



**HAL**  
open science

## La filtration dynamique : Un nouveau concept pour la filtration des vins chargés en particules

Youssef El Rayess, Audrey Devatine, Claire Albasi, Luc Fillaudeau

### ► To cite this version:

Youssef El Rayess, Audrey Devatine, Claire Albasi, Luc Fillaudeau. La filtration dynamique : Un nouveau concept pour la filtration des vins chargés en particules. La revue des œnologues et des techniques vitivinicoles et œnologiques, 2018, 167 (Avril), pp.26-29. hal-02263101

**HAL Id: hal-02263101**

**<https://hal.science/hal-02263101>**

Submitted on 2 Aug 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# La filtration dynamique

## Un nouveau concept pour la filtration des vins chargés en particules

Youssef El Rayess<sup>1</sup>, Audrey Devatine<sup>2</sup>, Claire Albasi<sup>2</sup>, Luc Fillaudeau<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Faculté de Sciences agronomiques et alimentaires – Université Saint-Esprit de Kaslik – Liban.

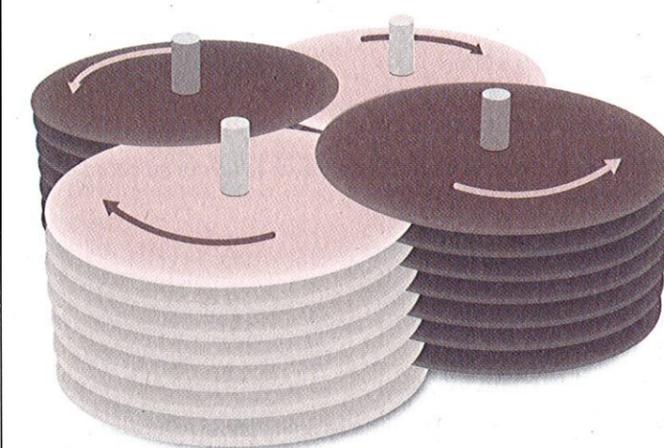
<sup>2</sup> Laboratoire de Génie chimique – Université de Toulouse – CNRS – INPT – UPS – Toulouse – France.

<sup>3</sup> LISBP, Université de Toulouse – CNRS – INRA – INSA – Toulouse – France.

Pour la clarification des fluides complexes comme le vin, les bourbes, les lies, la sélection d'une technique membranaire n'est pas toujours simple. L'offre technologique est extrêmement diversifiée sur plusieurs plans: les techniques de filtration (frontale, tangentielle et dynamique), la nature chimique et la géométrie des matériaux (organique, céramique, fibres creuses,...), les techniques de limitation du colmatage des membranes (rétrofiltration, back-flush, aération...).

Bien que les bourbes, les fonds de cuve et les rétentats de filtration représentent environ 3 à 5 % du volume de vin de la cave, la clarification de ces liquides nécessite des équipements spécifiques et non pas des filtres membranaires conventionnels puisque les particules en suspension entraîneraient une chute très importante des flux de perméation. *A contrario*, les vins après fermentation, sont des fluides chargés nécessitant une clarification. En regard de la nature des molécules et particules à éliminer, les technologies membranaires ont toute leur place, une fois maîtrisée, le colmatage, phénomène limitant inhérent au processus de séparation. Pour lutter contre le colmatage, plusieurs méthodes physiques sont disponibles (El Rayess et al., 2011); parmi elles, la filtration dynamique repose sur la génération de perturbations hydrodynamiques et se présente comme une alternative aux filtrations frontale et tangentielle (figure 1). En filtration tangentielle, une vitesse de circulation élevée limite le colmatage à la surface de la membrane, elle nécessite une consommation d'énergie importante. La filtration dynamique offre l'avantage de générer un cisaillement pariétal élevé sans induire de perte de charge linéique. Elle permet également de travailler avec de faible pression transmembranaire. La filtration dynamique consiste à créer une vitesse de cisaillement élevée à la surface de la membrane, à travers une partie

