

## **Nettoyage et désinfection dans les IAA : Aspects théoriques et pratiques**

---

Le **nettoyage** est l'action de rendre net (un lieu ou un objet) en supprimant toute **salissure** ou tout élément nuisant à la propreté.

La **désinfection** est l'élimination ou l'inhibition des **microorganismes** présents dans un lieu, un objet ou sur la surface externe du corps humain.

En industrie agroalimentaire (IAA), le **nettoyage** et la **désinfection** ont pour but d'éliminer les **souillures** et détruire les **microorganismes** présents dans les appareils et dans les emballages. Dans certains cas, ces opérations doivent être conduites sur les produits eux-mêmes souillés par de la terre, des **microorganismes** ou des résidus de pesticides.

Les résultats de ces deux opérations ne sont pas exclusifs les uns des autres en effet, si l'opération de **nettoyage** permet d'éliminer un certain nombre de déchets, elle va aussi permettre de réaliser un certain niveau d'**élimination de microorganismes**. Cette élimination pourra ensuite être complétée si nécessaire par une opération de **désinfection** proprement dite mettant en oeuvre un produit spécifique. Couramment un **détergent** (alcalin par exemple) sera utilisé simultanément avec un **désinfectant** (chlore et dérivé) sous la forme d'alcalin chloré, Certaines formulations comprennent même un **ammonium quaternaire** ou un autre produit pour augmenter le **pouvoir désinfectant** en une seule opération de **nettoyage/désinfection**.

Le **nettoyage** et la **désinfection** sont parmi les opérations les plus importantes de l'IAA et ce pour diverses raisons :

- La qualité des produits finis est souvent influencée par des goûts étrangers dus à des développements microbiens. Ces développements se font au dépend de résidus du produit présent dans l'appareil ou dans un récipient après utilisation, ou à partir de dépôts qui se forment lors du traitement de certains produits comme la bière, le lait, ...
- L'aptitude au traitement thermique est fortement dépendante de la population initiale. En effet, quand on stérilise ou on pasteurise un produit par la chaleur, le temps du traitement dépend de la charge microbienne initiale. Il est beaucoup plus long si cette charge n'est pas réduite par un nettoyage préliminaire. Ceci augmente le coût du traitement et risque de diminuer la qualité du produit.

- Les souillures peuvent renfermer des microorganismes pathogènes et, par conséquence, constituer une source de contamination très dangereuse pour les produits alimentaires.
- La présence de résidus tels des croûtes de produits séchés ou altérés, des insectes ou leurs larves, ou même des rongeurs dans les produits conditionnés peut avoir une influence catastrophique sur l'opinion du consommateur.

## **NATURE DE LA SOUILLURE**

---

On désigne sous le nom de **salissures** (ou **souillures**) divers produits totalement différents. Ces produits sont des composants des denrées alimentaires plus au moins dégradés, ou modifiés par la chaleur, le froid, l'humidité, la lumière, l'oxygène et/ou par des microorganismes.

Ces composants peuvent être plus au moins mélangés à d'autres : adjuvants de filtration, levures ou moisissures, débris végétaux ou minéraux, germes de l'ambiance ou apportés par le personnel.

En théorie, une **souillure** est caractérisée par le rapport entre son **hydrosolubilité** et sa **liposolubilité**, et c'est cette caractéristique qui devrait être prise en compte lors du choix des agents chimique de décontamination. La **souillure** est donc un complexe constitué de matières organiques, de matières minérales et de **germes microbiens**. Chacune de ces trois grandes familles de composés doit être connue en détail.

Les composés organiques sont : Les lipides, les protéines et les glucides. Les composés minéraux peuvent être scindés en plusieurs catégories qui sont fonction de leur nature et de leur faculté d'élimination : Les sels alcalino-terreux, les silicates, les oxalates et les aluminates.

Les **germes microbiens** sont à classer en deux catégories : Les germes utiles et les germes nuisibles. Lorsqu'ils sont présents en même temps dans l'environnement du produit alimentaire ou dans le produit lui-même, il n'est pas possible, dans la pratique actuelle, de procéder à des traitements sélectifs ; pour maîtriser la vie bactérienne dans un produit, on commence par tout détruire et on réensemence les couches utiles décimées.

