



Filtration tangentielle : matériels et procédés

Jean-Michel DESSEIGNE : ITV France

- Tél : 04 66 20 67 00

Article « Matériel Agricole » Equipement Vigne, Hors série, Numéro 3, janv/février 2005

Introduction

L'œnologue doit produire des vins limpides et stables. La limpidité est en effet une des qualités généralement exigées par le consommateur. Un vin trouble ou des dépôts en fond de bouteille sont souvent perçus comme des signes d'altération.

Le procédé de clarification des vins actuellement le plus utilisé est la filtration par alluvionnage. L'obtention de la limpidité nécessite alors plusieurs passages successifs sur des filtres à plateaux ou des filtres à bougies, matériels qui consomment des quantités importantes d'adjuvants de filtration (cellulose, perlites ou/et Kieselguhr). Par rapport à ce mode de clarification, la filtration tangentielle peut présenter de nombreux atouts. La clarification d'un vin brut peut être réalisée en un seul passage, avec l'obtention d'un vin brillant et micro-biologiquement « pauvre » en germes, sans utilisation de terres de filtration. La conduite de la filtration peut également être plus ou moins automatisée selon les besoins.

La microfiltration tangentielle suscite donc de plus en plus d'intérêts tant auprès des œnologues que des industriels. Les matériels ont fait l'objet d'évolutions techniques significatives ces dernières années, une dizaine d'équipementiers proposant des machines de conceptions souvent très diverses. Si la filtration tangentielle, en tant que nouvelle technologie, a fait l'objet d'un nombre important d'essais, les données disponibles concernant les matériels restent peu nombreuses.

L'ITV a réalisé des essais sur ces matériels en 2003 et 2004. Ils ont permis de mettre en évidence la très grande variabilité des performances selon les vins filtrés, pour un vin donné selon les matériels utilisés, et pour un filtre donné selon les conditions d'utilisation. Le choix du matériel le plus adapté reste donc à ce jour complexe, et il demeure nécessaire d'effectuer des essais pour tester le matériel.

Principe

La filtration tangentielle consiste à faire circuler le liquide à filtrer parallèlement à une membrane poreuse. Sous l'action d'un gradient de pression (pression trans-membranaire), le liquide passe au travers de la membrane et se clarifie. Le flux tangentiel crée des turbulences, des contraintes de cisaillement qui limitent l'accumulation de particules à la surface de la membrane et retarde ainsi son colmatage. Contrairement à la filtration frontale,

ce procédé permet donc de filtrer des liquides chargés avec un agent filtrant de faible porosité.

Cependant, le vin est un milieu complexe, contenant des particules à fort pouvoir colmatant, comme les polysaccharides et les polyphénols. Ainsi, malgré le flux tangential, il se produit un colmatage progressif des membranes. Ce colmatage est expliqué par différents phénomènes : dépôts de particules, formation d'une couche sur-concentrée à la surface de la membrane, absorption et adsorption. Pour limiter ces phénomènes de colmatage, des rétro-filtrations (back-pulses) ou inversions de flux doivent être réalisées à intervalles réguliers (généralement toutes les deux ou trois minutes).

Les membranes sont caractérisées par leur porosité (ou pourcentage de vide), leur perméabilité, leur diamètre moyen des pores et la répartition des diamètres autour de cette moyenne. En œnologie, des diamètres moyens de 0,2 µm sont actuellement les plus souvent utilisés.

Les membranes sont constituées d'une couche support et d'une couche filtrante de très faible épaisseur. Ce sont des membranes organiques ou des membranes minérales. Les membranes organiques sont élaborées à partir de polymères organiques de synthèse : polysulfone, polyether sulfone, polyamide, polyfluorures vinyliques... Les membranes minérales sont constituées de couches de céramiques poreuses : carbone aggloméré, oxydes d'alumine, oxydes de titane ou de zircon.

Si les premières membranes testées en œnologie ont été des membranes minérales, ce sont surtout les membranes organiques qui ont connu un développement important à partir des années 1990, car engendrant moins de rétentions en macromolécules. De récents travaux de recherches réalisés par l'Inra et un industriel (Tami-Siva) ont permis de mettre au point de nouvelles membranes céramiques en oxyde de titane, adaptées spécifiquement au vin. Ces dernières membranes ont particulièrement résistantes aux hautes températures, aux produits chimiques et aux pressions élevées.

