

Etude comparative de différents filtres tangentiels en œnologie

J. DUCRUET, Anne-Claire SILVESTRI et P. HIPPENMEYER, Ecole d'ingénieurs de Changins, 1260 Nyon 1

@ E-mail: julien.ducruet@eic.vd.ch
Tél. (+41) 22 36 34 050.

Résumé

Afin de répondre aux exigences de l'œnologue, les constructeurs de filtres tangentiels proposent des appareils de plus en plus performants et respectueux du vin. Une évaluation régulière des nouveaux appareils du marché est donc nécessaire. Les résultats d'une étude, comparant quatre filtres tangentiels sur le plan des performances et du respect de la qualité des vins, font apparaître que les systèmes de filtration et de pilotage des filtres ont autant d'importance que le type de membranes utilisées (céramique ou polysulfone). Une nouvelle génération de membranes en polysulfone donne des performances désormais comparables, voire supérieures à celles des membranes céramiques. Enfin, sur le plan microbiologique, le diamètre moyen des pores des membranes de $0,2 \mu\text{m}$ permet de retenir la majeure partie des micro-organismes, mais pas la totalité.

Introduction

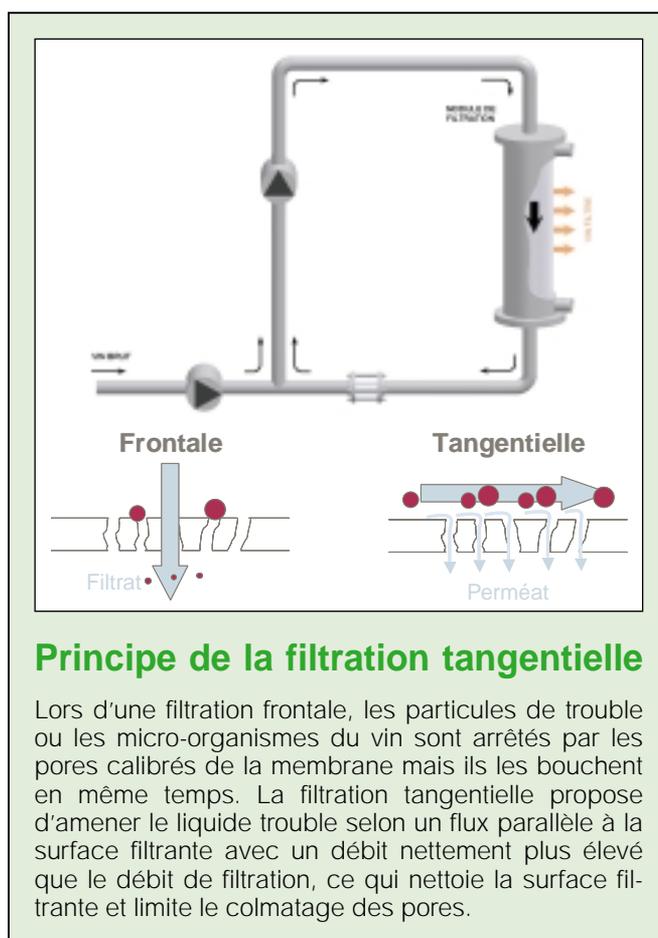
En œnologie, la filtration tangentielle (voir encadré) est une technique en constante évolution (Vernhet *et al.*, 1998). Les appareils et les membranes font des progrès permanents et il est important de pouvoir évaluer régulièrement les performances et la qualité de ce type de filtration (Cuénat *et al.*, 2003; Sibille *et al.*, 2006).

Les résultats d'un travail de comparaison de différents filtres et membranes sont exposés dans cet article, notamment à l'égard du comportement dynamique de chaque filtre et de l'incidence de la filtration sur la qualité et la composition des vins.

Matériels et méthodes

Vins

- **Vin 1:** Chasselas Genève filtré tangentiel le 18/01/05
- **Vin 2:** vin de lies rouges filtré tangentiel le 21/01/05
- **Vin 3:** Chasselas Genève filtré tangentiel le 24/01/05
- **Vin 4:** Gamay rosé filtré tangentiel le 25/01/05.



Principe de la filtration tangentielle

Lors d'une filtration frontale, les particules de trouble ou les micro-organismes du vin sont arrêtés par les pores calibrés de la membrane mais ils les bouchent en même temps. La filtration tangentielle propose d'amener le liquide trouble selon un flux parallèle à la surface filtrante avec un débit nettement plus élevé que le débit de filtration, ce qui nettoie la surface filtrante et limite le colmatage des pores.