## **CINÉTIQUE DE L'ÉLIMINATION DE LA SOUILLURE**

---

Entre certaines limites, bien souvent au début de l'**élimination des souillures**, l'**élimination de la souillure** se comporte comme une réaction de premier ordre. Si  $m_A$  représente la masse de souillure par unité de surface, on a donc :

$$\ln (m_A / m_{A0}) = - k.t$$

La constante de vitesse  $k$  est fonction de plusieurs facteurs :

- La nature du support de la **souillure** : On sait par exemple qu'une surface en **acier inoxydable** poli est plus facile à nettoyer qu'une surface rugueuse ou en matière plastique. Les surfaces en bois sont extrêmement difficiles à nettoyer.
- La **nature** et la **concentration en détergeant** : Lors de l'utilisation d'une solution diluée de soude caustique, la réaction d'élimination des souillures devient du second ordre. Cependant, cette constatation ne peut être étendue aux autres agents de surface.
- La température : Entre de larges intervalles de températures, la constante de vitesse suit la loi d'Arrhenius, c'est-à-dire que l'on obtient une relation linéaire en portant  $\log (K)$  contre  $T^{-1}$ .
- L'action mécanique : L'action mécanique, lors du passage d'un fluide dans une conduite, ne devient considérable que lorsque le **nombre de Reynolds (Re)** est supérieure à 25 000 ; au-delà de cette valeur, la constante de vitesse varie à peu près comme  $\log (Re)$ .

L'action mécanique peut être influencée par la présence de mousse dont l'action peut être défavorable en empêchant le contact entre la surface et la solution. L'action de la mousse peut aussi être favorable lorsque de l'air se trouve dispersé dans la solution en mouvement, dont il améliore l'action abrasive, cette dernière peut être améliorée d'avantage en mettant en suspension des corps solides ou élastiques comme des balles en caoutchouc qui sont entraînées dans le circuit.

Cette approche théorique de la **cinétique du nettoyage** est largement critiquée du fait qu'elle ne reflète pas les résultats expérimentaux et que les méthodes utilisées pour la mesure de l'allure du nettoyage sont imprécises.

En ce qui concerne la **destruction chimique des microorganismes**, on considère généralement que la réaction est du premier ordre. Si

$N_m$  représente le nombre de cellules d'un microorganisme donné par Kg de produit, on a donc :

$$\ln (N_m/N_{m_0}) = - k.t$$

Dans ce cas, la constante de vitesse  $k$  est une fonction de la souche des microorganismes, de la nature et de la concentration en agent bactéricide ; elle est également fortement influencée par la température et par la composition du milieu dans lequel s'effectue la destruction.

En pratique, le problème consiste à **stériliser chimiquement** non pas une suspension de microorganismes, mais une surface sur laquelle se trouve éventuellement un dépôt renfermant des microorganismes vivants. Dans cette situation, plusieurs interactions peuvent exister : support, dépôt, solide, matières en suspension, microorganismes, produits de nettoyage et de désinfection. Ces interactions sont toujours extrêmement complexes et il est très difficile d'établir un modèle.

La **désinfection en profondeur** des dépôts, des matières poreuses, des interstices divers aux joints, robinets, etc. n'est en général pas possible par emploi de corps hautement réactifs comme les halogènes dont la concentration s'abaisse fortement et tombe à des valeurs sublétales à une profondeur très faible. D'autre part lors de l'utilisation des produits comme le formaldéhyde, des dépôts protéiques peuvent être durcis en surface et leur élimination rend plus difficile sans que jamais la concentration en formaldéhyde à l'intérieur des dépôts soit inférieure à une valeur réellement bactéricide.

En fin, il y a lieu de noter que d'une manière générale la nature des agents de nettoyage et désinfection que l'on peut utiliser dépend essentiellement des matériaux constituant les appareils, les phénomènes de corrosion éventuelle jouant toujours un rôle déterminant.

## **PRODUITS DE NETTOYAGE**

---

Les **détergents** sont des produits dont les solutions contribuent à éliminer les **salissures** ou autres corps étrangers des surfaces contaminées. Jusqu'aux années 1940, le savon était le seul détergent important. Aujourd'hui, il en existe beaucoup d'autres.

# Mode d'action des produits de nettoyage

Les **détergents** sont des molécules **amphiphiles** : ils ont une **tête polaire (hydrophile)** qui aime l'eau et une **queue apolaire (hydrophobe)** qui pousse l'eau. C'est ce **caractère amphiphile** qui est à l'origine de l'action des détergents.

