimination du vernis protecteur utilisé pour obtenir les aspects mats / brillants sur une même pièce.

A nécessité une organisation de la production pour séparer les différences de matériaux.

Durée pour finaliser le procédé : 2 années

Partenaires : médecin du travail, Cram, opérateurs, fournisseurs d'huile, de lessive, de vernis et de machines,

Conclusions

La démarche entreprise a :

- supprimé tous les solvants chlorés,
- changé de vernis de protection pour qu'il soit éliminé sans trichloréthylène

Ceci a conduit en plus à :

- améliorer la qualité du nettoyage

Dossier technique n° 2

Entreprise : SC

Effectif de l'entreprise : 390 personnes

Activité : fabricant de valves pour l'automobile et l'aéronautique,

Type de pièces : valves et tubulures,

Matériaux : aluminium, laiton, acier, inox,

Aspect : pièces complexes, creuses, taraudées, filetées, trous borgnes à forte rétention d'huile, certaines frappées à chaud,

Salissures : huile entière ou émulsion, copeaux, poussières, calamine,...

Descriptif des opérations antérieures

Opération de dégraissage : en vrac en panier dans une machine à trichloréthylène.

Critères de propreté : test de collage pour le caoutchouc.
tolérance zéro pour les poussières.

Consommations : 18 tonnes/an de trichloréthylène.

Descriptif des opérations actuelles

Séparation des lignes de nettoyage/ dégraissage selon les matériaux.

Machine lessivelle par aspersion pour les pièces en laiton graissées à l'huile entière (15 l huile / jour) :

- Séchage à air chaud + air pulsé,
- Equipée d'un déshuilage à coalescence.

Bains lessiviels changés tous les 15 jours

Température : 40 ° C

Temps de dégraissage : 3 à 7 minutes.

Temps de rinçage : 2 minutes.

Démarche de substitution

Réorganisation de la production basée sur la séparation des types de matière, réimplantation des machines.
Décision de la direction en faveur de solutions lessivielles.

Vaincre la résistance interne au changement.

Durée pour finaliser le procédé : 9 mois

Partenaires : Cram, CHSCT, médecin du travail, fournisseurs de lessive et de machines.

Conclusions

La démarche entreprise a permis de :

- respecter les directives COV,
- respecter le décret CMR,
- simplifier les flux de produits
- réduire les coûts de maintenance des équipements.

Ceci a conduit à :

- investir dans des machines lessivielles,
- augmenter la charge de la station de traitement des effluents aqueux.

Dossier technique n° 3

Entreprise : RL

Effectif de l'entreprise : 100 personnes

Activité : fabricant de maillons de chaînes à partir de fil par pliage/ torsion / brasage/ polissage.

Type de pièces : chaînes de bijouterie constituées de maillons.

Matériaux : or ou argent.

Salissures : huile entière provenant de l'usinage et poussières métalliques.

Production : 6000 m chaîne / jour - diamètre du fil : 0,02 à 3,5 mm.

Descriptif des opérations antérieures

Opérations de dégraissage : (voir schéma) 3 dégraissages au solvant halogéné.

Trempe en phase vapeur dans des bains de solvant en machine ouverte.

Consommations : trichloréthylène : 8 000 kg par an, perchloréthylène 1500 kg par an.

Descriptif des opérations actuelles

Dégraissage intermédiaire supprimé grâce à la mise en place d'huile évanescente.

Séchage par vapeur de trichloréthylène supprimé car considéré comme inutile en analysant le procédé.

Dégraissage final au perchloréthylène substitué par une machine lessivielle.

Avant

Fabrication de la chaîne,
Dégraissage au trichloréthylène,
Trempe dans la brasure en poudre avant passage dans le four tunnel,
Facettage sur tour par enlèvement de matière,
Séchage par vapeur de trichloréthylène,
Polissage mécanique (sans pâte à polir),
Dégraissage lessiviel,
Assemblage,
Polissage manuel (avec pâte à polir),
Dégraissage lessive + perchloréthylène,

Après

Fabrication de la chaîne,
Suppression du dégraissage,
Trempe dans la brasure en poudre avant passage dans le four tunnel,
Facettage sur tour par enlèvement de matière,
Séchage par air chaud,
Polissage mécanique (sans pâte à polir),
Dégraissage lessiviel,
Assemblage,
Polissage manuel (avec pâte à polir),
Dégraissage lessive,

Démarche de substitution

Après contact avec le fournisseur d'huile : substitution d'une huile entière par une huile évanescente.
Modification du procédé de brasure : changement du conditionnement des chaînes.

Substitution du séchage à la vapeur de trichloréthylène par un séchage thermique à l'air chaud.

Dégraissage ultime pour enlever les salissures de polissage et livrer le produit final au client : investissement dans une nouvelle machine lessivielle, et optimisation des conditions de lessivage et de rinçage pour éliminer les traces.

Durée pour finaliser le procédé : 2 années

Partenaires : médecin du travail, Cram, opérateurs, fournisseurs d'huile, de lessive et de machines

Conclusions

La démarche entreprise a :

- remis en cause l'intégralité du procédé de fabrication,
- impliqué les fournisseurs de lubrifiant et de lessive,
- engagé une réflexion sur la pertinence de l'opération de séchage au trichloréthylène,

Ceci a conduit à :

- la substitution d'huile d'usinage,
- la suppression d'une opération de dégraissage,
- la modification de l'organisation de la production,
- le remplacement des solvants halogénés par des lessives.

Dossier technique n° 4

Entreprise : NI

Effectif de l'entreprise : 120 personnes

Activité : fabricant de remorques poids lourds et matériel agricole d'élagage

Type de pièces : matériel d'élagage

Matériaux : acier

Poids : 10 à 80 kg ; pièces mécanosoudées en provenance de la sous-traitance

Salissures : graisse et huile d'usinage ou de protection, copeaux, poussières ...de nature inconnue

Descriptif des opérations antérieures

Opérations de nettoyage / dégraissage avant peinture : solvant / diluant de peinture à base de xylène et toluène

Nettoyage au pinceau, au chiffon ou par trempage dans un bain ouvert à température ambiante sans dispositif de ventilation

Consommations : 1200 kg/an de solvant

Descriptif des opérations actuelles

Machine de lessivage à jets sous pression avec table tournante marque : MECANOLAV

Produits utilisés : dégraissant : 3 % POLIPHAT 6501

Phosphatant : 0,8 % ADD CLEANER503

Eau de ville

3,8 < pH < 4,5

Température : 55 à 65 °C

Temps de dégraissage : 3 à 7 minutes

Temps de rinçage : 2 minutes

Séchage à l'air ambiant

Démarche de substitution

A l'occasion de la modernisation des équipements de peinture, l'entreprise a cherché l'intégration du dégraissage des pièces dans le nouvel équipement.