Les membranes sont insérées dans un dispositif que l'on appelle module. La surface dans chaque module et le nombre de modules déterminent la surface filtrante totale du filtre. Selon la configuration, on distingue les modules plans, spirales, tubulaires et capillaires. Les modules plans rappellent par leur configuration les filtres-presses ou les filtres à plaques, mais sont peu utilisés. Les modules spirales ne sont proposés que par un seul équipementier. Ils sont obtenus par enroulement d'une membrane plane autour d'un axe central, avec comme avantage une grande compacité et un investissement comparativement plus faible. La plupart des équipements équipés de membranes organiques ont des modules capillaires, constitués de fibres cylindriques de très faibles diamètres (de l'ordre du millimètre). Cette configuration, parfois également appelée « fibres creuses », permet de développer une grande surface de filtration dans un encombrement réduit. Les membranes céramiques ont une géométrie de forme tubulaire, c'est à dire constituées de tubes creux cylindriques avec des diamètres de l'ordre de 1 cm. Afin de réduire l'encombrement, les fabricants de membranes céramiques proposent désormais des tubes multicanaux, permettant d'augmenter le rapport surface/volume, et ainsi de diminuer l'encombrement et les volumes morts.

Principales applications en œnologie

La microfiltration tangentielle peut intervenir aux différents stades de l'élaboration et de stabilisation des vins.

L'application la plus courante actuellement est la filtration des vins avant l'embouteillage final. Elle constitue alors une alternative à la filtration par alluvionnage réalisée par des filtres à plateaux horizontaux ou des filtres à bougies. Ce mode de filtration, utilisant des terres comme média filtrant, est fonctionnelle mais peut poser des problèmes au niveau technique et environnemental. En effet, la clarification des vins nécessite au minimum deux filtrations successives avec des terres de perméabilités différentes (terres « blanches » puis terres « roses »), avant la filtration finale sur plaques ou cartouches. La réussite du cycle de filtration nécessite un savoir-faire certain du filtreur. La clarification engendre des consommations importantes de terres de filtration, diatomées ou Kieselguhr, dont l'utilisation sera à notre avis de plus en plus contraignante. En effet, la nouvelle réglementation sur les déchets (2002) impose une valorisation « environnementale » de tout déchet non ultime, dont font partie les terres de filtration après utilisation. Cette valorisation peut prendre différentes formes : épandage, co-compostage, récupération de sous-produits... Dans tous les cas, elle engendre des surcoûts. L'autre problématique est liée aux risques induits par la manipulation des terres de filtration. En effet, celles-ci contiennent des fines particules de silice cristalline, potentiellement dangereuses (silicose, voire risques accrus de cancer des voies respiratoires). La protection du personnel doit être assurée (masques, mises en place de systèmes spécifiques sur les filtres ...)

La micro-filtration tangentielle présente de nombreux avantages par rapport à la filtration par alluvionnage. La clarification d'un vin brut est réalisée en un seul passage, tant en autorisant une stabilité microbiologique. A cet atout majeur s'ajoutent l'automatisation du procédé, le nettoyage en place, le gain de main d'œuvre, la diminution possible des rejets et des pertes de vin.

Si c'est dans la clarification et la stabilisation finale des vins que cette nouvelle technologie offre le plus grand intérêt, elle peut offrir d'autres applications. Ainsi, elle peut être utilisée si besoin en filtration précoce des vins après fermentation alcoolique ou malolactique, notamment dans le cas où les risques de déviations liées à des micro organismes indésirables sont importants (levures *Brettanomyces*, bactéries lactiques, bactéries acétiques...). Elle offre donc une alternative aux technologies curatives classiquement employées comme le sulfitage massif ou la flash-pasteurisation.

La microfiltration tangentielle connaît également un développement récent pour le mutage des vins moelleux ou liquoreux. De récentes expérimentations effectuées par l'ITV France ont effet démontrées que la filtration tangentielle permet de réduire significativement les doses de SO₂ nécessaires à la stabilisation de ce type de produit, sans engendrer de modifications des caractéristiques organoleptiques.

Une autre application envisageable est la clarification des moûts blancs et rosés avant fermentation, réalisée actuellement par décantation statique à froid, centrifugation et plus ponctuellement par flottation. Cette clarification est nécessaire pour l'obtention de vins aromatiques. La micro-filtration tangentielle est fonctionnelle pour cette application mais reste encore peu utilisée, car les coûts d'investissement ne peuvent généralement pas être rentabilisés par cette seule application. Le développement de filtres polyvalents, utilisables sur moûts et sur vins, devrait lever ce frein économique.

La clarification des bourbes de moûts blancs et celles des moûts rouges très chargés issus des chaînes de traitement thermique de la vendange font l'objet de nombreuses recherches. L'objectif est d'apporter une alternative aux filtres rotatifs sous vide, matériels très performants mais qui nécessitent l'utilisation de fortes quantités de terres de filtration. Les débits obtenus actuellement en microfiltration tangentielle sont encore trop faibles, ces produits étant très colmatants.