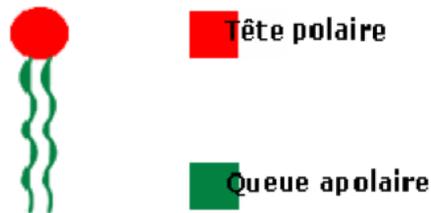


Figure 1 : Représentation du caractère amphiphile

Lorsqu'on met un **détergent** dans l'eau, on a l'impression que celui-ci se solubilise malgré son **caractère amphiphile**. En réalité, il s'agit d'un regroupement des molécules du **détergent** sous forme de **micelles** qui restent en suspension dans l'eau. Dans une **micelle** les **parties polaires (hydrophiles)** se dirigent vers l'extérieur (en contact avec l'eau) et les **parties apolaires (hydrophobes)** se dirigent vers l'intérieur (en contact avec les autres parties **hydrophobes**).

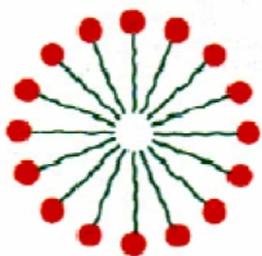


Figure 2 : Micelle

Lorsqu'on agite l'eau contenant un **agent de surface**, les **salissures hydrophobes** (exp : huile, graisse, ...) s'associent à la partie centrale des **micelles** en raison de leur **caractère hydrophobe**. Ainsi, les **salissures** se trouvent en suspension dans les **micelles** tout en restant de l'ordre de dimensions moléculaires (100 à 200 Angströms). Lors du rinçage, ces **micelles** sont entraînées par l'eau et les **salissures** sont ainsi détachées de leur support.

Cependant, la **formation des micelles** n'est observée qu'à partir de la **concentration micellaire critique** (concentration à partir de laquelle les molécules forment des micelles). L'**action détergente** réelle ne se manifeste donc qu'à des concentrations en agent de surface supérieure à la **concentration micellaire critique**. Pour un alcoyl-aryl-sulfonate la concentration micellaire critique est de l'ordre de 0,1% ; elle est cependant fortement influencée par la température ; la présence de sel, par ailleurs inertes, peut diminuer fortement la concentration micellaire critique et par conséquent accroître l'action détergente.

## Produits de nettoyage

### Les agents de surface

Un **agent de surface** est par définition un corps à même de modifier fortement les propriétés de la surface ou de l'interface de solutions. D'une manière générale, ces corps sont dites **amphiphiles**, c'est-à-dire possèdent un ou plusieurs **groupements polaires** et une **chaîne hydrocarbonée apolaire** renfermant en générale de 10 à 20 atomes de carbone.

On classe généralement les **agents de surface** d'après la nature du groupement polaire :

1. Les **agents de surface anionique** ont un groupement polaire acide ; les principaux produits de ce type sont :
  - Les **savons** ou sels alcalins d'acide gras,
  - les **alcoylsulfates** primaires et secondaires et
  - les **alcoylaryl sulfonates**.

Ces produits sont souvent d'excellents détergents, ils ne sont pas bactéricides et, sauf pour ce qui concerne le savon, sont peu sensibles à la dureté de l'eau.

2. Les **agents de surface cationiques** sont solubilisés par un groupement à ammonium quaternaire ou par une amine éthoxylée. Les premiers peuvent être d'excellents bactéricides, les seconds sont des inhibiteurs de corrosion en milieu acide.
3. Les **agents de surface non-anioniques** sont généralement des condensats d'oxyde d'éthylène sur des alcoylphénols ou des alcools gras. Ces produits sont d'excellents détergents non bactéricides dont la solubilité est plus

grande à froid qu'à chaud ; cette solubilité augmente avec le nombre de molécules d'oxyde d'éthylène. Une ramification de la chaîne solubilisante peut les rendre non moussants.

4. Les **agents de surface amphotères** sont solubilisés à la fois par des groupements anioniques et cationiques ; certains de ces produits trouvent un emploi limité comme bactéricides.

## Autres produits de nettoyage

Les **alcalis forts** sont d'excellents **détergents** et **bactéricides**. La **soude caustique** par exemple, qui possède également une **action sporicide** et **virucide**, est utilisée chaque fois que les matériaux constituant l'appareillage le permettent.