Durée pour finaliser le procédé : 2 années

Partenaires : Cram, fournisseur d'équipement de peinture, CHSCT, médecin du travail, opérateurs (peintres), fournisseurs de lessive et de machines.

Conclusions

La démarche entreprise a conduit à :

- reconsidérer l'ensemble de la chaîne de production
- maîtriser plusieurs domaines de risques :
 - éliminer le risque incendie,
 - supprimer les émanations de solvant dans l'atelier de travail,
 - supprimer les manutentions manuelles par intégration du nouveau procédé,
 - supprimer les rejets atmosphériques et les retraitements de solvants usagés,
 - supprimer la consommation de solvant de peinture utilisé comme dégraissant.

De plus, ceci a conduit à :

- améliorer la qualité d'accrochage de la peinture par l'emploi d'un phosphatant.

Dossier technique n° 5

Entreprise : SO

Effectif de l'entreprise : 185 personnes

Activité : Emboutissage – Découpage – Mécanique de précision.

Type de pièces (en dégraissage) : supports de balais d'essuie-glace, pièces de colonne de direction (corps, renfort, axe de guidage), pour équipementiers automobiles de rang 1.

Matériaux : acier.

Aspect : pièces de forme parfois complexe avec trous borgnes.

Salissures : huiles émulsionnables (sans chlore), copeaux.

Production : plusieurs dizaines de milliers de pièces par jour.

Descriptif des opérations antérieures

Opération de dégraissage auparavant sous-traitée localement, majoritairement réalisée avec du trichloréthylène. Il n'y a jamais eu de dégraissage au trichloréthylène dans l'entreprise. Décision de rapatrier en interne le dégraissage pour des questions de coût et de réactivité.

Descriptif des opérations actuelles

Dégraissage par procédé lessiviel en installation tunnel avec aspersion (temps de passage : 20 min) :

- En sortie de presses, les pièces sont mises en paniers métalliques 800 x 600 x 450 (en vrac ou rangées unitairement, selon leur forme et leur taille).
- Dépose mécanisée des paniers sur tapis convoyeur avançant en continu.
- Passage dans zone de lavage : avec buses d'aspersion supérieures, inférieures et latérales (pression 2 à 3 bars), avec solution lessivielle chauffée à 60°C, récupération des effluents en continu dans bain de 1300 litres (sous le tapis). La solution lessivielle contient un agent passivant, un agent anti-mousse, un produit biocide et un additif désémulsifiant facilitant le relargage des huiles.
- Passage dans zone de rinçage : avec buses d'aspersion et eau à température ambiante, bain de récupération de 700 litres (sous le tapis) et solution contenant un produit de protection anti-corrosion.
- Passage en zone de séchage : par soufflage air chaud à 110°C environ (chauffage électrique), et avec condenseur.
- Convoyeur à rouleaux en sortie, pour refroidissement des pièces.
- Contrôle des pièces : visuel et au doigt (pas de test exigé par les clients).
- Reprise mécanisée des paniers et stockage pour expédition clients.

Installation conçue et implantée par Technofirma (Auxerre). Coût = 70 k€. Mise au point réalisée en un mois. En fonctionnement sur ce site depuis un an, sans aucun retour clients. Déjà implantée en 4 exemplaires sur autre site du groupe depuis 7 ans.

Bain de solution lessivielle avec déshuileur.

Installation facile à piloter, avec un contrôle journalier de la concentration en lessive et ajouts ponctuels d'eau pour palier l'évaporation. Les bains sont totalement changés tous les 3 mois et récupérés par une société de traitement de déchets (pas de station de traitement sur place).

Tous les produits utilisés (lessive passivante, agent anti-mousse, produit biocide, additif désémulsifiant) sont classés irritants ou corrosifs ou ne sont pas classés comme produits dangereux. Ils sont tous fournis par Henkel Surface Technologies.

Démarche de substitution

Il n'y a pas eu de substitution à proprement parler, puisqu'auparavant l'établissement sous-traitait l'opération. Mais une volonté de ne pas introduire dans l'établissement de dégraissage par solvants chlorés ou inflammables. L'établissement a bénéficié de l'expérience acquise sur un autre site, où sont en place depuis plusieurs années 4 installations tunnel du même type.

Conclusions

Au final, coût de dégraissage moins cher avec ce procédé lessiviel par rapport à la sous-traitance car :

- plus grande réactivité (dégraissage possible immédiatement),
- pas de transports,
- moins de risques pour la santé du personnel et pour l'environnement,
- moins coûteux en suivi médical,
- faibles coûts de maintenance de l'installation tunnel.

Dossier technique n° 6

Entreprise : OP

Effectif de l'entreprise : 15 personnes.

Activité : Polissage de pièces d'horlogerie / bijouterie.

Type de pièces : fermoirs de sacs à main, lunettes de fond de boîtier de montre, boucles de ceinture.

Matériaux : acier, laiton.

Clients : Hermès, Richemond (groupe Cartier), Faivre Perret (groupe Swatch), Chopard.

Salissures : pâte à polir.

Descriptif des opérations antérieures

Nettoyage des pièces par trempage manuel et égouttage dans une machine à cuve ouverte avec trichloréthylène, équipée d'un serpentin de condensation des vapeurs, et dernièrement d'une hotte d'aspiration des vapeurs résiduelles

Consommations : 300 à 400 litres de trichloréthylène / mois (environ 900 € / mois).