Filtrations tangentielles

Les vins ont été filtrés en janvier 2005; il s'agissait d'une filtration dégrossissante sur du vin correctement décanté. Les différentes filtrations se sont déroulées dans la même journée et sur un même vin:

- **T:** témoin, filtration dégrossissante sur AF31 (sélectivité de $15-5 \mu\text{m}$) suivie d'une filtration stérile sur AF100 ($1,5-0,5 \mu\text{m}$).
- **DT:** filtre Della Toffola avec membrane céramique (50 m^2). Avec ce filtre, les commandes sont effectuées sur écran tactile; le logiciel gère la pression transmembranaire (PTM), la fréquence du rétro-lavage et le pourcentage des deux concentrats. Un concentrat se trouve dans la cuve du filtre et l'autre retourne dans la

cuve d'alimentation. Dans notre essai, le deuxième concentrat est dirigé vers une cuve isolée de façon à ne pas fausser les résultats.

- **X**: autre modèle de filtre avec membrane céramique (20 m²).
- **VB**: filtre Vaslin Bucher FM40 avec membrane organique (37 m²). Avec ce filtre, le tableau de commande, plus traditionnel, est divisé en quatre zones:
 - zone 1: affiche les messages relatifs au fonctionnement
 - zone 2: fonctionnement
 - zone 3: marche/arrêt
 - zone 4: réglages, débit/module, pression transmembranaire, pourcentage final du concentrat et rinçages en cours de filtration.
- **Y**: filtre à commandes manuelles avec membrane organique (35 m²).

Dès la fin des filtrations, les vins ont été élevés en bonbonnes de 30 l. Les vins témoins ont été filtrés sur plaque AF31 et AF100. Les autres vins sont filtrés sur AF100. Le conditionnement se fait après la filtration sur AF100.

Comportement dynamique pendant la filtration

Afin de comparer le comportement dynamique de chaque filtre, les relevés suivants ont été effectués tout au long des filtrations:

- Débit instantané (en fonction de temps)
- Volume filtré (en fonction de temps)
- Pression transmembranaire (en fonction de temps)
- Température de sortie (en fonction de temps)
- Apport d'oxygène et température entrée et sortie (oxymètre, électrode de Clark).

Analyse des vins avant et après filtration

Les analyses physico-chimiques ont été pratiquées sur les vins pendant ou après la filtration.

- **Composition**: WinScan calibré pour les teneurs en alcool (% vol.), sucres résiduels (g/l), pH, acidité totale en équivalent tartrique (g/l), extrait sec (g/l), acide tartrique (g/l), acide malique (g/l), acide lactique (g/l), acide acétique (g/l)
- **Turbidité**: mesure du trouble des vins à l'aide d'un néphélomètre
- **Indice de colmatage**: mesure du temps d'écoulement du vin à travers une membrane-test d'un diamètre de 25 mm et d'une porosité de 0,65 μm avec une pression de filtration de 2 bars. Les temps d'écoulement (en secondes) de 200, 400 et 600 ml de vin permettent de calculer son IC (Indice de colmatage):

$$- IC = T_{400ml} - 2 T_{200ml}$$

ou

$$- ICM = (T_{600ml} - T_{200ml}) - 2(T_{400ml} - T_{200ml})$$

- **O₂**: mesures effectuées avec une électrode de Clark
- **CO₂**: mesures effectuées avec une éprouvette de Haertl.