Les **acides forts** sont également d'excellents **détergents** et **bactéricides**. On utilise les acides nitrique, chlorhydrique et phosphorique. L'acide sulfurique passivé possède une excellente action bactéricide, même vis-à-vis des spores.

Les **acides faibles**, comme les acides gluconique, citrique, sulfamique ne possèdent qu'une **action de nettoyage** considérablement inférieure à celle des **acides forts** ; leur **action bactéricide** est pratiquement nulle ; il en est de même des sels alcalins dont l'action ne peut en aucun cas être comparée à celle de la **soude caustique**.

Les **agents chélatants** fixent les cations alcalino-terreux sous forme de complexes non ionisables. On utilise surtout les polyphosphates, l'éthylène-diamine-tétracétate et les gluconates ou glucoheptonates.

Les **polyphosphates** sont des sels d'anhydrides partiels de l'acide phosphorique possédant, non seulement une action chélatante, mais une action inhibitrice de précipitation se manifestant même lorsqu'une faible proportion seulement de la dureté des eaux est chélatée.

Le **chlore** généralement considéré comme un **désinfectant** a aussi des qualités remarquables utilisées pour l'**élimination par oxydation des protéines**.

## LES PRODUITS DE DÉSINFECTION

---

## Mode d'action

L'action **bactéricide** d'**agents chimiques** peut résulter d'une modification de perméabilité de la membrane cellulaire, ou encore d'une rupture de cette membrane, d'une action sur certaines enzymes ou sur certaines protéines cellulaires, d'une oxydation, d'une réduction ou d'une hydrolyse de constituants vitaux, ou enfin d'une interférence avec des substrats essentiels.

Certaines de ces réactions ne sont pas sélectives, le chlore, par exemple, réagit aussi bien sur des groupement oxydables non cellulaires que sur les constituants cellulaires ; l'argent réagit sur les groupements -SH des composés exocellulaires aussi bien que sur ceux des constituants de la cellule. Il en résulte que, bien souvent, la concentration en agent bactéricide dans le milieu diminue dans le temps, entraînant une diminution de l'allure de destruction des microorganismes. Dans le cas de corps très réactifs, tel le chlore, on met souvent en œuvre en pratique des proportions suffisamment élevées pour qu'une concentration mesurable en chlore libre subsiste après réaction sur les matières organiques présentes dans le milieu.

## Les produits de désinfection

Le choix des **produits de nettoyage et désinfection** dépend essentiellement des matériaux constituant les appareils, les phénomènes de corrosion éventuelle jouant toujours un rôle déterminant.

Certains **produits de nettoyage**, déjà examinés ci-dessus, possèdent des **actions bactéricides** importantes. Il s'agit notamment des produits à **ammonium quaternaire**, ainsi que des **acides et alcalis forts**, ces derniers pouvant être actifs même vis-à-vis des **spores microbiennes** et des **virus**. Lorsque les matériaux permettant leur emploi, il n'y a souvent pas lieu de rechercher d'autre solution en pratique. Le problème du choix d'autres agents bactéricides ne se pose donc que dans les cas où les matériaux ne supportent pas les **acides forts** et les **alcalis forts**, et lorsque l'on veut parfaire la **désinfection** et éviter toute une réinfection après traitement.

Les **agents bactéricides** les plus utilisés sont les halogènes et en particulier le chlore et les hypochlorites ; ces produits sont actifs à des concentrations de chlore de quelques ppm (parties par million). On utilise également le produit

de co-cristallisation de et ClONa renfermant environ 3% de chlore actif sous forme relativement stable.

Le chlore et les hypochlorites sont parfois remplacés par des chloramines ou par des acides chlorocyanuriques. Tous ces produits sont caractérisés par le groupement : -N-Cl

Ce groupement réagit sur des ions chlore (par exemple HCl) en donnant du chlore actif, suivant la réaction :



Ces corps, dont l'action est voisine de celle des hypochlorites, présentent sur ceux-ci l'avantage d'une meilleure stabilité lors du stockage.

Le chlore et ses dérivés sont des agents bactéricides efficaces aux pH bas et même voisins de neutralité mais très réactifs, fugaces et pouvant donner lieu à des corrosions importantes.

L'acier inoxydable 18/8 est tout particulièrement sensible au chlore qui donne lieu à des corrosions en piqûres entraînant une porosité affectant de façon désastreuse l'aptitude au nettoyage.