Descriptif des opérations actuelles

Machine UNICAN, rachetée 40 k€ à une entreprise de traitement de surface, équipée de 4 cuves de 150 litres chacun et d'une cuve de séchage à air chaud, avec un bras automatisé transportant les paniers de cuve en cuve. Mouvement oscillant des paniers dans les cuves. Gestion automatique des appoints d'eau, avec retour en cascade inverse. Convoyeur d'entrée et de sortie des paniers.

Opération de nettoyage des pièces, au maximum 2 heures après polissage (sinon durcissement de la pâte à polir et difficulté à nettoyer).

Cycle de 25 minutes :

- Trempage dans cuve de nettoyage : lessive + ultra-sons (à 60°C)
 - 1^{er} rinçage en eau industrielle + égouttage
 - 2^e rinçage dans bain avec régénération continue du film d'eau supérieur du bain
 - 3^e rinçage en eau déminéralisée (à 40°C), avec contrôle de la qualité du bain
- § séchage par air chaud (6 minutes à 50 – 60°C selon la matière).

Un second cycle est parfois nécessaire si présence de pâte à polir incrustée dans des zones en creux.

Le cycle est plus long qu'avec la machine au trichloréthylène, mais pas gênant car la machine fonctionne automatiquement (il suffit de poser les paniers de pièces à l'entrée). En trichlo, il fallait attendre d'avoir plusieurs paniers pour nettoyer les pièces.

Lessive : MC Clean N5 de Cleaning Technology (3 à 5 % dans bain), classée Xi et R36/37/38. Ajout de 3 litres par semaine. Rejets à l'égout.

Contrôle qualité : uniquement visuel (taches, brillance, aspect). Retouches possibles au coton-tige avec vinaigre blanc. Depuis 6 mois d'utilisation, aucun retour client.

Démarche de substitution

Engagée suite aux demandes répétées du médecin du travail, de la Cram et de l'inspection du travail.

Taux élevés de trichloréthylène dans les urines des salariés exposés.

Maux de tête des personnes exposées au trichloréthylène (pourtant seulement exposées pendant le trempage et l'égouttage), dont le chef d'entreprise.

Fortes odeurs et remarques négatives des clients (suisse en majorité, la Suisse ayant interdit l'utilisation du trichloréthylène).

Machines similaires (procédé lessiviel) vues chez confrères locaux.

Durée pour finaliser le procédé : 1 mois après livraison de la machine.

Partenaires : Cram (contrat de prévention).

Conclusions

Le chef d'entreprise a profité du déménagement de son activité dans de nouveaux locaux pour investir dans ce nouvel équipement.

Il n'y a plus d'exposition au trichloréthylène, et donc ni maux de tête des salariés et du chef d'entreprise, ni odeurs dans l'atelier.

Beaucoup moins de risque pour la santé des salariés.



chapitre 12

conclusion

Action hydro dégraissage



Les procédés de dégraissage par solvants chlorés ou inflammables sont formellement démontrés comme dangereux en raison de leur toxicité pour l'homme, pour l'environnement et / ou des risques d'incendie / explosion qu'ils peuvent générer. Comme on peut s'attendre à court terme à de nouveaux durcissements des réglementations relatives aux procédés par solvant, des procédés de substitution doivent être étudiés dès aujourd'hui.

De nombreux témoignages d'industriels ayant déjà réussi cette substitution mettent en avant les avantages des procédés lessiviels pour dégraisser ou nettoyer des pièces :

- éliminer les produits cancérogènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction (CMR),
- éliminer les risques d'incendie / explosion inhérents à l'utilisation de produits inflammables,
- remplacer des produits dangereux par des produits qui le sont moins pour la santé et la sécurité des travailleurs,
- diminuer voire éliminer les rejets en composés organiques volatils (COV),
- maintenir une qualité de dégraissage compatible avec les besoins du client, voire l'améliorer,
- diminuer généralement les coûts liés aux opérations de dégraissage (achat produit, maintenance des installations, simplification des flux, surveillance médicale des salariés, contrôle des ambiances de travail et des rejets atmosphériques, ...),
- améliorer l'image de marque de l'entreprise.

Ainsi, un industriel souhaitant mettre en place un procédé de dégraissage de pièces doit en priorité se tourner vers les procédés lessiviels.

De même, un industriel réalisant déjà des opérations de dégraissage par solvants halogénés ou inflammables doit étudier leur remplacement par un procédé lessiviel plus respectueux de la santé humaine, de la sécurité et de l'environnement.

Ce guide contient les informations nécessaires pour mener à bien la mise en place de solutions lessivielles de manière maîtrisée. Le comité de rédaction se tient à la disposition des utilisateurs en cas de besoin et sollicite également leur retour d'expérience afin d'enrichir ce guide qui se veut évolutif.



annexes



Action hydro dégraissage



Méthodes de contrôle de la propreté des surfaces

Test visuel

Il peut s'agir d'une simple observation à l'œil nu de l'état de propreté des surfaces. Ce test peut être amélioré en utilisant des lumières artificielles plus ou moins rasantes, l'utilisation de loupes ou de binoculaires.

Test au chiffon blanc

Ce test consiste à passer un chiffon ou un gant blanc sur la surface à contrôler afin de vérifier la présence de pollution (traces à la surface du chiffon). C'est un test rapide de contrôle pour des pièces ne nécessitant pas un nettoyage très poussé.

Test de rupture du film d'eau

Ce test consiste à immerger la pièce nettoyée dans de l'eau (éventuellement additionnée d'un colorant) afin de mettre en évidence la manière dont ce film s'étale sur la pièce et la manière dont il s'en retire (rupture). Tout manque à l'étalement ou reste à l'écoulement indique un point d'accroche caractéristique d'un défaut de nettoyage.

Le film d'eau peut être obtenu par immersion totale de la pièce ou par pulvérisation d'eau sur celle-ci.

L'utilisation d'eau dure ou colorée permet de mieux mettre en évidence ces points d'accroche.

Ce test est particulièrement adapté au contrôle sur pièces planes.

