

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 pour préserver d'une part la santé du consommateur et d'autre part les qualités organoleptiques du produit.

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 très 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 (le 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 de déviations ou de contaminations microbiologiques. Elles pourront, par exemple, être très différentes entre un érafloir et une tireuse.

Les points clés de la nettoyabilité du matériel

● Avoir des surfaces lisses

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. Le tableau ci-contre illustre ces propos.

● Moyenne des observations réalisées sur des cuves de 50 à 600 hl. Desenne. Matevi

Type de cuve	Volume d'eau pour le nettoyage (l/100 hl de cuverie)	Flux de pollution (g/100 hl de cuverie)
Béton non revêtu	133	1567
Béton revêtu résine époxydique	108	2394
Fibre de verre	65	1452
Acier inoxydable 2B	101	1040
Acier inoxydable électropoli	34	672

✂ **Pour les tôles en acier**, 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 saleté. 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).

✂ **Pour les matériaux synthétiques** (polymères), plus que la rugosité, c'est la porosité qui semble être le critère le plus pertinent pour apprécier leur nettoyabilité.

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, qui doivent être précisées par le fournisseur.

✂ **Cas particulier des aciers inoxydables :**

L'état de surface d'une tôle en 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 terme 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.

L'état de surface final est obtenu 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.

Un autre moyen de polissage, est l'utilisation d'un bain acide par voie électrolytique qui permet de dissoudre les aspérités du métal. Ce type de finition, de même que le poli-miroir, permet de limiter l'adhérence des saletés, notamment du tartre. Il est donc recommandé notamment pour les surfaces d'échanges thermiques (échangeurs drapés) ou lorsque les exigences en terme d'hygiène sont très élevées.

La valeur de rugosité (R_a) retenue pour des équipements dit « hygiéniques » est généralement inférieure à 0.8 μm .

En résumé, ci-dessous quelques valeurs de rugosité sont précisées à titre indicatif :

Type d'acier	Acier glacé laminage à froid 2B	$R_a \leq 0.4 \mu\text{m}$
	Recuit Brillant 2 R	$R_a \leq 0.1 \mu\text{m}$
Polissage mécanique	Polé miroir	$R_a \leq 0.05 \mu\text{m}$
	Grain 500	$R_a \leq 0.25 \mu\text{m}$
	Grain 250	$R_a \leq 0.4 \mu\text{m}$
	Grain 240	$R_a \leq 0.5 \mu\text{m}$
	Grain 180	$R_a \leq 0.6 \mu\text{m}$
	Grain 120	$R_a \leq 1.1 \mu\text{m}$
Polissage électrolytique	-	$R_a \leq 3.5 \mu\text{m}$
	-	$R_a \leq 0.03 \mu\text{m}$

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'infractuosités 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.

● Facilité de vidange, absence 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.

● Accès facile et rapide aux surfaces en contact avec le produit

Les surfaces au contact avec le produit (vendange, moût, 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 soit par un fort débit ou une 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.

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

● Comportement bio-adhésif des levures du genre *Brettanomyces* : les biofilms

Plusieurs travaux ont mis en évidence la présence de levures *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.

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-dépendante.

● 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 qui 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 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 par conséquent à la possibilité de recontaminer un vin stérile.

...Hygiène et nettoyabilité

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). À terme, ces études devraient permettre de mieux préciser les procédures d'hygiène à mettre en place pour maîtriser les contaminations et éviter les déviations organoleptiques.

● Optimisation des opérations de rinçage

Le rinçage a pour objectif d'éliminer les traces de produit (moût, vin...) ou 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 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.

Une bonne nettoyabilité des équipements vinicoles est aujourd'hui une nécessité reconnue par tous. D'un point de vue environnemental, les économies en eau, en produits de nettoyage et de désinfection et par voie de conséquence la diminution de la charge polluante sont autant d'améliorations intéressantes.

D'un point de vue qualité du produit et optimisation de l'utilisation du SO₂, une bonne maîtrise de l'hygiène, à tous les stades de l'élaboration du produit n'est plus à démontrer. Une bonne nettoyabilité du matériel participe à cette maîtrise.

Pour en savoir plus :

- Pascal Poupault, IFV – Pôle Val de Loire
pascal.poupault@vignevin.com
- Jean Michel Desseigne IFV – Pôle Rhône Méditerranée
jean-michel.desseigne@vignevin.com