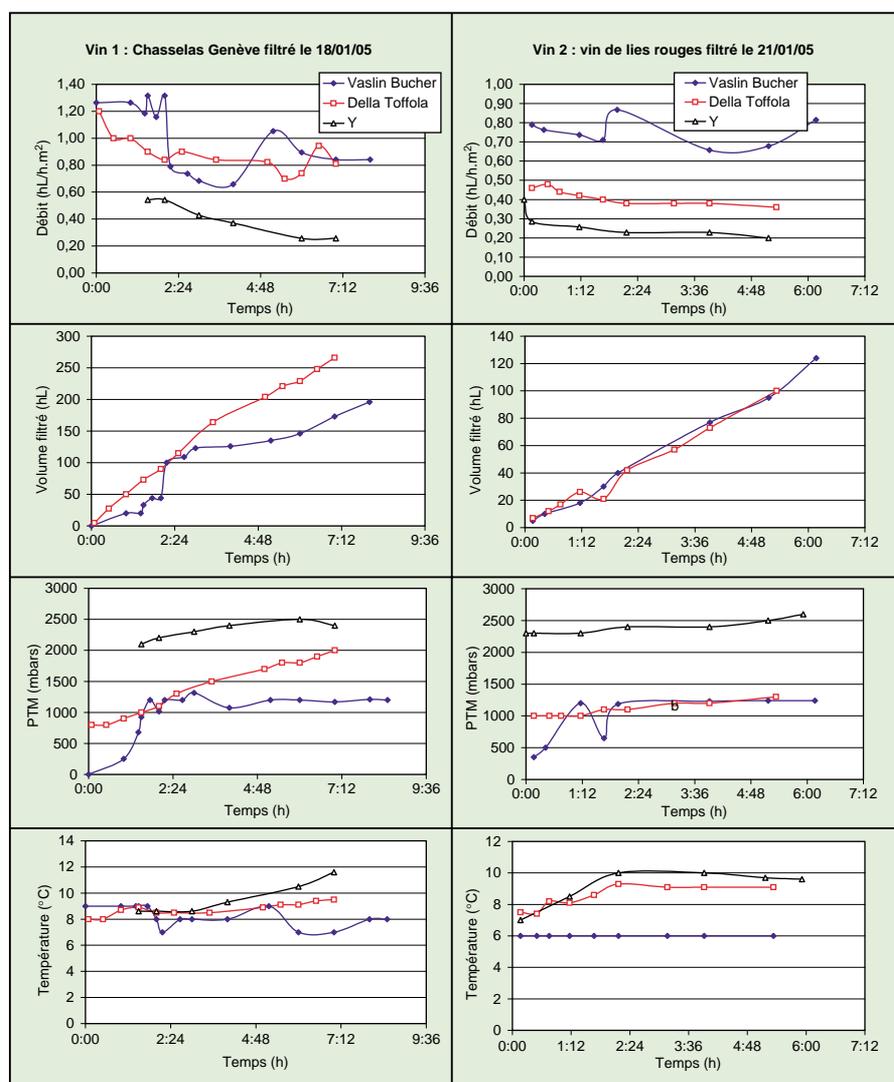


Fig. 1. Comportement dynamique des filtres VB, DT et Y sur les vins expérimentaux 1 et 2.

Mode opératoire

Les prélèvements sont faits dans des bouteilles (Duran) stérilisées à l'autoclave. Un robinet de prélèvement est installé sur la sortie du filtre. Après avoir stérilisé le robinet à l'alcool et avoir fait couler plusieurs litres, le vin est prélevé rapidement. Dans ces conditions, proches de la pratique, la contamination des échantillons est négligeable. Les échantillons sont analysés peu après le prélèvement et un double est conservé à 10 °C. Après filtration tangentielle, 500 ml de vin sont filtrés dans des conditions stériles sur une membrane de 0,45 μm. La membrane est mise en culture sur un milieu de croissance WL¹ (pour levures et bactéries) à 25 °C. Les témoins non filtrés, et donc plus concentrés en germes, sont étalés directement en boîte de Petri, à des dilutions de 10⁻¹ à 10⁻⁴. Les boîtes sont observées quotidiennement. La différenciation entre levures et bactéries se fait colonie par colonie au microscope optique.

¹Composition: extrait de levures, caséine hydrolysate, glucose, potassium dihydrogénophosphates, chlorure de potassium, chlorure de calcium, sulfate de magnésium, chlorure de fer, sulfate de manganèse, vert de bromocrésol, Agar.

Analyses sensorielles

Les analyses sensorielles ont eu lieu trois mois après filtration sur les vins 3 et 4, respectivement du Chasselas de Genève filtré le 24/01/05 et du rosé de Gamay filtré le 25/01/05. Pour chaque vin, les modalités T, VB, Y et DT ont été examinées.

Un test triangulaire en verre noir est d'abord pratiqué: les vins sont comparés deux à deux avec des séries de trois verres distribués de façon aléatoire. Le dégustateur doit retrouver le vin qui n'a été servi qu'une seule fois, avec donc une chance sur trois de trouver juste. Dans le cas de cette étude, avec onze dégustateurs, une différence est significative si au moins sept dégustateurs sur onze trouvent la bonne réponse. Ensuite, les vins de chaque essai sont présentés dans des verres transparents et les dégustateurs doivent attribuer une note à chaque vin sur une échelle non graduée. Les résultats sont directement saisis par le dégustateur et traités statistiquement. L'interprétation des différences est donnée par le calcul de la variance (moyenne des notes) et par le test de Freidmann (somme des rangs).

Résultats et discussions

Comportement dynamique (fig. 1 et 2)

Pour les volumes filtrés durant plusieurs heures (fig. 1 et 2; Volume filtré), le filtre VB montre des performances assez proches de celles du filtre DT avec une surface réduite de 20%. Les débits instantanés ramenés au nombre de m² (fig. 1 et 2; Débit) suivent la même tendance quel que soit le vin filtré, avec des performances du filtre VB supérieures à celles de DT ou de Y. La bonne performance de la variante VB peut être attribuée à la membrane utilisée, mais également au système de pilotage et à la conception du filtre. Ces bonnes performances sont accompagnées d'une pression transmembranaire (PTM) basse et d'une élévation de température quasi nulle. La membrane céramique de DT travaille à une PTM plus élevée et l'apport calorifique est également plus important qu'avec le filtre VB, tout en restant parfaitement acceptable.