Test de fluorescence

Certaines salissures organiques possèdent une fluorescence naturelle (huiles minérales ou animales), d'autres salissures peuvent acquérir cette fluorescence par marquage à l'aide d'une substance fluorescente. L'éclairage des surfaces par une lumière ultraviolette dont la longueur d'onde est comprise entre 250 et 370 nm permet de révéler la présence de ces salissures.

Test par micropesée

L'efficacité du nettoyage est déterminée par la différence de poids entre la pièce sèche, sans contaminant, et la même pièce contaminée que l'on pèse puis que l'on nettoie et sèche puis pèse à nouveau. On détermine alors un taux de pollution en mg/m² (les mesures de poids doivent être effectuées à 0,01 mg près).

C'est une technique surtout répandue lors de la mise au point des produits et protocoles de nettoyage.

Spectrométrie infra rouge

À la fin de l'opération de nettoyage, les pièces sont rincées à l'aide d'un solvant pour récupérer les salissures résiduelles qui seront analysées par spectrométrie IR.

Le spectre IR de la pollution permet de déterminer la nature de cette pollution, voire de préciser de manière semi quantitative le taux de pollution. Des pollutions de l'ordre de 10⁻⁷ g/m² sont détectables et mesurables.

Tests de performance

Un bon moyen de vérifier si l'opération de nettoyage a donné les résultats de propreté escomptés consiste à contrôler la capacité à réaliser de façon satisfaisante l'opération qui suit dans le process.

Ceci est particulièrement valable lorsqu'une opération de collage, de dépôt métallique ou de revêtement de peinture est ensuite à réaliser car toute contamination présente sur la surface peut entraîner des refus d'adhésion du film de colle, du dépôt métallique ou de la peinture.

Évaluation de la mouillabilité

Différentes méthodes permettent d'évaluer la mouillabilité des surfaces :

- mesure de la tension superficielle (test de goutte, arrachement d'un anneau)
- mesure de l'angle de contact

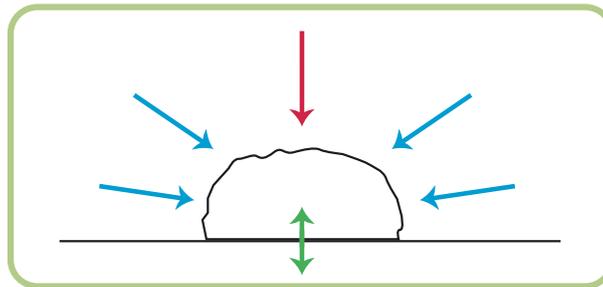
Elles sont peu utilisées en industrie excepté lors de la mise en place du processus de nettoyage ou pour des niveaux de propreté.

Évaluation de la réactivité des surfaces vis à vis d'un milieu (Test au sulfate de cuivre)

La pièce métallique nettoyée est plongée dans une solution de sulfate de cuivre ; un dépôt de cuivre s'effectue sur la pièce par déplacement. La réactivité est appréciée en fonction de l'aspect, de la répartition et de l'adhérence du dépôt de cuivre. Cette méthode est réservée aux pièces contenant du fer.

Si on observe une salissure liquide sur une surface solide, elle est soumise à trois interactions :

- la tension superficielle qui tend à la rassembler sur elle-même,
- son poids qui a tendance à l'aplatir,
- les interactions chimiques entre la salissure et la surface du solide.

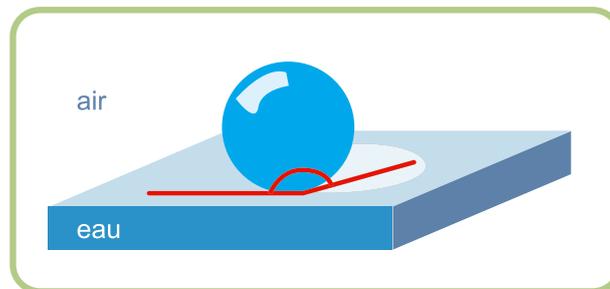


Pour la décrocher de la surface, il faudra donc s'opposer à ces interactions : c'est le pouvoir mouillant qui le permet.

1- Pouvoir mouillant

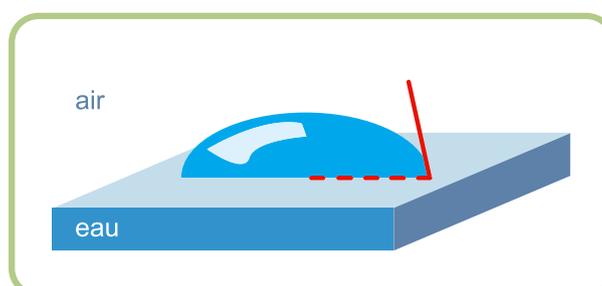
En l'absence de tensio-actif, les solutions aqueuses ont tendance à former des gouttelettes à la surface des supports car elles n'arrivent pas à mouiller la surface en raison des tensions superficielles qui s'opposent à leur étalement.

Mauvaise mouillabilité, tension de surface élevée, angle de contact élevé.



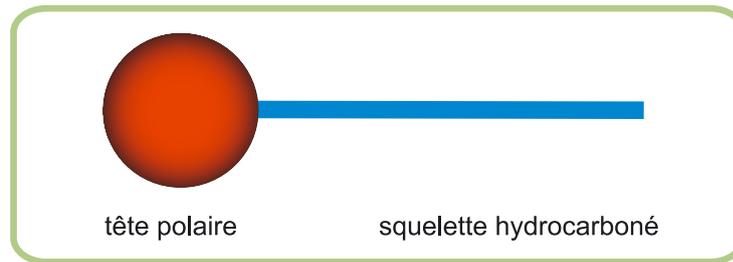
Pour permettre à la solution aqueuse de bien mouiller le support, et ainsi d'éliminer les souillures qui y sont accrochées, il faut obtenir une meilleure mouillabilité.

Bonne mouillabilité, tension de surface faible, angle de contact faible.