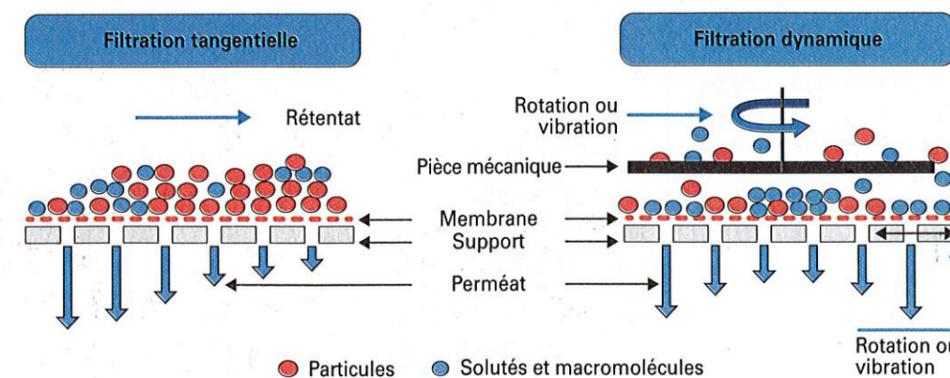
■ Figure 2: Les disques rotatifs du filtre Dynamos®.



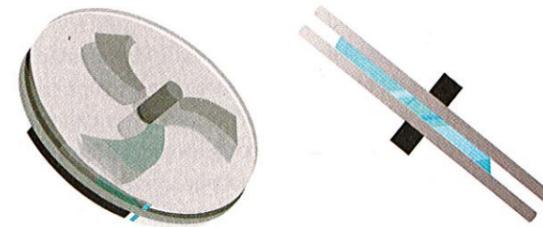
mobile telle qu'une membrane rotative ou un disque tournant près d'une membrane circulaire fixe ou en faisant vibrer la membrane, soit longitudinalement, soit en torsion autour d'un axe perpendiculaire (Jaffrin, 2008). Le découplage du taux de cisaillement du débit d'entrée dans le module permet de travailler avec des faibles pressions transmembranaires.

Le premier filtre dynamique dans l'industrie du vin est introduit par TMCI Padovan (Dynamos®). C'est un filtre tangentiel avec des membranes en rotation et doté d'un système de back-pulse calibré innovant. Le filtre se compose de piles de membranes en rotation dans un sens de contre-courant (figure 2). Une forte turbulence est créée dans les zones de superposition minimisant la formation de gâteau sur la surface des membranes. En outre, la force centrifuge agit sur les couches de gâteau et les enlève vers l'extérieur en continu. Ainsi, le flux de perméation dans ces zones de chevauchement augmente considérablement. Dans ce contexte de filtration dynamique, nous avons investigué et analysé les performances d'une technique de filtration dénommée « Rotating and Vibrating Filtration » (RVF).

■ Figure 1: Comparaison des principes de filtration tangentielle et filtration dynamique.



■ **Figure 3: Illustration du module RVF comportant 2 membranes et l'agitateur.**



■ **Tableau 1: Déroulement des campagnes de filtration dynamique.**

| Campagne PES  | Campagne PTFE  |
|---|--|
| Quantification des pertes de charges linéiques<br>Perméabilité initiale des membranes à l'eau<br>Filtration du vin filtré (VF) (0, 10, 20, 40 Hz) |  |
| Rinçage de l'installation à l'eau - Perméabilité à l'eau<br>Filtration du vin filtré VF + Mél. A  |  |
| J vs N (0, 10, 20, 30 et 40 Hz) à TMP constant<br>J vs TMP à N constant (40 Hz)   | En testant l'impact de la rotation (10, 20, 30 et 40 Hz) |

■ **Tableau 2: Les valeurs de la moyenne des pressions additionnelles en fonction de la fréquence d'agitation dynamique.**

| Fréquence d'agitation (N) (Hz) | (mbars) |
|--------------------------------|---------|
| 0                              | 0       |
| 10 (600 trs/min)               | 19,65   |
| 20 (1200 trs/min)              | 78,6    |
| 30 (1800 trs/min)              | 176,8   |
| 40 (2400 trs/min)              | 314,4   |