Le chlore présente également l'inconvénient d'être incompatible avec les agents de surface avec lesquels il réagit lors du stockage ; c'est la raison pour laquelle on a proposé depuis longtemps déjà, l'emploi de mélanges d'iode et d'agents de surface non-ioniques (condensats d'oxyde d'éthylène). Ces produits désignés sous le nom d'« **Iodophores** » ont une **action bactéricide** et même sporicide énergique à des concentrations de quelques ppm d'iode libre à des pH inférieurs à 4,5.

EFFICACITE COMPAREE DES DESINFECTANTS							
	+ BON (+) PASSABLE (-) MEDIOCRE - MALVAIS	AC. ACETIQUE + EAU OXYGENEE	EAU OXYGENEE	AMPHOTERES	CHLORE	IODE	FORMOL
EFFICACITE	BACTERIES GRAM +	+	+	+	+	+	+
	BACTERIES GRAM -	+	+	(-)	+	+	+
	SPORES	+	(-)	-	(+)	(+)	(+)
	LEVURE - MOISSURES	(+)	(-)	+	(+)	+	+
	VIRUS	+	(+)	(+)	+	+	(+)
	BACTERIOPHAGES	+	(-)	-	+	+	+
	ACTION A BASSE TEMPERATURE	+	(-)	(+)	+	+	(-)
UTILISATION	PH D'UTILISATION	7	7	12	13	5	10
	INFLUENCE MAT. ORGANIQUE	(-)	(-)	(-)	-	(-)	(+)
	CORROSION	+	+	+	(+)	(+)	(+)
	MOUSSE	+	+	-	+	(-)	+
	RESIDUS TOXIQUES	+	+	(-)	+	(+)	(-)
	RINÇABILITE	+	+	(-)	+	+	(+)

Le **trichlorure d'iode**  $ICl_3$  présente l'avantage d'être compatible avec les agents de surface anioniques, d'être plus stable, moins corrosif et d'être bactéricide à des pH voisins de la neutralité.

On utilise également comme **agents bactéricides**, les ions argent, le formaldéhyde, le peroxyde d'hydrogène et des peracides, l'ozone, la 3-5-4' tribromosalicylanilide, le  $SO_2$  et les sulfates etc.

Pour la **stérilisation des emballages**, l'emploi de solutions concentrées d'**eau oxygénée** à chaud est très répandu. On utilise également l'acide peracétique, l'acide phosphorique et les produits chlorés.

Pour la **désinfection des produits alimentaires** eux-mêmes on a proposé l'emploi d'oxyde d'éthylène en mélange avec un gaz inerte.

La stérilisation par élévation de température peut être très efficace dans le cas d'appareils spécialement conçus en vue de la stérilisation par l'eau chaude ou par la vapeur en condensation. Dans ce dernier cas, l'eau condensée et l'air doivent être éliminés par des purgeurs efficaces placés judicieusement.

# RÉALISATION PRATIQUE DU NETTOYAGE ET DÉSINFECTION

---

Le nettoyage consiste en l'élimination de restes d'aliments, de dépôts, de microorganismes, de même de corps étrangers, insectes éventuels, etc. Dans des conditions normales, l'élimination des microorganismes et des spores n'est pas totale et le nettoyage doit être suivi d'une désinfection.

Un problème essentiel est de décider si l'on conduit le nettoyage et la désinfection en une seule opération ou en deux opérations distinctes et successives.

En général, deux opérations successives permettent d'arriver à de meilleurs résultats car tous les agents bactéricides sont inhibés par la présence des souillures elles mêmes. On a donc intérêt à éliminer les impuretés d'abord et à stériliser ensuite. La nature des matériaux constituant les appareils et la conception de ces derniers influencent également le choix. Le degré de stérilité désiré doit aussi être pris en considération ; si l'on peut tolérer une infection de quelques milliers de cellules par Kg comme dans le cas du lait pasteurisé, on pourra plus facilement opter pour l'opération combinée que dans le cas du conditionnement aseptique.

Lorsque le pH du produit est inférieur à 4,0 il n'est pas indispensable de détruire les spores de Bacillus et de Clostridium ; on peut donc utiliser les produits à ammonium quaternaire très efficaces et non corrosifs. Par contre si le produit possède un pH supérieur à 4,5 on doit le plus souvent avoir recours aux halogènes.