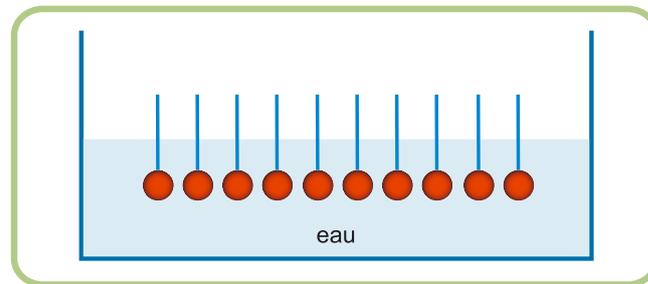
Cette meilleure mouillabilité est obtenue par l'utilisation de tensioactifs dont la structure particulière permet d'abaisser les tensions superficielles.

Les tensioactifs présentent des têtes plus ou moins polaires et un squelette hydrocarboné apolaire.



La tête polaire a une affinité plus marquée pour les milieux aqueux et une répulsion pour les salissures grasses ou organiques : on dit qu'elle est hydrophile et lipophobe. Le squelette hydrocarboné, plus marqué, pour les salissures grasses (ou molécules organiques) et une répulsion pour les milieux aqueux : on dit qu'il est lipophile et hydrophobe.

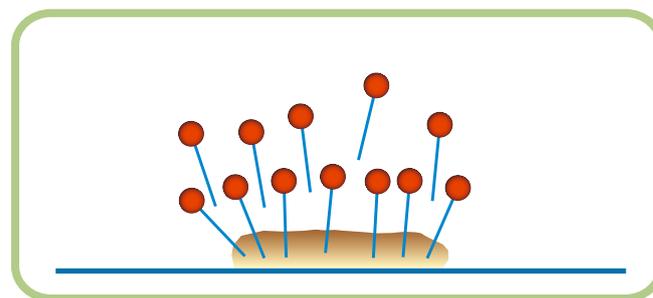
Leur mise en solution dans l'eau donnera donc l'orientation suivante :



2 - Mécanisme de décollement de la salissure

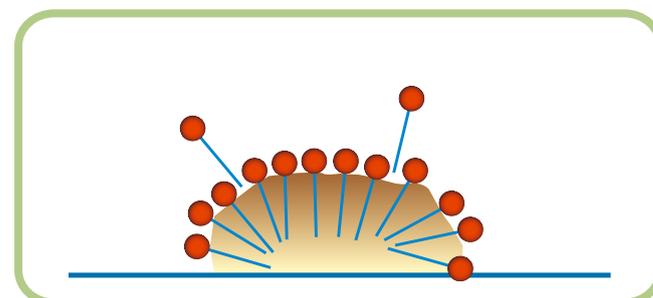
En présence d'une **salissure organique ou huileuse**, le tensioactif orientera sa tête hydrophile vers la solution aqueuse, à l'opposé de la salissure grasse, et la partie hydrophobe mais lipophile vers l'intérieur de la salissure grasse.

Les chaînes lipophiles des tensioactifs sont attirées par la salissure grasse et la pénètrent.



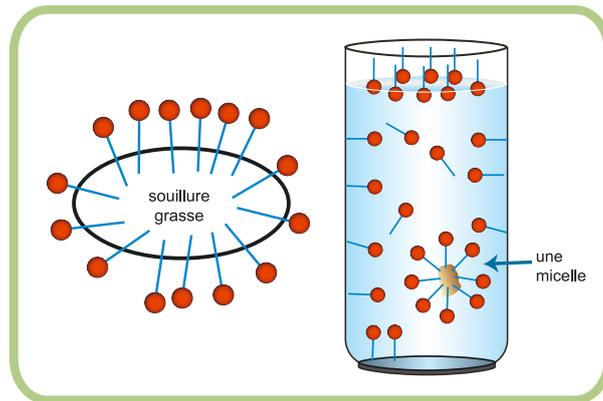
Le tensioactif ayant une affinité marquée pour la salissure, il s'adsorbera sur toute la surface disponible. Ce faisant, il va s'adsorber à l'interface salissure-surface, de plus en plus,

Les tensioactifs obligent la salissure à se décoller de la surface.



3 - Pouvoir émulsionnant

Les molécules de tensioactif pénètrent la salissure ce qui provoque son décollement. Comme les squelettes carbonés ont une très forte affinité pour la partie grasse, il se formera des entités salissures grasses-molécules de tensioactif qui présentent des têtes polaires sur toute la surface externe.



Le tensioactif ayant une très forte affinité pour les surfaces grasses, il va chercher à fractionner les molécules de graisse pour disposer d'un maximum de surface. Les particules grasses se trouveront dispersées : elles sont émulsionnées.

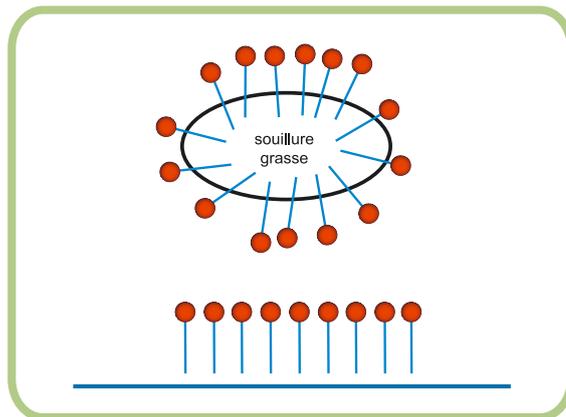
4 - Pouvoir dispersant

Les tensioactifs s'absorbent de la même manière sur les salissures minérales ; seuls changeront la nature du squelette carboné et de la tête polaire. Mais le mécanisme conduisant à la dispersion (pour les salissures minérales) est analogue à celui de l'émulsion (pour les salissures grasses).

5 - Pouvoir anti-redéposition

Ces têtes polaires étant plus ou moins chargées, l'entité salissure-tensioactif (salissure grasse ou minérale) acquiert une charge globale non négligeable.

Par ailleurs, les surfaces débarrassées sont elles aussi porteuses de ces molécules de tensioactif orientées de la même manière : tête à l'intérieur de la solution, squelette carboné le plus éloigné de l'eau, c'est à dire contre la surface.



Surfaces et entités portent alors des charges de même signe : elles se repoussent donc en s'opposant d'une part au rapprochement des surfaces et des entités, d'autre part au rapprochement des entités entre elles. Ainsi se décrit le pouvoir anti-redéposition.