Ce filtre a été conçu pour la filtration des fluides biologiques complexes ce qui correspond bien à la filtration des vins. Les travaux de recherche sont dédiés à l'étude de l'impact des conditions opératoires (vitesse de rotation et pression) sur les performances de filtration ainsi que sur les comportements de deux types de membranes organiques vis-à-vis du colmatage. Le dispositif expérimental du filtre RVF est constitué d'une cuve de 20 litres, d'une pompe de circulation, du module RVF et

d'une boucle de dérivation entièrement instrumentée. Le module RVF se compose de deux chambres de filtration accueillant chacune deux membranes fixées sur un support poreux drainant le perméat (figure 3). Un agitateur à 3 hélices est placé au voisinage des membranes permettant de maintenir une contrainte de cisaillement élevée (figure 3). Cet agitateur est doté d'un mouvement de rotation rapide (0 à 50 Hz) entre les deux membranes. Les agitateurs engendrent, d'une part,

un écoulement tangentiel et des mouvements tourbillonnaires du liquide à traiter (rotation), et d'autre part, des mouvements oscillatoires périodiques à la surface des membranes (vibration). Les deux matériaux membranaires utilisés dans cette étude ont un seuil de coupure de 0,2 µm et se présentent sous la forme d'un disque plan. Les membranes en polyéthersulfone (PES) et en polytétrafluoroéthylène (PTFE) présentent respectivement un caractère hydrophile et hydrophobe.

Le vin testé dans cette étude (12 % v/v éthanol, pH = 3,6) est un vin rouge livré par les « vigneron de Rabastens » à partir des cépages suivants: Syrah, Duràs et Fer de Servadou. Ce vin est dépourvu de grosses molécules et particules car il est filtré tangentiellement sur une membrane céramique (0,2 µm). Le vin filtré (VF) est utilisé comme matrice de base: il est additionné de 1,25 g/l de tanins, 0,25 g/l de pectines et de 0,1 g/l de mannoprotéines pour constituer le VF + Mél A, mimant un vin après fermentation.

Deux campagnes d'expériences ont été menées, chacune pour un type de matériau membranaire. Le déroulement de ces 2 campagnes est résumé dans le **tableau 1**.

### Résultats

Les performances d'une filtration sont évaluées habituellement par la mesure des flux de perméat et la pression transmembranaire (PTM). La loi de Darcy permet d'obtenir alors les valeurs intrinsèques de perméabilité ( $L_p$ ) et de résistance hydraulique totale ( $R_{ht}$ ): où J est le flux de perméat, et  $\mu$  la viscosité du perméat. Or, la technologie RVF est plus complexe de point de vue hydrodynamique. En effet, le module RVF se distingue par la présence d'un agitateur (composé de 3 pales planes) à proximité des membranes. Les pales de l'agitateur induisent une perturbation importante à cause de la fréquence de rotation et la fluctuation locale de pression. Les études de l'hydrodynamique globale du module de filtration dynamique par Fillaudeau et al. (2007) ont permis spécialement l'évaluation et la modélisation de la distribution de la pression d'agitation dans les chambres de filtration liée à la rotation de l'agitateur. Cette modélisation a permis d'évaluer la pression locale en fonction de la position radiale et de la fréquence d'agitation. La pression transmembranaire locale est alors égale à la pression transmembranaire imposée additionnée des pressions additionnelles locales due à l'agitation. Cependant, il est difficile d'évaluer les pressions additionnelles locales durant la filtration, c'est pourquoi une moyenne des pressions additionnelles (...) dues à l'agitation sera utilisée. La perméabilité calculée en tenant compte de cette moyenne des pressions additionnelles est notée par la suite perméabilité 2. Les valeurs calculées pour cette moyenne des pressions sont données dans le **tableau 2**. Ainsi, la connaissance des pressions locales et moyennes est essentielle pour calculer la perméabilité réelle. Alors, la loi de



**JEAN-PAUL GAUD SA**  
BOUCHONS - CAPSULES - CAPSULES A VIS

Rue Antoine-Jolivet 7 - CP 1212 - 1211 Genève 26  
Tél. +41 (0) 22 343 79 42 - Fax +41 (0) 22 343 63 23  
gaudbouchon@bluewin.ch - www.gaud-bouchons.com



Darcy sera modifiée de façon à inclure la pression due à l'agitation: et où  $\Delta P_{ag}$  est la pression additionnelle locale due à l'agitation dépendante de la fréquence (N) et de la position radiale (r) et est la moyenne des pressions additionnelles. Pour les objectifs de notre étude, nous avons choisi de travailler avec la moyenne des pressions additionnelles.