Essais réalisés

Deux types d'expérimentations ont été mis en place sur des filtres de trois marques différentes: des essais comparatifs, les filtres étant placés exactement dans les mêmes conditions expérimentales et des essais sur sites de production, permettant d'étudier le comportement des matériels en conditions réelles d'utilisation.

Les essais comparatifs ont été réalisés sur un vin rouge AOC Corbières du millésime 2002, non pré-clarifié, d'une turbidité de 20 NTU, d'un indice V_{max} de 48. Trois lots homogènes ont été effectués. Le premier filtre, MFT1, est équipé de membranes organiques en poly sulfone, de type capillaire, d'une porosité moyenne voisine de $0,2\mu m$ et d'une surface filtrante de $20 m^2$. Il est muni d'un système de rétro-filtration automatique qui s'enclenche toutes les une à deux minutes. L'ensemble a un fonctionnement automatisé. Une des particularités de ce matériel est de réaliser des lavages intermédiaires à l'eau en cours de filtration, avec pour objectif de décolmater la membrane et donc d'augmenter les débits instantanés de filtration. La fréquence et les caractéristiques de ces rinçages intermédiaires sont programmables ou gérées directement par l'automate. La membrane du deuxième filtre, MFT2, est également une membrane organique de type capillaire avec des diamètres moyens de pores de $0.2 \mu m$, les modules étant insérés dans des carters transparents. Le filtre est composé de 4 modules de $8m^2$, soit une surface filtrante de $32 m^2$. Le fonctionnement de l'appareil est entièrement géré par automate programmable industriel et le filtre est instrumenté de différents capteurs : débitmètre, sondes de température, turbidimètre. Le troisième filtre, MFT3, est de conception très différente, muni d'une membrane minérale en céramique, la couche filtrante étant constituée d'une fine couche d'oxyde de titane. La membrane est de type tubulaire multicanaux, avec un diamètre de pores moyens proche de $0.2 \mu m$. La boucle hydraulique est également de conception originale, chaque module étant équipé de sa propre pompe et de sa propre boucle de circulation. Cette configuration permet de rendre chaque module autonome et de réduire les volumes morts. Le filtre testé lors des essais comparatifs avait une surface filtrante de $10m^2$.

Les essais en conditions réelles de production ont concerné des matériels de même marque que ceux testés lors des essais comparatifs, de différentes surfaces filtrantes. Ils ont été réalisés dans 11 sites différents. Sur chaque site, les suivis ont été effectués sur environ une semaine de production.

Les résultats concernant les débits, exprimés en litres de vin filtrés par heure et par m^2 de surface filtrante, mettent en évidence la grande variabilité des performances selon les couples filtre / vin à filtrer.

Pour un vin donné, dans les mêmes conditions expérimentales, les performances en terme de débits peuvent varier fortement selon les matériels. Ainsi, lors de l'essai comparatif, les densités de flux moyennes ressortent respectivement à $29 l/h/m^2$, $87 l/h/m^2$ et $105 l/h/m^2$. Le filtre céramique assure les débits de filtration les plus élevés. La différence de débits entre les deux filtres équipés de membrane organique est particulièrement notable et pourrait s'expliquer par la composition chimique différente des matériaux membranaires. On ne peut pas conclure que le premier filtre est moins performant, mais seulement qu'il est moins adapté aux caractéristiques du vin filtré. Des débits très supérieurs sur d'autres vins rouges ont en effet été mis en évidence lors des essais sur sites.

Pour un filtre donné, les performances quantitatives peuvent varier très fortement selon les vins, dans une fourchette de valeurs pouvant aller de 1 à 3. Comme le montre le graphique 1, cette variabilité s'explique par un colmatage plus ou moins rapide de la membrane, qui se

traduit par une chute des valeurs de débit observable dès le début du cycle de filtration. Il n'y a cependant pas de relations simples entre les caractéristiques des vins (comme la turbidité, le V_{max} , la teneur en polyphénols ou en polysaccharides) et leurs comportements au cours de filtration. La « filtrabilité » d'un vin sur membrane de microfiltration tangentielle reste à ce jour difficile à prévoir.

En raison du colmatage progressif des membranes, les débits moyens de filtration obtenus sont également fonction des conditions d'utilisation des filtres, notamment de la durée des cycles de filtration et de la gestion des rinçages ou régénérations chimiques. Lors des essais les densités de flux moyennes se sont situées entre 28 à 120 l/h /m².