6 - Pouvoir moussant

Il participe à l'efficacité du nettoyage par 2 actions concomitantes :

- par **action mécanique** : le « claquage » des bulles d'air au contact des surfaces facilite le décollement des salissures.
- par **augmentation du temps de contact** : la mousse peut « tenir » jusqu'à 15 minutes, même sur des surfaces verticales, ce qui laisse un temps d'action suffisant pour la solution de nettoyage.

Les agents biologiques au sens réglementaire

Art. R.231-61 du Code du Travail

"les micro-organismes, y compris les micro-organismes génétiquement modifiés, les cultures cellulaires et les endoparasites humains susceptibles de provoquer une infection, une allergie ou une intoxication".

un micro-organisme est "une entité microbiologique, cellulaire ou non, capable de se reproduire ou de transférer du matériel génétique".

Groupes de risque infectieux

Art. R.231-61-1 du Code du Travail

| | groupe 1 | groupe 2 | groupe 3 | groupe 4 |
|---|----------|---|--|-------------------|
| susceptible de provoquer une maladie chez l'homme | non | oui | grave | grave |
| constitue un danger pour les travailleurs | - | oui | sérieux | sérieux |
| propagation dans la collectivité | - | peu probable | possible | élevée |
| existence d'une prophylaxie ou d'un traitement efficace | - | oui | oui | non |
| exemple d'agents biologiques | - | <i>chlamydia psittaci</i> , rougeole | <i>brucella</i> , <i>hantavirus</i> , dengue | ebola, variole |

Liste des agents biologiques

Arrêté du 18 juillet 1994 modifié

| | |
|--------------------------|---|
| Adhérence | État pour une chose, d'adhérer à une autre |
| Alcalin | Basique |
| Amphotère | Se dit d'une substance qui peut avoir un caractère tantôt positif, tantôt négatif en fonction du pH |
| Amphiphile | Se dit d'une molécule qui présente à la fois une partie hydrophile et une partie hydrophobe |
| Anionique | Qui concerne les anions (ion chargé négativement), les phénomènes qui se passent à l'anode |
| Antimousse | Substance empêchant ou minimisant la formation de mousse |
| AOX | Composés organiques halogénés absorbables |
| ATEX | Relatif aux AT mosphères EX plosives |
| Azurants optiques | Agents renforçant l'impression de blancheur |
| Bain | Terme désignant le contenu (solution de nettoyage) et parfois par abus de langage le contenant (cuve) |
| Biocide | Toute substance ou mélange qui tue ou empêche le développement de micro-organismes |
| Biodégradation | Décomposition d'un produit par des organismes vivants |
| Biostatique | Substance ou mélange qui limite la prolifération des microorganismes |
| Brasage | Assemblage de pièces métalliques par apport de métal fondu |
| Cationique | Qui concerne les cations (ion chargé positivement), les phénomènes qui se passent à la cathode |
| Cémentation | Traitement thermochimique permettant la diffusion de carbone dans la couche superficielle d'un acier pour lui donner des qualités de trempabilité |
| Charge | Polarité d'un élément (positif ou négatif) |
| CMR | Abréviation utilisée pour les agents cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques |
| Coagulation | Phénomène conduisant à l'agglomération de particules par modification des charges de surface |
| Coalescence | Action par laquelle les goutelettes d'une émulsion se rassemblent en particule plus volumineuse |
| Cohésion | Phénomène par lequel des éléments disparates sont rendus solidaires entre eux |
| Complexant | Composé favorisant le piégeage d'éléments indésirables sous une formation stable |
| COV | Composé organique volatil |
| DBO₅ | Demande biochimique en oxygène sur 5 jours |
| Décapage | Opération permettant d'éliminer le ou les revêtements d'une pièce (couche d'oxyde, vieilles peintures d'un support) |

| | |
|--------------------------------|--|
| Dégraissage | Opération destinée à éliminer l'ensemble des souillures de type organique d'une surface |
| Déminéralisée | Débarrassée de ses sels minéraux |
| Déshuilage | Elimination de l'huile contenue dans un mélange aqueux |
| Désinfectant | Substance qui détruit les microorganismes présents sur une surface ou dans une solution. |
| Détergent | Qualifie à la fois le produit utilisé pour nettoyer et son action de nettoyage |
| Dureté de l'eau | Teneur d'une eau en ion calcium et magnésium ; s'exprimant par le TH (titre hydrotimétrique) |
| Dissolution | Solubilisation d'un composé dans une phase liquide |
| Emulsion | Mélange hétérogène constitué d'un produit non soluble dispersé dans un autre milieu |
| Enzymes | Protéines qui catalysent une réaction chimique spécifique |
| Epaississant | Se dit d'une substance qui épaisse un milieu, qui augmente sa viscosité |
| Floculation | Agglomération réversible en flocons des suspensions colloïdales par agrégation des particules constituantes |
| Forgeage | Application d'une force mécanique sur une pièce métallique, à froid ou à chaud, afin d'obtenir la forme voulue |
| Hydrocarbure | Combinaison de carbone et d'hydrogène |
| Hygroscopique | Caractérise une substance qui a tendance à absorber l'humidité. |
| Hydrolyse | Décomposition d'un composé chimique par l'eau |
| Hydrophile | Caractérise un produit qui a de l'affinité pour l'eau |
| Hydrophobe | Caractérise un produit qui n'a pas d'affinité pour l'eau |
| Inhibiteur | Se dit d'une substance contrariant les catalyses ou empêchant une réaction de se produire |
| Inhibiteur de corrosion | Substance empêchant la réaction de corrosion de se produire |
| Lipophile | Qui a de l'affinité pour les graisses |
| Lipophobe | Qui n'a pas d'affinité pour les graisses |
| Matriçage | Obtention d'une pièce par déformation à chaud sous pression dans une matrice |
| Métaux : | <p>Fonte : alliage de fer riche en carbone (issu de minerai et de coke)</p> <p>Acier : alliage à base de fer et de carbone (issu de la fonte décarburée)</p> <p>Inox (acier inoxydable) : alliage à base de fer, carbone, chrome, nickel (+ éventuellement molybdène, vanadium)</p> <p>Laiton (spéciaux) : alliage cuivre zinc (+ étain, aluminium, magnésium, nickel, fer, silicium)</p> <p>Bronze (spéciaux) : alliage cuivre étain (+ phosphore, zinc , plomb)</p> |
| Minéralisation | Teneur en sels minéraux d'un milieu généralement aqueux |
| Mouillant | Corps qui permet à un liquide de mouiller une surface plus facilement que s'il était pur |
| Moussant | Action de former de la mousse |