La performance du système (RVF) avec le vin filtré (VF) a été mesurée pour les deux types de membranes. Ces mesures sont effectuées à un débit massique fixe de 200 L/h et une fréquence de rotation variant au cours du temps. Pour essayer de comprendre les mécanismes de colmatage, les courbes de la résistance hydraulique totale ont été tracées pour les deux types de membranes (figure 4). Une nette augmentation de la résistance à l'écoulement est observée quel que soit le matériau membranaire utilisé. Notons qu'après la filtration de 20 litres de VF, la membrane PTFE enregistre des résistances à l'écoulement ( $R = 2,62 \times 10^{+11} \text{ m}^{-1}$ ) 3 fois supérieures à celles obtenues par la membrane PES ( $R = 0,8 \times 10^{+11} \text{ m}^{-1}$ ). Les différentes fréquences de rotation appliquées ne diminuent pas les valeurs de la résistance indiquant qu'aucun effet décolmatant dû à l'agitation n'est intervenu. Cette dernière observation confirme

l'hypothèse d'un colmatage irréversible. La courbe de résistance de la membrane PTFE présente un saut de la résistance lorsque la fréquence de rotation de 40 Hz est appliquée. Ce phénomène est probablement dû à l'augmentation des pressions locales par l'action de l'agitation; cependant, cette fréquence de rotation ne présente aucune action décolmatante et semble compresser le dépôt à la surface de la membrane. Une diminution brusque de la résistance est observée après l'arrêt de l'agitation et qui semble appuyer notre hypothèse liée à la valeur de la pression. Néanmoins, cette résistance poursuit sa croissance

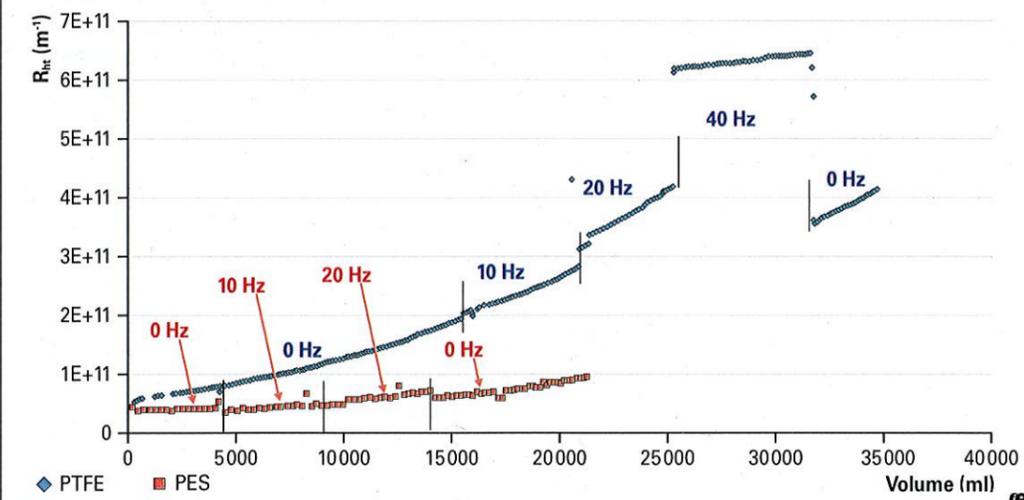
au cours de la filtration pour une fréquence vibratoire arrêtée (0 Hz).

La courbe de résistance de la membrane PES présente une allure convexe signifiant un blocage du média filtrant soit par blocage interne ou soit par blocage des pores (Tracey et Davis, 2014). Dans la littérature, plusieurs auteurs ont observé des comportements similaires lors de la filtration d'un perméat de vin rouge avec des membranes PES; ils ont proposé l'adsorption des molécules de vin sur le matériau membranaire pour expliquer la diminution de ces flux de perméat (El Rayess et al., 2011).