Le filtre Y enregistre des performances anormalement basses et des PTM relativement élevées, qui peuvent découler du fait que les membranes fournies étaient colmatées par de la bentonite, que les différents lavages appliqués n'ont pas permis de nettoyer.

Un autre filtre à membrane céramique a été testé (résultats non publiés) avec des performances comparables au DT en ce qui concerne le débit par m² et la PTM. En revanche, l'élévation de la température du vin au cours de la filtration atteignait 10 °C, rendant nécessaire l'utilisation d'un système de refroidissement. L'élévation de la température nuit directement à la qualité du vin. On peut également supposer que cet apport calorifique est accompagné d'un brassage excessif du vin, également néfaste.

Analyses microbiologiques

En théorie, les diamètres des pores des membranes de filtres tangentiels (0,2 µm) doivent arrêter la totalité des levures et des bactéries du vin. En pratique, si la filtration tangentielle retient la plupart des micro-organismes, elle ne parvient pas à éliminer tous les germes (Millet et Lonvaud-Funel, 2000). Les prélèvements faits à la sortie des filtres tangentiels pendant la filtration permettent de constater dans un premier temps que les vins contiennent en moyenne juste après la filtration 800 levures viables et 10 000 bactéries viables/l (tabl. 1 et 2). Les différences de grandeur entre

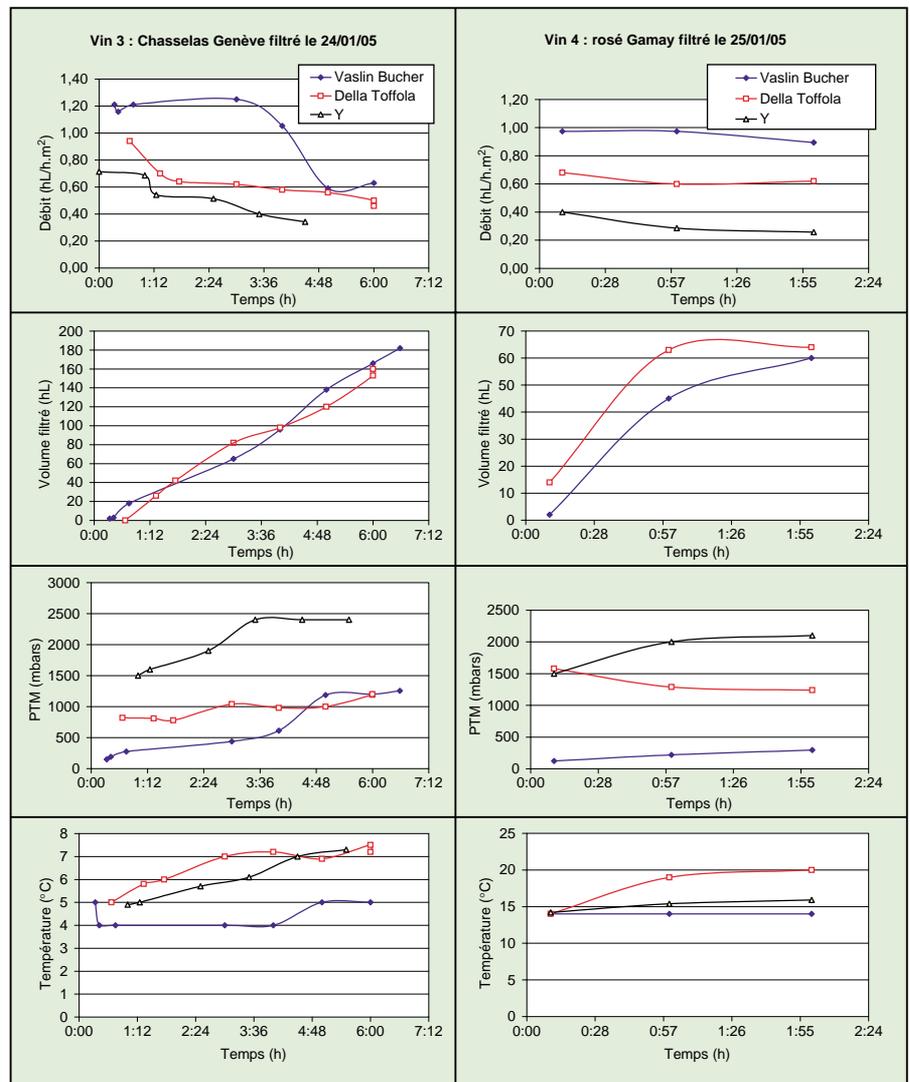


Fig. 2. Comportement dynamique des filtres VB, DT et Y sur les vins expérimentaux 3 et 4.