Nitruration Traitement thermochimique permettant la diffusion d'azote dans la couche superficielle d'un acier pour lui donner une plus grande dureté

Nitrosamine Famille de substances cancérogènes formées en présence d'amine et de nitrites ou de nitrates

Non ionique Substance de polarité neutre

Passivation / couche de passivation Action qui consiste à modifier la surface d'un métal pour le rendre moins sensible aux agressions extérieures / couche protectrice

Pathogène Qui peut provoquer une maladie

Peptides Molécule constituée par l'association d'acides aminés

Permutée Ce dit d'une eau dont on a échangé les ions Ca et Mg par des ions Na afin d'empêcher la formation de tartre (CaCO_3)

Polymères Molécule constituée par l'association de monomères

Porosité Présence de pores plus ou moins profonds sur une surface

Précipitation Formation dans un liquide d'un corps insoluble qui a tendance à se déposer

Saponification Transformation en milieu alcalin des acides gras en savons d'acides gras

Séquestrant Analogue à complexant :Composé favorisant le piégeage d'éléments indésirables sous une formation stable

Suspension Mélange hétérogène constitué d'un solide non soluble dispersé dans un liquide. Dans le cas du dégraissage, ce terme caractérise la couche grasseuse située en surface

Tampon pH Solution capable de limiter les variations de pH en présence d'un apport acide ou basique

Tensioactif Qui modifie la tension superficielle

Tension interfaciale Force qu'il faut pour maintenir en contact deux liquides

Tension superficielle Résultante des forces s'exerçant sur une molécule de la surface d'un liquide, dirigée vers l'intérieur du liquide et assurant sa cohésion. Elle se mesure en N/m

Liste des abréviations

| | |
|---------------|--|
| ADR | Agrément pour le transport des matières dangereuses par route |
| AOX | Composés organohalogénés absorbables sur charbon actif |
| ATEX | Atmosphère explosive |
| BOMEDD | Bulletin officiel du ministère de l'environnement et du développement durable |
| CETIM | Centre technique des industries mécaniques |
| CHSCT | Comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail |
| CMR | Cancérogène, mutagène, toxique pour la reproduction |
| COV | Composés organiques volatils |
| CRAM | Caisse régionale d'assurance maladie |
| DBO5 | Demande biologique en oxygène sur 5 jours |
| DCO | Demande chimique en oxygène |
| DP | Délégués du personnel |
| DRIRE | Direction régionale de l'industrie de la recherche et de l'environnement |
| DRTEFP | Direction régionale du travail, de l'emploi et de la formation professionnelle |
| EPC | Equipements de protection collective |
| EPI | Equipements de protection individuelle |
| ICPE | Installation classée pour la protection de l'environnement |
| INRS | Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles |
| IR | Infra rouge |
| JOCE | Journal officiel de la communauté européenne |
| LICE | Laboratoire interrégional de chimie de l'est |
| MES | Matières en suspension |
| TAC | Taux d'alcalinité complet |
| TH | Titre hydrotimétrique |
| TMS | Troubles musculo squelettiques |



Nous proposons quelques uns des principaux éléments bibliographiques qui nous ont servi dans la rédaction de ce guide, accompagnés de quelques sites incontournables pour les personnes qui recherchent des informations supplémentaires :

Documents

- "**Guide de choix et d'utilisation des solvants et dégraissants industriels**" : Publication CETIM (réalisé par le CETIM et l'Aérospatiale).
- "**Dégraissage des métaux**" : Fiche pratique de sécurité INRS – Réf ED48 (disponible sur le site www.inrs.fr).
- "**Le trichloréthylène – Risques, utilisation, repérage, réglementation, substitution**" : Réf 02-1 plaquette d'information commune Cram Bourgogne et Franche-Comté / Directions régionales du travail, de l'emploi et de la formation professionnelle de Bourgogne et de Franche-Comté.
- **Fiche toxicologique du trichloréthylène** : FT 22 (disponible sur site INRS).
- **ED 964** : les machines à dégraisser (disponible sur site INRS).
- "**Prévenir les risques Cancérogènes, Mutagènes ou toxiques pour la Reproduction**" : Document d'information commun Cram Bourgogne et Franche-Comté / Direction Régionale du Travail, de l'Emploi et de la Formation Professionnelle de Franche-Comté (disponible auprès des inspections du travail de Franche-Comté et sur le site Cram : www.cram-bfc.fr / risques professionnels / risques chimiques et cancers professionnels).

Sites internet utiles

Textes réglementaires (codes du travail et de l'environnement notamment) :