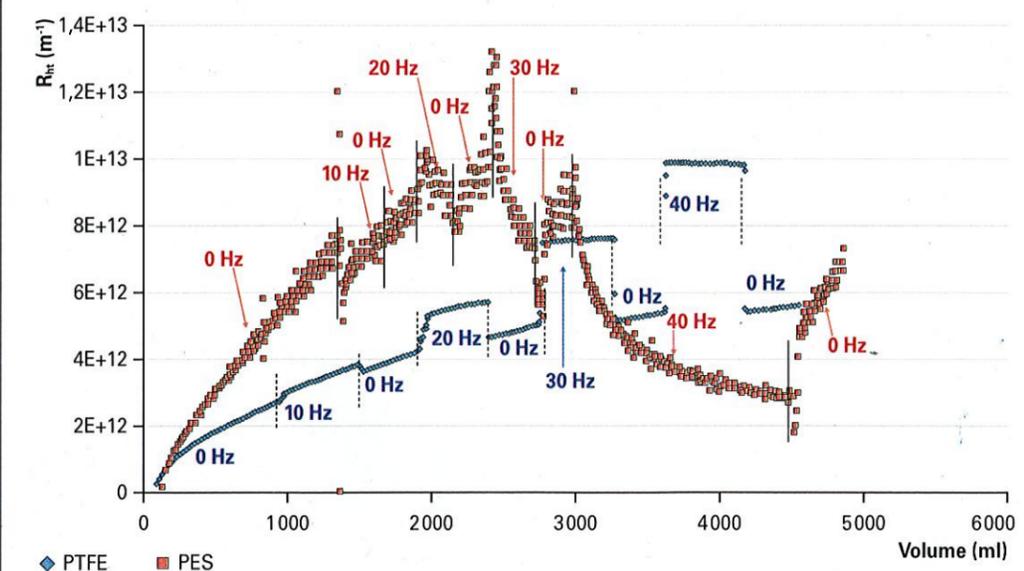
L'évolution de la résistance hydraulique de la membrane PTFE, quant à elle, présente une augmentation progressive tout au long de la filtration; l'allure de la courbe est caractéristique d'un encrassement de type blocage interne ou blocage des pores. L'agrégation de la matière organique en surface permet d'expliquer ce mécanisme d'encrassement, qui est aussi identifié lors de la filtration de vins parfaitement clarifiés et sur d'autres matériaux membranaires (spécialement PES) (Vernhet et al., 2003). Les essais menés dans la littérature sur des membranes hydrophobes (Polypropylène (PP) et Polyvinylidène difluorure (PVDF)) montrent que ces dernières semblent être plus performantes que les membranes hydrophiles lors de la filtration des vins dépourvus de particules (Ulbricht et al., 2009). Ceci est lié aux faibles interactions entre les constituants du vin et le matériau hydrophobe et donc à l'absence de développement d'un dépôt de surface provoqué par l'agrégation des constituants du vin (Ulbricht et al., 2009). Les résultats obtenus dans notre étude divergent de ceux énoncés dans la littérature; ceci peut être lié probablement à la nature du matériau utilisé (PTFE).

La figure 5 présente l'évolution de la résistance à l'écoulement,

■ Figure 4: Évolution de la résistance hydraulique totale en fonction du volume filtré pendant la filtration du VF sur membranes PES et PTFE.



■ Figure 5: Évolution de la résistance hydraulique totale durant la filtration du VF + Mél.A sur membranes PES et PTFE.



calculée à partir des valeurs de la perméabilité, en fonction du volume filtré pendant la filtration du VF + Mél. A. Pour les deux campagnes d'expérimentations, les courbes présentent un aspect concave caractéristique, d'un colmatage dû à la formation d'un dépôt à la surface de la membrane.

Tout au long de la filtration sur membranes PES sans agitation, la résistance hydraulique totale augmente proportionnellement au volume filtré. Des valeurs 70 fois plus élevées ( $7,66 \times 10^{12} \text{ m}^{-1}$ ) à celle initialement enregistrée ( $1,28 \times 10^{12} \text{ m}^{-1}$ ) sont obtenues durant la manipulation à 0 Hz. L'agitation à une fréquence de 10 Hz n'améliore pas la performance de la filtration car la pente de la courbe de la résistance totale en fonction du volume filtré reste inchangée. En revanche, la rotation de l'agitateur à une fréquence de 20 Hz entraîne une diminution de la

résistance totale. L'arrêt de l'agitation entraîne à nouveau une augmentation de la résistance indiquant un colmatage de la membrane par les molécules du vin. L'application des fréquences de rotation de 30 Hz et 40 Hz diminuent significativement les résistances totales jusqu'à atteindre des valeurs à 40 Hz 3 fois inférieures ( $2,85 \times 10^{12} \text{ m}^{-1}$ ) à celles enregistrées avant agitation ( $9,02 \times 10^{12} \text{ m}^{-1}$ ). Ces observations peuvent s'expliquer par l'action mécanique de l'agitateur qui engendre des forces de cisaillement très élevées à 30 Hz et 40 Hz rendant la nature du dépôt réversible. Ce dispositif mécanique simple (géométrie et nombre de pales, entrefer faible), appliqué en continu, permet de maintenir une contrainte élevée, ainsi qu'une perturbation de la couche limite hydrodynamique, autant de phénomènes qui participent à la limitation du colmatage.