Tableau 1. Dénombrement des levures dans les vins filtrés et le vin témoin non filtré.

Levures viables/l	Vin 1	Vin 2	Vin 3	Vin 4	Moyenne
Témoin	4,0E+03	5,0E+04	4,0E+05	1,0E+06	3,6E+05
1 Y	5,0E+02	5,3E+03	1,9E+02	2,5E+03	2,1E+03
2 Vasin Bucher	1,6E+01	9,6E+01	2,2E+03	6,0E+02	7,3E+02
3 Della Toffola	8,2E+01	6,0E+00	2,3E+02	3,4E+02	1,6E+02
4 X		1,4E+02	1,3E+02	1,4E+01	9,5E+01
Moyenne des populations après filtration = 8,2E+02					

Tableau 2. Dénombrement des bactéries dans les vins filtrés et le vin témoin non filtré.

Bactéries viables/l	Vin 1	Vin 2	Vin 3	Vin 4	Moyenne
Témoin	2,7E+06	2,4E+09	4,2E+05	1,2E+07	6,0E+08
1 Y	1,0E+00	1,9E+03	4,0E+02	1,7E+03	1,0E+03
2 Vasin Bucher	2,4E+01	3,8E+02	6,8E+03	5,0E+02	1,9E+03
3 Della Toffola	4,0E+00	4,0E+04	4,0E+02	1,2E+02	1,0E+04
4 X		1,0E+05	2,2E+01	1,7E+02	3,3E+04
Moyenne des populations après filtration = 1,0E+04					

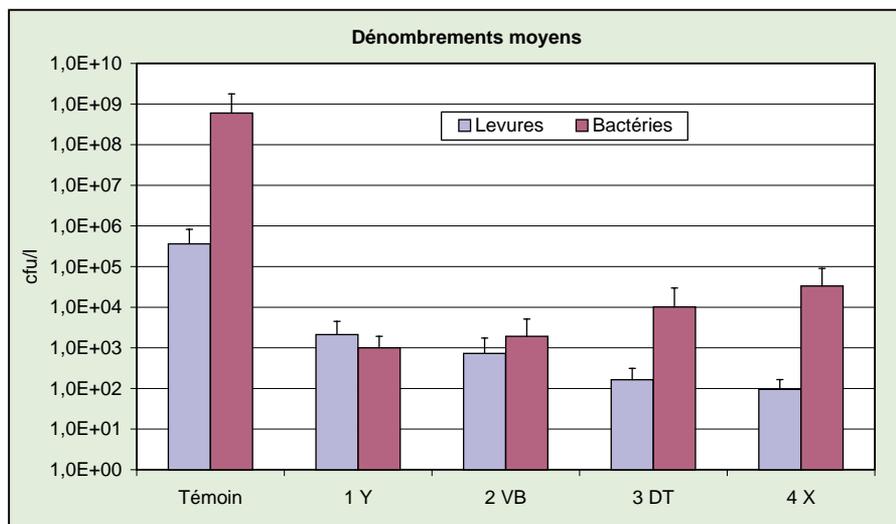


Fig. 3. Influence du filtre sur les populations de levures et de bactéries des vins. Moyenne des dénombrements des quatre vins. (cfu: colonie formant unité, ou cellules viables dans le vin.)

bactéries et levures s'expliquent par une population initiale en bactéries plus importante. Bien que les bactéries soient dix fois plus petites que les levures, la filtration tangentielle paraît en arrêter proportionnellement plus (moins quatre logarithmes) que de levures (moins deux logarithmes). L'incidence de 8 à 100 germes/ml reste globalement faible sur le plan œnologique. Du fait de la grande variabilité des résultats obtenus, aucune tendance significative ne se dessine entre l'efficacité des différents filtres. Cependant, en considérant les dénombrements moyens de germes (fig. 3), les membranes organiques (VB et Y) tendent à être plus efficaces pour éliminer les bactéries que les membranes céramiques (DT et X).

Il serait donc intéressant de poursuivre les investigations pour confirmer et surtout expliquer le comportement des membranes vis-à-vis des micro-organismes du vin. Il faut aussi rappeler qu'une filtration à 0,2 µm doit être accompagnée d'une procédure de désinfection du filtre pour réduire efficacement les populations microbiennes.

