



Hygiène et nettoyabilité

J.M. Desseigne : IFV Pôle Rhône Méditerranée - Tél : 0466206701 jean-michel.desseigne@vignevin.com
P. Poupault : IFV Pôle Val de Loire – Tel : 0247234511 pascal.poupault@vignevin.com

Hygiène et nettoyabilité

La « nettoyabilité » d'un matériel, d'une machine, d'un contenant, peut être définie comme son aptitude à être débarrassé des souillures minérales, organiques et microbiologiques.

En industries agroalimentaires, l'aptitude au nettoyage d'un équipement constitue depuis longtemps un critère de choix prioritaire. Le respect de règles d'hygiène « strictes » est en effet indispensable à la fois pour préserver la santé du consommateur d'une part et les qualités du produit d'autre part.

En œnologie, les préoccupations liées à la nettoyabilité sont plus récentes. Du fait de la présence d'alcool et d'un pH bas, le vin est en effet un milieu hostile aux micro-organismes pathogènes. L'aptitude au nettoyage d'un équipement a donc été dans un passé assez proche souvent négligée, tant par les équipementiers que par certains vinificateurs. Certains équipements de cave restent à ce jour très difficilement nettoyables.

La nettoyabilité est désormais un critère de choix essentiel, pour plusieurs raisons :

- Les avancées scientifiques ont démontré que l'hygiène est un des facteurs déterminants permettant d'obtenir un vin de qualité. La maîtrise des pratiques œnologiques (sulfitage notamment) ne peut être obtenue sans un niveau d'hygiène approprié, nécessitant des équipements adaptés.
- La tendance actuelle est d'optimiser, dans un souci environnemental, les consommations d'eau et de produits de nettoyage et de désinfection. Des équipements facilement nettoyables peuvent permettre de limiter de manière significative les quantités d'eau et d'effluents générés.
- Enfin, d'un point de vue pratique et économique, la durée et la pénibilité des opérations de nettoyage sont très souvent liées à la nettoyabilité des matériels.

Les spécifications techniques en terme de nettoyabilité doivent tenir compte de l'état du produit (vendange, moûts, vin), des conditions d'utilisation et des risques d'encrassement, de déviations ou de contaminations microbiologiques. Elles pourront par exemple être très différentes entre un érafloir et une tireuse.

Dans cet article, nous rappelons brièvement quelques points clés concernant la nettoyabilité. Beaucoup d'exigences techniques sont basées sur le bon sens et le retour d'expérience. Pour aller plus loin, nous indiquons en fin de documents certains guides ou ouvrages détaillant les principes de conception hygiénique. Dans une deuxième partie, nous présentons quelques travaux de recherche récents sur cette thématique, notamment sur les interactions matériaux/micro-organismes et sur l'optimisation des procédures d'hygiène.

1 Nettoyabilité : les points clés

1.1 Propriétés de surface :

Le choix des matériaux constitutifs des équipements et des contenants est un critère important. En premier lieu, ils doivent être conformes à la réglementation concernant le contact alimentaire, pour éviter les contaminations chimiques. Ensuite, leurs propriétés de surface (propriété physico-chimiques, topographie) jouent un rôle important sur la nettoyabilité.

Les surfaces lisses limitent l'accrochage des souillures et donc facilitent le nettoyage. A l'inverse, des surfaces rugueuses retiendront bien les souillures et seront difficiles à nettoyer. Une caractérisation de l'état de surface peut être réalisée par la mesure de la rugosité, exprimée en micron mètre (μm). La mesure consiste à déplacer sur la surface de la tôle un fin palpeur qui suit la micro géométrie de la surface. Le passage d'un état de surface de 0,5 à 1 μm double le temps d'enlèvement d'une même quantité de souillure.

En agroalimentaire, les surfaces de grande taille doivent avoir une rugosité moyenne inférieure ou égale à 0,8 μm . Cependant, plus que la rugosité elle-même, le paramètre important sur la nettoyabilité semble être le mode d'obtention de cette rugosité (polissage mécanique, polissage électrolytique).