En comparant les deux campagnes, on remarque que le colmatage des membranes PES génère des résistances plus élevées que celui des membranes PTFE. Dans la littérature, il a été démontré que les membranes hydrophiles tendent à générer des flux plus faibles que les membranes hydrophobes lors de la filtration du vin (El Rayess et al., 2011). L'affinité des molécules de vin pour les membranes hydrophiles a été démontrée par l'adsorption très importante de ces molécules sur les matériaux hydrophiles par rapport aux matériaux hydrophobes. Par contre, dans notre étude, le colmatage généré par les membranes PES (hydrophiles) présente un taux de réversibilité plus important que celui installé avec les membranes PTFE, le rendant plus sensible aux contraintes de cisaillement engendrées par l'agitateur.

### Conclusion

En conclusion, cette technique RVF s'avère intéressante pour la filtration du vin car c'est la première fois qu'on dispose d'un procédé décolmatant sans avoir recours à l'inversion du perméat qui engendre une perte de temps. Cette technologie permet aussi de travailler avec des faibles pressions transmembranaires et des faibles débits de circulation engendrant un gain en énergie consommée. ■

*NDLR: Les références bibliographiques concernant cet article sont disponibles sur simple demande auprès de la Revue des Œnologues.*  
 - Par courrier: joindre une enveloppe affranchie, avec les références de l'article  
 - Sur internet: [search.oeno.tm.fr](http://search.oeno.tm.fr)



 **Cazaux**  
 Fabricant de Pompes Depuis 1954 

**POMPES SPÉCIALES  
 FILTRATION  
 AVEC RÉGULATEUR  
 DE PRESSION**

Rotorflex®  
 VMC 30, VMC 60  
 Cenoflex® LCE5/140,  
 LCE15/240

LOB®100

Doublenc®  
 100HE

Pour plus d'information :  
 CONTACTER VOTRE DISTRIBUTEUR LOCAL  
[www.rotorflex.com](http://www.rotorflex.com)

Z.A. de Lalande - Route de Lalande - 33450 MONTUSSAN - France  
 Tél. +33 (0)5 57 77 70 70 - Fax +33 (0)5 57 77 70 79 - E-mail : [commercial@rotorflex.com](mailto:commercial@rotorflex.com)

## FONDATEURS

Charles QUITMANSON - Michel BILLY

## DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

H.-L. ARNOULD - Ingénieur Agronome Œnologue

## RÉDACTEUR EN CHEF

M. Bernard GAUTIER - Œnologue

## SECRÉTAIRE GÉNÉRALE DE LA RÉDACTION

Monique CLAUDE

## CHARGÉ DE RUBRIQUES

Franck ARNOULD et Corinne BOULBÈS

## SERVICE ABONNEMENTS

Brigitte TRIBOLLET

## COMPOSITION &amp; INFOGRAPHIES

Franck ARNOULD - Nathalie AUGÈRE

## CORRESPONDANTS ÉTRANGERS

Roumanie: Valérie V. COTEA - Œnologue (Prof. D.)

Roumanie: D' Constantin CROITORU

Espagne: Javier QCHOA - Œnologue

Israël: COHEN - Œnologue

Grèce: D. ROMPLER - Œnologue

Portugal: Bento DE CARVALHO - Œnologue

Bulgarie: M. DIMOV - Œnologue

Slovaquie: Marjan KYEDER - Œnologue

Angleterre: Stéphane CUTTY

Pour toute correspondance et publicité:

Editions œnologues

Le Reve des Œnologues

SARL de Presse au Capital de 11000€

Groupe BOURGOGNE PUBLICATIONS

Direction: Gérard - Directeur général

H.-L. ARNOULD

Maisons des Vignerons du Château de Chaintre

1229 Chemin du Roy de Croix

71570 CHAINTRÉ - FRANCE

Tél: 33 (0) 3 8537 4321 • Fax: 33 (0) 3 8537 1983

infos@œno.tm.fr

Les articles sont publiés sous la responsabilité entière de leurs auteurs. La SARL œnologues ne peut être tenue pour responsable de quelques pages qui ne sont en cas d'erreur ou d'omission. Dans certains cas, la rédaction s'efforce de ne pas publier de documents pour lesquels elle n'est pas compétente. Elle vous conseille d'utiliser les services de son centre de documentation. Le public sous forme électronique est toujours accompagné de la mention « communiqué » ou « publipost » à la création de l'article. Les droits réservés pour tout pays, y compris C.E.I. et pays scandinaves.