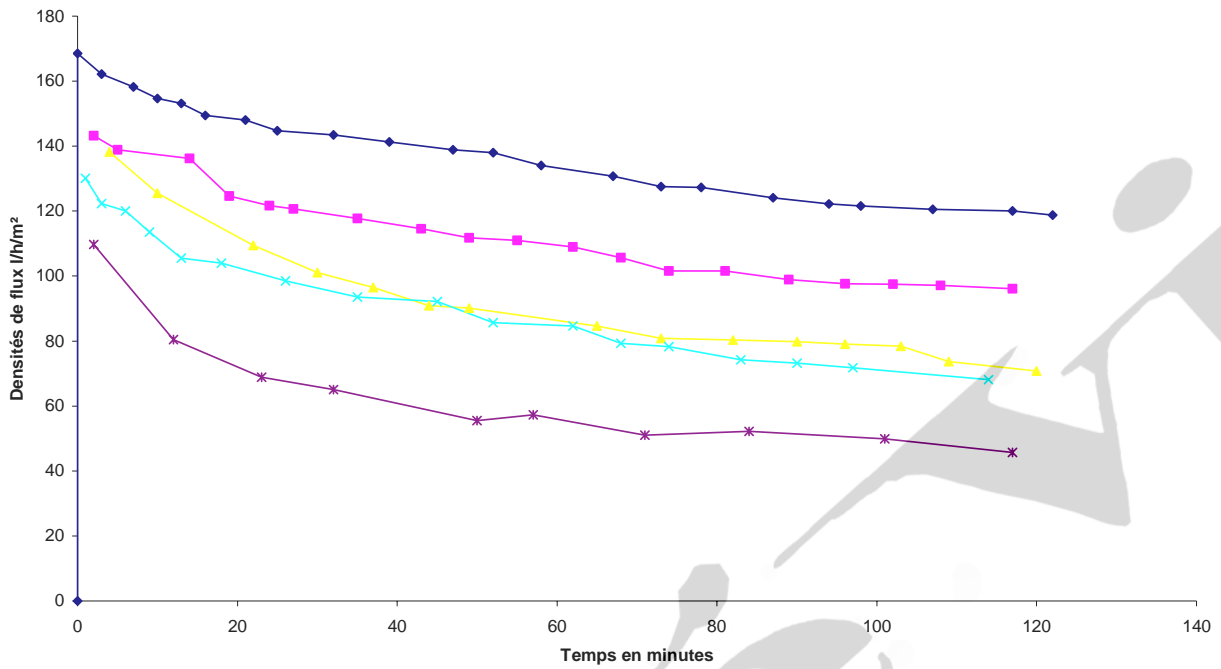
Pour tous les matériels, les performances en terme de clarification sont excellentes avec des turbidités inférieures à 1 NTU et des indices de colmatage compatibles avec une filtration finale sur membrane. La rétention en levures est quasi totale mais selon les filtres et surtout les conditions d'utilisation, il peut rester des populations résiduelles de bactéries. Une garantie de mise en bouteille pauvre en germes nécessitera donc toujours une filtration finale sur membrane, des re-contaminations étant fréquemment mises en évidence en aval des filtres (canalisations, cuves).

D'un point de vue analytique, il n'a pas été mis en évidence de modifications sensibles de la teneur des vins filtrés en polyphénols. La rétention en colloïdes totaux est faible (quelques pourcents) et non discriminante. En dégustation, aucune différence significative n'a été mise en évidence.

L'importante consommation d'eau nécessaire pour le lavage et la régénération des membranes est souvent considérée comme un des points faibles de la filtration tangentielle. Ces consommations d'eau sont dans la pratique très variables selon les matériels et surtout les conditions d'utilisation : de quelques litres à plus de 20 litres par hl filtré. La fréquence des rinçages à l'eau et surtout des nettoyages chimiques explique en grande partie ces fortes fluctuations. Le filtre en membrane céramique testé, en raison du matériau membranaire utilisé et de la configuration de la boucle hydraulique peut permettre de réduire significativement les quantités d'eau nécessaires lors des rinçages. A l'inverse, les rinçages intermédiaires à l'eau en cours de filtration sur le premier filtre à membrane organique peut engendrer des consommations excessives en cas de mauvaises utilisations.

En conclusion, les essais réalisés ont confirmé les atouts de la microfiltration tangentielle. Les filtres tangentiels expérimentés ont permis d'obtenir des vins de faibles turbidités, « pauvres » en germes, et conservant leurs caractéristiques organoleptiques. Ils ont également mis en évidence des comportements en terme de flux pouvant être très différents selon la conception et les caractéristiques propres des filtres. Il est cependant difficile d'affirmer qu'un filtre est « meilleur » qu'un autre, l'efficacité pouvant être très variable selon les vins filtrés et les conditions d'utilisation. Or la « filtrabilité » d'un vin sur membrane de microfiltration tangentielle reste à ce jour difficile à prévoir. Dans ces conditions, le choix du matériel le mieux adapté et un dimensionnement optimisé nécessitent donc toujours d'effectuer des essais sur sites pour tester les matériels.

Evolution des densités de flux pour 5 vins rouges sur un même filtre tangential



Consommations d'eau par hl filtre dans différents sites