Analyses physico-chimiques

Résultats pendant les essais (tabl. 3)

Concernant l'élévation de la température des vins pendant la filtration, le procédé VB se distingue avec une élévation moyenne modeste de 1,6 °C. Viennent ensuite les variantes DT avec 3,6 °C, Y avec 4,3 °C et, loin derrière, X avec 7,8 °C. L'élévation de la température pour X est particulièrement importante et nécessite une thermorégulation. Aucune différence significative n'a été

observée en ce qui concerne la dissolution éventuelle d'oxygène pendant la filtration. Le manque de précision et de

Tableau 3. Influence du filtre sur la température, la concentration en O₂ et en CO₂ dissous des vins.

		VB		Y		DT		VT	
		Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
Vin 1	T (°C)	7,0	8,0	7,0	11,3	7,0	10,0	–	–
	O ₂ (%)	16	17	16	17	16	9	–	–
	O ₂ (mg/l)	1,9	2,0	1,9	1,9	1,9	1,0	–	–
	CO ₂ (g/l)	1,8	1,8	–	–	1,8	1,8	–	–
Vin 2	T (°C)	4,0	7,0	4,0	10,5	4,0	10,0	4,0	12,4
	O ₂ (%)	13	8	13	17	13	8	13	9
	O ₂ (mg/l)	1,7	1,0	1,7	1,9	1,7	0,9	1,7	1,0
Vin 3	T (°C)	4,1	5,0	5,0	8,2	4,1	6,0	4,0	12,5
	O ₂ (%)	8	11	14	17	8	7	8	8
	O ₂ (mg/l)	1,0	1,4	1,8	2,0	1,0	0,9	1,0	0,8
	CO ₂ (g/l)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,6
Vin 4	T (°C)	13,7	15,1	13,8	17,1	13,7	17,1	13,7	20,1
	O ₂ (%)	15	15	16	39	16	12	16	36
	O ₂ (mg/l)	1,6	1,5	1,6	3,8	1,6	1,2	1,6	3,3

Tableau 4. Résultats analytiques des vins après filtration.

		Vin 1	Vin 2	Vin 3	Vin 4
Alcool	(% vol.)	12,2	10,9	12	12,5
Sucres résiduels	(g/l)	0,30	1,00	0,60	0,60
pH		3,56	3,86	3,6	3,47
Acidité totale	(g ac. tartrique/l)	4,05	4,14	3,6	3,47
SO ₂ libre	(mg/l)	37	35	42	29
SO ₂ total	(mg/l)	98	79	107	72
Extrait sec	(g/l)	17,0	23,9	16,8	24,0
Ac. tartrique	(g/l)	2,0	1,4	1,9	3,0
Ac. malique	(g/l)	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Ac. lactique	(g/l)	2,0	2,5	2,1	2,2
Ac. acétique	(g/l)	0,31	0,59	0,25	0,51
Stabilité tartrique		instable	stable	stable	instable

fiabilité de la mesure dans les conditions de notre expérimentation rend cette interprétation difficile. Un protocole plus rigoureux de la mesure de l'oxygène du vin devra être mis au point à l'entrée et à la sortie du filtre. La filtration tangentielle n'engendre pas de perte en CO₂ mesurable, sauf pour la variante X, ce qui indique de nouveau que ce filtre brasse les vins.

Résultats après les essais (tabl. 4)

Concernant les caractéristiques analytiques des vins après filtration, aucune différence n'a été relevée pour tous les types de filtre utilisés. Les résultats des analyses sont donnés dans le tableau 4 sans distinguer le filtre utilisé. Tous les vins ont des indices de colmatage bas après filtration tangentielle. Il pourrait être intéressant de rechercher des paramètres analytiques plus discriminants, tels que les polysaccharides, les arômes, etc.

Analyses sensorielles

Vin de Gamay n° 4

Les tests triangulaires (tabl. 5) et les moyennes des notes attribuées (fig. 4) au rosé de Gamay ne montrent pas de différence significative après les différentes filtrations utilisées, qui ne semblent pas modifier de façon importante les paramètres organoleptiques de ce vin.

Tableau 5. Résultats des dégustations triangulaires du vin 4 de Gamay.

Test	Sans réponse	Réponses retenues	Réponses exactes	Signification
T/DT	0	11	4	n.s.
T/VB	0	11	4	n.s.
T/Y	0	11	2	n.s.
DT/VB	0	11	3	n.s.
DT/P	0	11	2	n.s.
VB/Y	0	11	4	n.s.

n.s.: non significatif; *: significatif au seuil P < 5%; **: significatif au seuil P < 1%.