Le nettoyage et la désinfection des tuyauteries s'effectuent au mieux en pompant les solutions de façon à réaliser une turbulence suffisante ; il y a lieu cependant de remarquer qu'à débit égal, le nombre de Reynolds varie comme l'inverse du diamètre du tuyau ; tout élargissement correspond à une diminution de la turbulence indispensable à l'obtention de résultats satisfaisantes. Il y a lieu également de prévoir, dans le circuit, la stérilisation des trous des robinets à trois voies par une rotation judicieuse et d'éviter tout espace où le nombre de Reynolds est inférieur à 6000.

Le nettoyage et la désinfection des cuves et tanks ne peuvent en général être réalisés par circulation par suite des volumes trop importants de solution de

nettoyage et par suite de la turbulence insuffisante lors du passage de ces solutions.

Les méthodes d'application possibles sont les suivantes :

- **A la brosse** : Ce système est fortement dépendant du facteur humain et doit être supprimé chaque fois que cela est possible.
- **Par jet manuel** : L'influence du facteur humain est ici également notable bien que ce système constitue une amélioration par rapport au système précédent.
- **Par jet chaud** : Ce procédé est plus efficace que les procédés à basse température, à la condition que l'on table pas uniquement sur l'élévation de la température pour réaliser le nettoyage et la désinfection.
- **Par jet provoqué** par des tourniquets fonctionnant à réaction (Figure 3).
- Par jet provenant de boule ou de **cylindre perforés**.
- Par jet provenant de **tourniquets commandés mécaniquement**.
- Par **jet de mousse** : Un produit de **nettoyage et de désinfection** est additionné d'un agent fortement **moissant** qui permet de répandre une couche de mousse sur l'équipement. On laisse agit cette mousse pendant le temps désiré pour ensuite l'éliminer par simple rinçage.

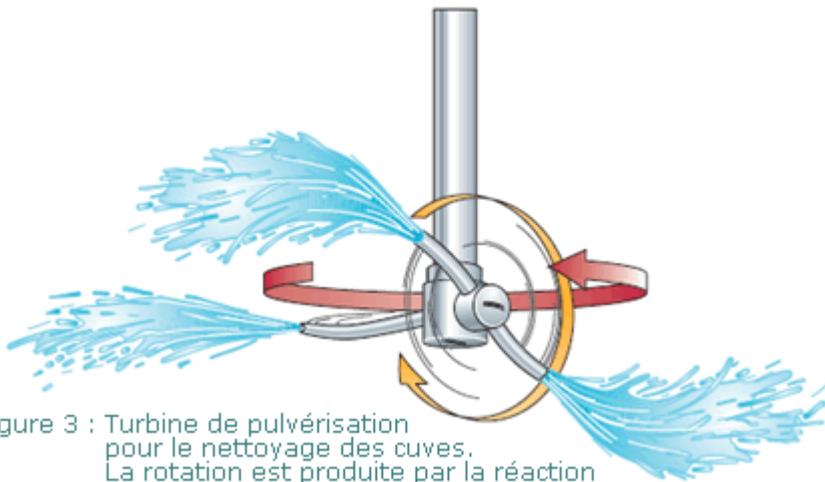


Figure 3 : Turbine de pulvérisation pour le nettoyage des cuves. La rotation est produite par la réaction du jet des buses incurvées vers l'arrière.

Il y a lieu de remarquer que d'une manière générale, que les opérations de nettoyage, désinfection et rinçage sont fortement influencées par la conception et la construction des appareillages ; un tank cylindrique à axe vertical est par exemple beaucoup plus facile à nettoyer mécaniquement qu'un tank allongé à axe horizontal ; l'inverse était vrai au temps du nettoyage à la brosse.

Plusieurs contraintes peuvent empêcher ou compliquer le nettoyage et la désinfection automatique et simultanés. La figure 4 reprend quelques exemples de ces défauts.