<http://www.legifrance.gouv.fr>

Textes réglementaires par rubrique de la nomenclature des ICPE

<http://aida.ineris.fr>

Documentations diverses sur la prévention des risques professionnels

<http://www.cram-bfc.fr>

<http://www.inrs.fr>



table des matières



Action **hydro** dégraissage

| | |
|---|-----------|
| Préface : | 3 |
| Sommaire | 4 |
| Chapitre 1 : La problématique du nettoyage / dégraissage | 5 |
| 1.1. Introduction | 6 |
| 1.2. Généralités | 8 |
| Chapitre 2 : Les données de bases à connaître | 9 |
| 2.1. Le support | 10 |
| 2.2. Les salissures | 10 |
| 2.3. Etat de propreté requis | 11 |
| Chapitre 3 : Produits de nettoyage et critères de choix | 13 |
| 3.1. Introduction au nettoyage / dégraissage | 14 |
| 3.2. Composants des produits de nettoyage / dégraissage | 14 |
| 3.2.1. Le tensioactif | 14 |
| 3.2.2. Le correcteur de pH | 15 |
| 3.2.3. L'agent moussant | 16 |
| 3.2.4. L'antimousse | 17 |
| 3.2.5. Le complexant ou séquestrant | 17 |
| 3.2.6. L'inhibiteur de corrosion | 17 |
| 3.2.7. L'épaississant | 17 |
| 3.2.8. La charge | 17 |
| 3.2.9. Les sels solubles | 17 |
| 3.2.10. Les enzymes | 17 |
| 3.2.11. Les conservateurs | 17 |
| 3.2.12. Les désinfectants | 17 |
| 3.2.13. Les parfums et colorants | 17 |
| 3.2.14. Les autres composants | 17 |
| 3.2.15. Cas particulier : les microorganismes | 17 |
| 3.3. Eléments pour la choix de la solution de nettoyage / dégraissage | 18 |
| 3.3.1. Nature des salissures | 18 |
| 3.3.2. Comportement des salissures | 18 |
| 3.3.3. Nature de la surface | 18 |
| 3.3.4. Propreté recherchée | 18 |
| 3.4. Les effets des produits sur la santé | 19 |
| Chapitre 4 : Les conditions de mise en oeuvre | 20 |
| 4.1. Les paramètres de nettoyage/ dégraissage | 21 |
| 4.1.1. Facteurs relatifs à la technique de nettoyage dégraissage | 21 |
| 4.1.1.1. Choix de la solution de nettoyage / dégraissage | 21 |
| 4.1.1.2. Conditions d'utilisation de la solution de nettoyage / dégraissage | 21 |
| 4.1.1.2.1. <i>La température.</i> | 21 |
| 4.1.1.2.2. <i>Le temps de contact avec la salissure.</i> | 21 |
| 4.1.1.2.3. <i>La composition et la concentration de la solution de nettoyage / dégraissage.</i> | 21 |
| La qualité de l'eau | 21 |
| La solution de nettoyage | 21 |
| 4.1.1.2.4. <i>L'action mécanique</i> | 22 |
| Le nettoyage manuel | 22 |
| Le nettoyage par immersion | 22 |
| Le nettoyage par aspersion ou par jets | 22 |
| Le nettoyage par ultrasons. | 22 |
| 4.2. Mise en oeuvre et suivi des bains | 23 |
| 4.2.1 La concentration | 24 |
| 4.2.2. Le pH | 24 |
| 4.2.3. La qualité de l'eau de dilution | 24 |
| 4.2.4. L'état de pollution physique (particules, huiles,...) | 24 |
| 4.2.5. L'état de contamination biologique (bactéries, moisissures) | 25 |

| | |
|--|-----------|
| Chapitre 5 : Le rinçage | 27 |
| 5.1. Qualité de l'eau | 28 |
| 5.2 Débit d'eau nécessaire. | 28 |
| 5.2.1. Exemple : Chaîne sans bain statique | 29 |
| 5.2.2 . Exemple : Chaîne avec un bain statique | 30 |
| 5.2.3. Récapitulatif | 31 |
| 5.3. Contrôle de l'efficacité du rinçage | 31 |
| Chapitre 6 : Le séchage des pièces | 32 |
| 6.1. Le rôle du séchage | 33 |
| 6.2. les procédés de séchage | 33 |
| 6.2.1. Les procédés physiques | 33 |
| 6.2.2. Les procédés chimiques | 33 |
| Chapitre 7 : Le traitement des effluents | 34 |
| 7.1. Élimination des huiles et graisses | 35 |
| 7.2 . Traitement final des effluents déshuilés | 37 |
| Chapitre 8 : Les machines | 38 |
| 8.1. Le choix de machines | 39 |
| 8.2. Les différents types de machines lessivielles | 39 |
| 8.2.1. Manuelles | 39 |
| 8.2.2. Automatiques | 39 |
| 8.3. Références | |
| 8.3.1. Les normes | 39 |
| 8.3.2. Guide INRS | 39 |
| Chapitre 9 : Risques et prévention | 40 |
| 9.1. Les risques | 40 |
| 9.2. Risques liés aux opérations de stockage | 41 |
| 9.3. Manutention | 42 |
| 9.4. Montage des bains : | 43 |
| 9.5. Transfert de la solution préparée | 43 |
| 9.6. Evacuation des bains usagés | 43 |
| 9.7. Traitement des effluents | 43 |
| 9.8. Les bains biotechnologiques | 44 |
| 9.9. Evaluation des risques | 44 |
| 9.9.1. Risque chimique | 44 |
| 9.9.2. Risque biotechnologique | 44 |
| 9.9.3. Autres risques | 44 |
| Chapitre 10 : Partie réglementaire | 45 |
| 10.1. Introduction à la réglementation | 46 |
| 10.2. Réglementation environnementale | |
| 10.2.2. Rubrique et régimes relatifs aux installations avec solutions lessivielles | 46 |
| 10.2.3. Rubrique et régimes relatifs aux installations avec solvants | 47 |
| 10.3. Réglementation travail | 47 |
| 10.3.1. Introduction | 47 |
| 10.3.2. La réglementation relative au risque chimique | 48 |
| 10.3.3. La réglementation relative au risque CMR | 49 |
| 10.3.4. la réglementation relative au risque biologique | 50 |
| 10.3.5. la réglementation relative aux risques liés aux équipements de travail | 50 |
| 10.3.6. Autres réglementations | 50 |
| 10.4. Commentaires | 51 |

| | |
|--|-----------|
| Chapitre 11 : Exemples | 52 |
| Dossier Technique N°1 | 53 |
| Dossier Technique N°2 | 54 |
| Dossier Technique N°3 | 55 |
| Dossier Technique N°4 | 56 |
| Dossier Technique N°5 | 57 |
| Dossier Technique N°6 | 58 |
| Chapitre 12 : conclusion | 59 |
| Annexes | 61 |
| 1 - Méthodes de contrôle de la propreté des surfaces | 62 |
| 2 - Mécanisme d'action des tensioactifs | 63 |
| 3 - Les agents biologiques au sens réglementaire | 66 |
| 4 - Glossaire | 67 |
| 5 - Liste des abréviations | 70 |
| 6 - Bibliographie | 71 |

action **hydro** dégraissage