« Cette publication peut être utilisée dans le cadre de la formation permanente »

Dépôt légal n° 0.1248 - Avril 2018

Imprimerie de Champagne - 52200 Langres

© Tous droits réservés pour tout pays, y compris C.E.I. et pays scandinaves.

Numéro de Commission Paritaire: 1018 T 83691



## Anton Paar

Anton Paar France

Tél.: 01.69.18.11.88

Fax: 01.69.07.06.11

info.fr@anton-paar.com

www.anton-paar.com



L'Alcozyzer Wine M analyse vos vins:

◦ alcool (%/v)

D'autres paramètres peuvent être déterminés:

◦ Masse volumique

◦ Turbidité et pH

## rubriques

Chardonnay du Monde®  
Tous les résultats 2018

**Vigne d'hier et de demain**  
La Renaissance de la vigne de Chambord  
Les cépages résistants au banc d'essai  
d'un vignoble durable

**Qualité & Environnement**  
Classement des sites viticoles  
« Patrimoine mondial Unesco »  
Etat des lieux et perspectives

**Droit & Jurisprudence**  
Ajout de paillettes dans un effervescent  
Une soit de l'or au goût amer

**Architecture au service du vin**  
Mise en perspective des styles architecturaux des rénovations à Bordeaux  
en fonction des classements

**Vin, Histoire & Culture**  
De verre en vers - Vin et poésie  
Partie 6/10: Le XVIII<sup>e</sup> siècle

**À garder ou à offrir**

**Services Produits Entreprises**

## technique

Les pesticides toujours là, mais...  
Résidus de pesticides dans les vins:  
commentaires et mise au point

Vers une valorisation durable des espaces  
patrimoniaux naturels et culturels  
Un appel aux paysages viticoles

Influence d'un contexte climatique  
physico-chimiques des cépages  
Exemple des vignobles du nord de l'Argentine

Adaptation au changement climatique:  
vulnérabilité locale et stratégies  
d'adaptation - Approche locale d'évaluation  
Exemple: Anjou-Saumur

Clarification des jus  
Conséquences sur la qualité organoleptique  
des vins rosés

La gestion des particules solides dans le  
mout de raisin au cours de la fermentation  
alcoolique en phase liquide

La filtration dynamique  
Un nouveau concept pour la filtration des vins  
chargés en particules

Les pompes appliquées aux procédés  
de filtration du vin  
Technologies, utilisation et dimensionnement:  
expérience d'un œnologue

Besoin en azote des levures  
non-Saccharomyces  
Impact sur la fermentation alcoolique et le profil  
en composés volatils du vin

Filtration de coproduits  
des industries vinicoles par membranes  
fibres creuses immergées

Faisabilité et performances

www.œno.tm.fr

Fais de ta vie un rêve et  
d'un rêve, une réalité.



Antoine de Saint-Exupéry

# revue des œnologues

et des techniques vitivinicoles  
et œnologiques

VITICULTURE & PAYSAGES

Vers une valorisation durable  
des espaces patrimoniaux  
naturels et culturels

Jean-Pierre Thibault  
Conseil général de l'environnement  
et du développement durable  
PAGE 7



N° 167

AVRIL 2018

45<sup>e</sup> année - Trimestrielle

Abonnement Annuel France 73 €

Abonnement Annuel étranger 98 €

Le numéro 24 €

I.S.S.N. 0760-9868

ÉDITION INTERNATIONALE

Toute l'actualité

VITICULTURE ■ ŒNOLOGIE

[www.oeno.tm.fr](http://www.oeno.tm.fr)

ŒNOLOGIE



La gestion des particules  
solides dans le moût de raisin  
au cours de la fermentation  
alcoolique en phase liquide

Page 23

Erick Casalta  
INRA - Montpellier - France

ARCHITECTURE



Mise en perspective  
des styles architecturaux  
des rénovations à Bordeaux  
en fonction des classements

Page 63

Fabrizio Buccella, David Schlessen, Jean-Marc Sierino  
Université Libre de Bruxelles  
Faculté d'architecture - Belgique

CONCOURS



Tous les résultats

Chardonnay  
du Monde® 2018

Page 34

[www.chardonnay-du-monde.com](http://www.chardonnay-du-monde.com)