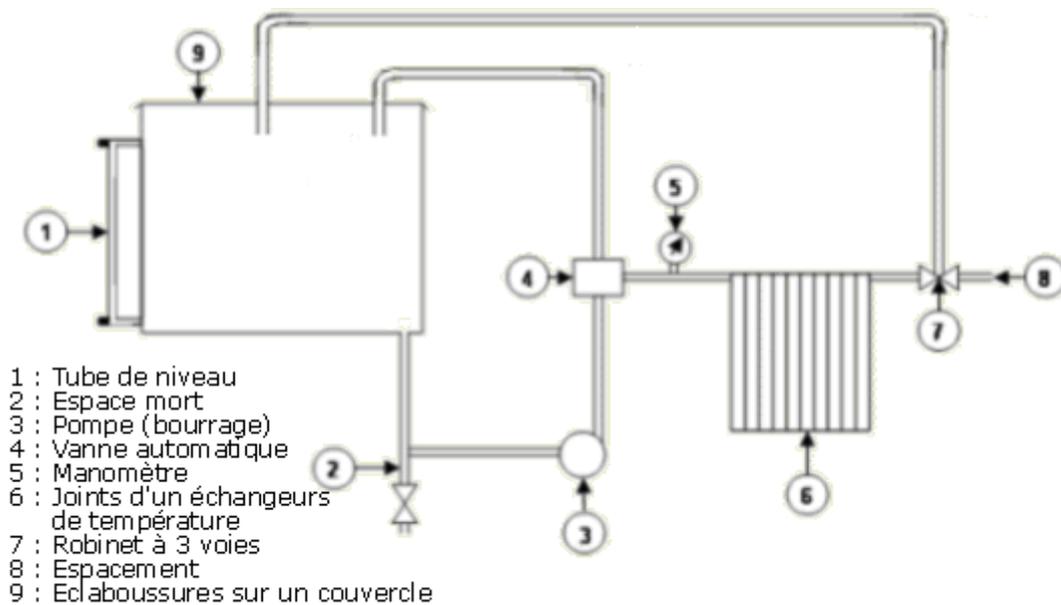


Figure 4 : Contraintes empêchant ou compliquant le nettoyage et la désinfection automatiques.

Les récipients sont généralement **nettoyés** et **désinfectés** en une seule opération. C'est le cas pour les bouteilles en verre qui subissent des trempages et injections de solutions à environ 1% de NaOH vers 70°C. Cette solution est généralement additionnée éventuellement d'un **agent bactéricide**.

Le **nettoyage** et la **désinfection** des **produits alimentaires** sont généralement réalisés par passage dans des appareils rotatifs où ils sont soumis à des jets de **solutions détergentes et bactéricides**.

Dans l'industrie de la production de métabolites, les fermenteurs sont en général prévus pour un nettoyage automatique par circulation et jets et stérilisation par mise sous pression de vapeur d'eau.

Le **rincage** consiste en l'élimination des produits détergents et bactéricides par de l'eau. Le problème qui s'oppose est d'optimiser cette opération en réduisant le volume d'eau consommé tout en éliminant les traces des détergent et désinfectants. La tendance actuelle dans le monde est, après l'emploi d'agents de nettoyage et de désinfection adéquats, à ne plus rincer afin d'éviter toute réinfection. Des tolérances pour les restes extrêmement

faibles d'ailleurs de ces agents dans les produits alimentaires traités ont été publiées par la Food and Drug Administration américaine.

## Etapes du nettoyage et désinfection

Le nettoyage et la désinfection peuvent à la limite comporter les étapes successives suivantes :

- Prérinçage :
- Nettoyage alcalin :
- Rinçage intermédiaire :
- Nettoyage acide :
- Rinçage intermédiaire :
- Désinfection :
- Rinçage final.

Un tel procédé est long, coûteux et a comme conséquence la formation d'eaux résiduelles diluées en quantités considérables. Il est donc important de procéder autrement afin de réduire les inconvénients de cette méthode tout en gardant le même niveau d'efficacité.

Dans la limite du possible, les phases correspondant au **nettoyage alcalin** et acide peuvent être conduites en une seule étape en utilisant un produit qui permet d'éliminer à la fois les souillures organiques et minérales. Ainsi, le procédé de nettoyage et désinfection en 7 étapes peut être réalisé en 5 étapes :

- Prérinçage :
- Nettoyage par un agent chimique :
- Rinçage intermédiaire :
- Désinfection par un agent chimique :
- Rinçage final.

De même, les phases de nettoyage et de désinfection peuvent, dans certains cas, être réalisées simultanément. La technique de moussage qui assure un temps de contact plus long entre les détergents/désinfectants et les surfaces à traiter est souvent utilisée. Dans ce cas, le procédé de nettoyage et désinfection est conduit en 3 étapes seulement :

- Prérinçage :

- Nettoyage et désinfection par un agent chimique ;
- Rinçage final.