L'état de surface peut évoluer dans le temps par oxydation, corrosion, rayures, abrasion, usure, encrassement... Le nettoyage chimique lui-même est susceptible d'endommager les surfaces. Le maintien d'un état de surface adapté nécessite donc des conditions d'utilisation spécifiques, à faire préciser par le fournisseur.

Au-delà des performances purement hygiéniques, un état de surface lisse permet des économies d'eau et de produits de nettoyage/désinfection. En effet, selon l'état de surface, les dépôts adhèrent plus ou moins fortement. Quelques valeurs de consommation d'eau (pour 100 hl de cuverie) sont mentionnées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Volume d'eau nécessaire pour le nettoyage de cuve. Moyenne de 200 mesures. Desenne, 2010.

Type de cuve	Volume d'eau pour le nettoyage (l/100 hl de cuverie)
Béton non revêtu	133
Béton revêtu résine époxydique	108
Fibre de verre	65
Acier inoxydable 2B	101
Acier inoxydable électropoli	34

Cas particulier des aciers inoxydables :

L'état de surface d'une tôle d'acier inoxydable dépend du type de finition réalisée en aciérie. En œnologie, la finition « glacé de laminage à froid, décapé », type 2B, est la plus utilisée pour les cuves de vinification et de stockage. Elle donne un aspect lisse légèrement brillant, satisfaisant en termes de nettoyabilité. La finition « recuit brillant » 2R (parfois appelée RB ou 2RB), de rugosité inférieure est encore plus facile à nettoyer que la finition 2B, mais avec un coût supérieur.

Lorsque les pièces sont déformées par la fabrication, soudées, ou pour des applications particulières (échangeurs de chaleur, drains, embouteillage...) un traitement de surface complémentaire peut-être réalisé : polissage mécanique ou polissage électrolytique.

Le polissage mécanique entraîne une diminution de la rugosité. Il est réalisé à l'aide d'abrasifs, avec des grains généralement de 120, 180 voire plus (plus le numéro de grain est élevé, plus fin est le polissage). Le poli-miroir est obtenu à l'aide d'abrasif encore plus fin. Le polissage électrolytique permet de dissoudre les aspérités du métal dans un bain acide par voie électrolytique. Ce type de finition, de même que le poli-miroir, permet de limiter l'adhérence des souillures, notamment du tartre. Il est donc recommandé notamment pour les surfaces d'échanges thermiques (échangeurs drapeaux) ou lorsque les exigences en terme d'hygiène sont très élevées.

Tableau 2 : Quelques valeurs de rugosité pour des surfaces en acier inoxydable

Finition	Rugosité Ra en μm
Glacé de laminage à froid 2B	$Ra \leq 0.4 \mu\text{m}$
Recuit Brillant 2 R	$Ra \leq 0.1 \mu\text{m}$
Poli miroir	$Ra \leq 0.05 \mu\text{m}$
Electropoli	$Ra \leq 0.03 \mu\text{m}$

La qualité des soudures et leurs finitions ont une incidence importante sur la nettoyabilité. La soudure doit être continue et réalisée sous gaz neutre (un défaut de protection vis à vis de l'air lors du soudage se traduit par une perte de chrome compromettant la résistance à la corrosion). Des procédés de soudage appropriés doivent être utilisés, par des soudeurs qualifiés. Les soudures intérieures doivent être lisses, ne pas présenter d'anfractuosités ou de recoins susceptibles de gêner le nettoyage. D'après les travaux du CIVC, une finition des soudures par meulage et polissage est préférable à un simple décapage.