Vin de Chasselas n° 1

Que ce soit avec le test triangulaire (tabl. 6) ou avec la note moyenne (fig. 5), aucune différence significative n'apparaît entre le vin témoin et DT ou entre le vin témoin et VB, contrairement au test triangulaire entre le vin témoin et Y. Cette différence statistique ne s'accompagne d'aucune préférence des dégustateurs.

Avec une moyenne de 4,09 sur 5, le vin VB est préféré au seuil de 5% (Test de Freidmann ou Variance) aux vins DT et Y. Les tests triangulaires ne confirment cette différence que pour DT et pas pour Y, ce qui semble être contradictoire². Enfin, la dégustation triangulaire souligne une différence entre les vins DT et Y, qui ne semble pas être accompagnée d'une préférence.

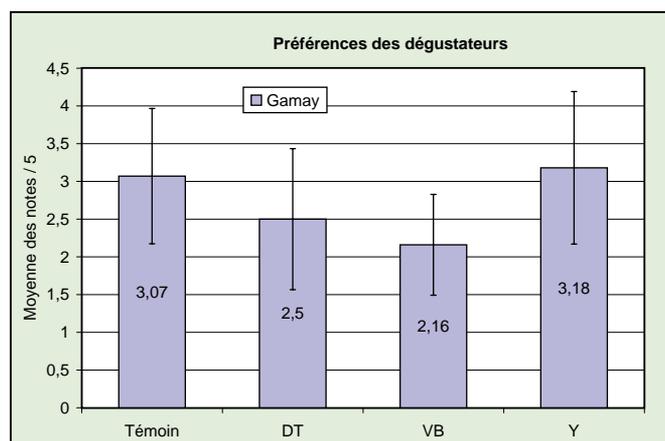


Fig. 4. Résultats des dégustations du vin 4 de Gamay.

Tableau 6. Résultats des dégustations triangulaires du vin 1 de Chasselas.

Test	Sans réponse	Réponses retenues	Réponses exactes	Signification
T/DT	0	11	3	n.s.
T/VB	0	11	3	n.s.
T/Y	0	11	8	0,0088**
DT/VB	0	11	7	0,0386*
DT/P	0	11	7	0,0386*
VB/Y	0	11	2	n.s.

n.s.: non significatif; *: significatif au seuil P < 5%; **: significatif au seuil P < 1%.

L'absence de reproductibilité entre les résultats obtenus avec le rosé et le Chasselas, la dégustation précoce et la nature même de l'analyse sensorielle invitent à la prudence quant aux conclusions sur ces résultats. Une dégustation plus tardive (après une année de conservation par exemple) doit être envisagée sur un nombre d'essais plus important et avec un protocole moins lourd (pas de tests triangulaires).

Remerciements

Nous remercions toutes les personnes qui ont participé à ce projet, en particulier le personnel de la maison Schenk SA à Rolle, chez qui s'est déroulée l'expérimentation.

Nous remercions également les partenaires industriels qui ont mis leur matériel et leur savoir-faire à disposition, J. Bonnet et Ph. Besse de la société Vaslin Bucher, U. Dreier de la société Streuli (Della Toffola).

²Il faut rappeler que les tests triangulaires n'ont de valeur que si l'on trouve une différence significative. Dans le cas contraire, l'expectative demeure. En un mot, ils permettent de démontrer qu'il y a une différence mais pas le contraire.

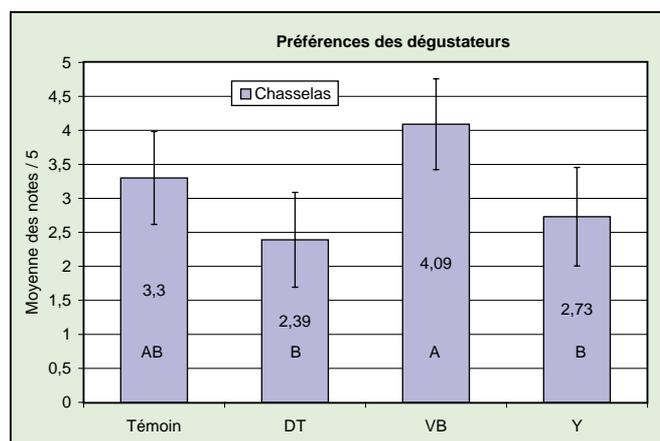


Fig. 5. Résultats des dégustations du vin 1 de Chasselas.