Le nettoyage et désinfection en 3 étapes permet de réaliser un gain considérable en matière de temps, énergie, main d'œuvre et eau. Cependant, ce procédé n'est efficace que dans le cas où le degré de souillure se trouve à un niveau relativement bas.

## Fréquence de nettoyage et désinfection

Chaque type de fabrication et/ou de matériel nécessite que soit déterminé le nombre de fois où les opérations de nettoyage et désinfection seront nécessaires, et ce, dans un laps de temps donné. La fréquence de l'opération est fonction de la nature du produit alimentaire mis en œuvre et de la technologie de transformation.

En ce qui concerne la **fréquence du nettoyage**, celui-ci peut avoir lieu après quelques heures, c'est le cas lors de la stérilisation du lait dans des échangeurs ou lors de la concentration de certains vinasses. Très souvent, le nettoyage a lieu chaque jour ; c'est le cas dans l'industrie de la viande, en conserverie, en boulangerie ou dans les stations d'embouteillage de boissons. Parfois le nettoyage n'a lieu que chaque semaine, c'est le cas par exemple en margarinerie. Enfin, pour les cuves de fermentation ou les réservoirs de stockage, les intervalles peuvent être encore plus importants.

En ce qui concerne la **désinfection**, la meilleure façon pour déterminer la **fréquence** de l'opération est de procéder à un **contrôle microbiologique** pour déterminer l'évolution de la flore microbienne en fonction du temps. Ceci permettra de déduire à quel moment il faut désinfecter.

## **CONTRÔLE DU NETTOYAGE ET DÉSINFECTION**

Il ne suffit pas de choisir un **programme de nettoyage et désinfection** et de l'appliquer, mais il faut aussi s'assurer de son efficacité. Cette dernière est évaluée suite à des contrôles préétablis qui permettent d'une part de s'assurer que le programme de nettoyage et désinfection est effectivement appliqué et d'autre part de s'assurer qu'il est efficace.

Le contrôle du nettoyage et désinfection est réalisé de deux façons : La première consiste à un travail de suivi et de contrôle visuel afin de s'assurer de la propreté des locaux, machines et ustensiles ; la deuxième consiste à la réalisation des tests microbiologique afin de s'assurer que le programme de nettoyage et désinfection demeure efficace.

Après nettoyage et désinfection, la charge microbienne des surfaces est estimée en balayant la surface à analyser à l'aide d'un écouvillon stérile qui est ensuite transféré dans de l'eau distillée stérile pour dilution. Les germes sont dispersés à l'aide d'un mixeur Vortex et la numération est réalisée après ensemencement d'un milieu de culture et son incubation à une température donnée selon le type des germes recherchés.

Une autre technique, largement utilisée dans les industries agroalimentaires, repose sur l'utilisation des lames gélosées. Ces derniers sont des fines couches de milieu de culture sur support en plastique rigide ou flexible. Elles sont appliquées soit directement à la surface à analyser soit indirectement après écouvillonnage et mise en suspension de la flore prélevée par l'écouvillon. Le trempage de la lame gélosée dans le liquide de suspension permettra de dénombrer la flore qu'il renferme.

Quelque soit la méthode utilisée, Il faut noter que seule une certaine proportion (env. 40%) de la microflore présente sur la surface analysée est prélevée. L'exploitation des résultats se fait surtout en comparant deux surfaces différentes et en étudiant l'évolution des résultats dans le temps pour détecter le développement des germes sur une surface donnée. Auquel cas, il faut changer de désinfectant et de programme de nettoyage et désinfection, du moins temporairement jusqu'à la disparition de ces germes.

Les techniques d'analyse microbiologique par écouvillonnage ou par lames gélosées présentent l'avantage d'être précises et sélectives si l'on souhaite. Cependant, elles sont lentes et ne permettent pas de prendre une décision au temps opportun. L'utilisation de l'ATPmétrie pour l'évaluation de l'efficacité du nettoyage et désinfection constitue une alternance à ces méthodes et elle a l'avantage de pouvoir identifier rapidement les zones sensibles en matière de nettoyage et désinfection.

L'ATPmétrie est une technique de dosage instantané de l'ATP (Adénosine Triphosphate), molécule de stockage d'énergie présente dans les organismes vivants. La technique, basée sur le principe de bioluminescence, est une

réaction enzymatique traduisant une quantité d'ATP en quantité de lumière.  
Appliquée ainsi au nettoyage désinfection, elle permet la détection de  
résidus alimentaires et de développement microbien.