1.2 Aptitude à la vidange, absences de points morts et d'angles vifs

La conception des équipements et des contenants doit permettre une vidange totale, sans stagnation de vin, d'eau ou de solution de nettoyage. A titre d'exemple, le fond des cuves doit avoir une pente suffisante (2 à 3 % minimum). Les pompes à vin doivent pouvoir être « purgées » après utilisation. L'utilisation de tuyaux souples, intéressants pour leur grande modularité, peut également conduire à créer des zones de rétention si des procédures adaptées ne sont pas appliquées.

En ce qui concerne les raccords, des expérimentations ont mis en évidence la difficulté de nettoyage des raccords types Mâcon. Des raccords de type DIN ou SMS sont préférables vis-à-vis de l'hygiène

1.3 Accessibilité aux surfaces au contact du produit

Les surfaces au contact avec le produit (vendange, mout, vin) doivent être de préférence accessibles pour faciliter le nettoyage et contrôler son efficacité. Ceci nécessite des pièces rapidement démontables. A titre d'illustration, par impossibilité de démontage, certaines surfaces d'égouttage, certains corps de pompe, amortisseurs de pulsation (« cloches à air »), certaines bandes transporteuses restent à ce jour très difficilement nettoyables.

Pour des surfaces non accessibles, comme par exemple l'intérieur des canalisations, l'action mécanique nécessaire au nettoyage peut être apportée par un fort débit, avec contre pression. En circuit fermé, l'effet mécanique dépend également de la vitesse de circulation du liquide, qui doit être supérieure à 1 m/s pour obtenir un régime turbulent

2 Voies d'amélioration : quelques exemples de travaux de recherche récents

2.1 Comportement bio-adhésif des levures du genre *Brettanomyces*.

Plusieurs travaux ont mis en évidence la présence de microorganismes d'altérations, dont les levures du genre *Brettanomyces* sur des surfaces difficiles à nettoyer, ainsi que leur aptitude à résister aux produits chimiques, au SO₂, notamment sous forme de cellule VNC (viable non cultivable). Ces constats ont conduit à l'émergence de nouvelles recherches visant à la compréhension des mécanismes de l'installation, du maintien et de l'élimination des biofilms (communauté de microorganismes organisée pour résister aux conditions difficiles).

L'aptitude à l'adhésion de 12 souches de *Brettanomyces* a été évaluée en laboratoire sur trois matériaux (le verre, le PET, l'acier inoxydable). L'adhésion la plus élevée est obtenue sur l'acier inoxydable. Sur les trois matériaux, les niveaux de biocontamination varient selon les souches de levures. Toutes les souches ont montré une capacité à former des biofilms, avec une architecture soucho-dépendantes

2.2 Cinétique d'adhésion des levures *Brettanomyces* dans des canalisations

Un circuit test a été réalisé avec la collaboration du CETIM (centre Technique des Industries Mécaniques). Celui-ci comporte des coupons extractibles permettent de suivre l'adhésion des micro-organismes dans le temps et de caractériser leur cinétique d'encrassement. Les expérimentations sont réalisées sur un vin modèle contaminé avec et pour trois souches différentes de *Brettanomyces*.

La cinétique d'adhésion varie selon les souches. Les « pics » de contamination (population maximale de microorganismes par unité de surface, exprimée en UFC/cm²) sont constatés après 1h30 à 3 heures de circulation en circuit fermé. Les niveaux de contamination obtenus varient d'un facteur de 1 à 3 selon les souches. Les trois souches testées montrent une aptitude certaine à résister à une procédure de nettoyage/désinfection et à recontaminer un vin stérile.



Photo 1 : Manchon équipé des coupons extractibles (inox) incorporé au circuit-test (P. Poupault. IFV)

Ces travaux soulignent donc que les contaminations en levures *Brettanomyces* dépendent non seulement des propriétés des matériaux et de leur état de surface, mais également des caractéristiques des souches (interactions avec les surfaces). A terme, ces études devraient permettre d'optimiser les procédures d'hygiène à mettre en place pour réduire l'adhésion et maîtriser les contaminations (pour éviter les déviations organoleptiques).