Conclusions

- ❑ La mise en place d'un essai permettant de comparer plusieurs filtres tangentiels dans les conditions de la pratique est assez délicate et ne permet pas de tirer des conclusions fermes et définitives sur les résultats obtenus.
- ❑ Cependant, sur le plan du comportement dynamique, le filtre VB à membrane organique paraît légèrement plus performant (compte tenu de sa surface réduite) et ménage peut-être un peu mieux le vin (si l'on considère les PTM et la température) que le filtre DT à membrane céramique. Le mauvais état des membranes fournies avec le filtre Y ne permet pas de tirer des conclusions. Quant au filtre X, l'échauffement du vin pendant la filtration le disqualifie.
- ❑ D'un point de vue microbiologique, la filtration tangentielle permet de diminuer fortement la charge en levures et en bactéries. Cependant, après filtration, il reste encore en moyenne 800 levures viables et 10 000 bactéries par litre de vin, ce qui est faible mais non négligeable. Ce résultat plutôt surprenant sur le plan théorique fera l'objet d'études ultérieures.
- ❑ En dégustation, quelques différences se manifestent entre les vins et les filtres. Les filtres VB, DT et Y ne distinguent pas significativement en revanche dans les analyses physico-chimiques des vins. Les pertes en CO₂ sont insignifiantes et la dissolution de l'oxygène ne donne pas de résultats interprétables.

Bibliographie

- Cuénat Ph., Lorenzini F. & Brégy Ch.-A., 2003. Comparaison de membranes en céramique et polysulfone pour la microfiltration tangentielle des vins. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **36** (6), 353-357.
- Millet V. & Lonvaud-Funel A., 2000. The viable but non-culturable state of wine micro-organisms during storage. *Letters in applied Microbiology* **30**, 136-141.
- Sibille P., Four A. & Marchal P., 2006. Filtration tangentielle: problématique d'achat & essais comparatifs entre membrane organique et membrane céramique. *Revue des Œnologues* **118**, 37-39.
- Vernhet A., Moutounet M. & Escudier J.-L., 1998. Traitement physique des moûts et des vins. *Vigne et Vin Publications internationales* (Bordeaux, France), hors-série, 45-52.

Summary

Comparative study of cross-flow filters in oenology

In order to satisfy enologists requirements, cross-flow (or tangential) filters are becoming more and more efficient and respectful to wine. Today, the evaluation of the new marketable apparatuses is necessary. In this paper, the results of a study comparing four cross-flow filters and focusing on filter's performance and on the quality of final wines are given. They show that the actual filtration processes and the piloting system carry the same level of importance as the type of filter membrane (ceramic or polysulfone). A new generation of membranes made from polysulfone seems to be slightly more efficient than the ceramic membranes. From a microbiological standpoint, an average membrane pore diameter of 0.2 μm is able to retain the majority but not the totality of micro-organisms.

Key words: cross-flow, tangential, filter, wine, oenology.

Zusammenfassung

Vergleichsstudie verschiedener tangentialfilter für Œnologie

Den Anforderungen der Oenologen entsprechend, bieten die Tangentialfilterhersteller immer leistungsbessere und den Wein respektierende Geräte an. Deshalb ist eine regelmässige Beurteilung der neuen Angebote auf dem Markt sehr wichtig. Die Ergebnisse einer Konjunkturforschung von vier Tangentialfiltern, im Bezug auf Leistung und Rücksicht auf die Weinqualitäten, sind beschrieben. Unter diesem Gesichtspunkt zeigt sich, dass die Filtrierungssysteme und -steuerungen genau so wichtig sind wie die angewendeten Membranarten (Keramik oder Polysulfone). Eine neue Membrangeneration aus Polysulfone zeigt künftig vergleichbare, sogar bessere Leistungen als Keramikmembrane. Auf mikrobiologischer Ebene, zeigt sich zuletzt, dass ein mittlerer Durchmesser von 0,2 μm der Membranporen die Mikroorganismen grösstenteils, aber nicht ganz zurückhält.

Riassunto

Studio comparativo di differenti filtri tangenziali in enologia

Al fine di rispondere alle esigenze dell'enologo, i costruttori di filtri tangenziali propongono apparecchi sempre più efficienti e rispettosi del vino. Un'evaluazione regolare dei nuovi apparecchi del mercato è dunque necessaria. Esponiamo qui i risultati di uno studio comparando quattro filtri tangenziali sul piano dell'efficacia e del rispetto della qualità dei vini. Su questi aspetti, appare che i sistemi di filtrazione e di pilotaggio dei filtri hanno tanta importanza quanto il tipo di membrane utilizzate (ceramica o polisulfone). Una nuova generazione di membrane in polisulfone dà dei risultati ormai comparabili o superiori alle membrane ceramiche. Infine, sul piano microbiologico, il diametro medio dei pori delle membrane di 0,2 μm permette di ritenere la maggior parte dei microorganismi ma non la totalità.