2.3 Optimisation des opérations de rinçage

Le rinçage a pour objectif d'éliminer les traces de produit (mout, vin...) et les résidus de produit de nettoyage / désinfection. L'optimisation de cette opération doit prendre en compte l'efficacité de l'opération (élimination des traces de vin ou de produit de N/D) et les quantités d'eau consommées. Les études ont permis d'identifier la conductivité électrique comme traceur pertinent de la qualité des eaux de rinçage en comparaison avec les autres indicateurs. Son utilisation peut permettre d'optimiser cette opération, permettant de la piloter à partir de critères précis les quantités d'eau à utiliser.

Une nouvelle procédure de rinçage par raclage des canalisations a également été expérimentée. La progression du racleur (silicone ou éponge) permet de réaliser un rinçage complet et efficace des tuyauteries, en autorisant d'importantes réductions de consommation en eau (plus de 80 %). En fin de rinçage, les canalisations ne contiennent plus d'eau résiduelle, ce qui est favorable à l'hygiène.

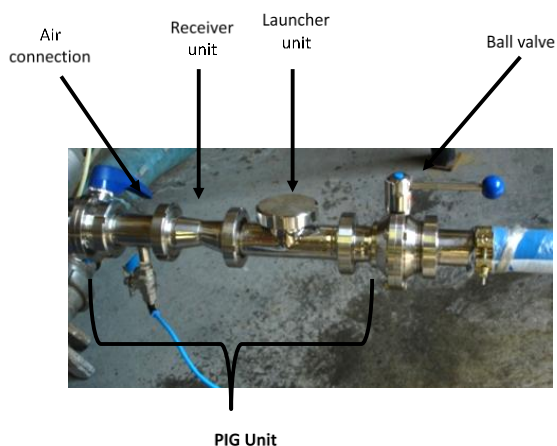


Photo 2: système de rinçage des canalisations par racleurs. JM Desseigne, IFV

Conclusion

La « nettoyabilité » (aptitude au nettoyage) des équipements et plus globalement des installations est un critère important de différenciation des fournisseurs. Au-delà des aspects qualitatifs, prioritaires, elle joue un rôle prépondérant sur de nombreux aspects environnementaux (eau, effluents, déchets, énergie...).

L'aptitude au nettoyage repose sur un certain nombre de principes, certains très simples. D'autres, plus complexes, sont principalement issus d'études réalisées en industries agroalimentaires, et détaillés dans plusieurs guides ou ouvrage de référence (EHEDG, standards 3A...). La production vinicole a cependant de nombreuses spécificités, et la simple transposition de recommandations issues de l'agro-alimentaire peut conduire **parfois** à des erreurs.

L'efficacité du nettoyage d'un équipement dépend de sa conception, des procédures d'hygiène mises en place et des conditions d'encrassement et d'adhésion des micro-organismes. Les travaux réalisés ont mis en évidence les particularités des levures du genre *Brettanomyces*: « affinité » pour certains matériaux, comportement variables selon les souches.

Ces premiers travaux sont à poursuivre pour mieux comprendre ces phénomènes d'adhésion aux surfaces, l'objectif étant de mieux maîtriser les contaminations. Ces études sont réalisées dans le cadre d'un réseau associant plusieurs filières agroalimentaires et des centres de recherche (RMT Chlean).

Pour en savoir plus :

- Guidelines EHEDG (European Hygienic Engineering Design Group)
- Conception hygiénique de matériel et nettoyage-désinfection, 2016. Tec&DOC Lavoisier. Ouvrage auquel l'IFV a collaboré
- Poupault P., 2015. Caractérisation des phénomènes de bio-adhésion à l'origine des altérations des vins, 2015. 10ème Symposium International d'œnologie, 29 juin-1er juillet 2015, Bordeaux, France.

Copyright MatéVi. Toute reproduction totale ou partielle des contenus est strictement interdite. Pour pouvoir les diffuser, contactez-nous.