

Réduction des résidus phytosanitaires dans les moûts par l'utilisation de fibres végétales

Federico Sizzano¹, Scott Simonin², Marie Blackford^{1,2}, Valentina Bianconi¹, Pierrick Métrol¹, Nadine Bridy³, Eddy Dorsaz³, Julien Richard⁴, Stéphane Kellenberger⁴, Nathalie Charles⁵, Vivian Zufferey⁶, Thibaut Verdenal⁶, Jean Sébastien Reynard⁶, Loïc Lafay⁷, Caroline Gardia-Parege⁷, Vincent Renouf⁷, Sylvain Schnée¹, Pierre-Henri Dubuis¹, Christian Linder¹, Benoit Bach², Laurent Amiet¹, Frederic Vuichard¹, Christine Monnard¹, Gilles Bourdin¹, Christophe Carlen¹

¹Agroscope, 1260 Nyon, Suisse

²HES-SO Changins, 1260 Nyon, Suisse

³Etat du Valais, Office de la vigne et du vin, 1950 Sion, Suisse

⁴Vitival, 1964 Conthey, Suisse

⁵Agridea, 1001 Lausanne, Suisse

⁶Agroscope, 1009 Pully, Suisse

⁷Laboratoires Excell, 33270 Floirac, France

Renseignements: Federico Sizzano, e-mail: federico.sizzano@agroscope.admin.ch

<https://doi.org/10.34776/afs16-168> Date de publication: 2 décembre 2025



A) Domaine du Grand Brûlé;
B) Scott Simonin prépare les essais en cave;
C) Fibres végétales.

Sources: État du Valais et Federico Sizzano.

Résumé

La viticulture moderne évolue vers des pratiques plus respectueuses de l'environnement, avec moins de produits phytosanitaires, tout en préservant la qualité des raisins. Cette transition a nettement réduit les résidus dans les vins. Toutefois, certaines années, des traitements supplémentaires sont nécessaires, augmentant le risque de traces dans les moûts. Dans ce travail mené par la station d'essais Viticulture et Oenologie, nous avons évalué le potentiel des fibres végétales et des bentonites pour réduire ces résidus dans des moûts de petite arvine et de syrah. Les résultats obtenus montrent que l'ajout

de fibres végétales aux moûts blancs permet, selon le type et la concentration des résidus, soit une élimination complète, soit une réduction pouvant atteindre 80 %. Dans le cas des moûts rouges, l'effet est cependant moins marqué. Les méthodes proposées présentent l'avantage d'être facilement applicables en cave. Elles ne remplacent toutefois pas une gestion raisonnée et mesurée de l'usage des produits phytosanitaires au vignoble.

Key words: Phytosanitary residues, reduction, must, fermentation, plant fibers.

Introduction

Avec l'augmentation des températures et les aléas de précipitations, les vignobles suisses sont confrontés à de nouveaux défis, notamment une pression accrue des maladies et ravageurs, ce qui pourrait entraîner un usage plus important de produits phytosanitaires (PPh) (Bardsley *et al.*, 2023). Opter pour des pratiques viticoles plus durables devient alors indispensable pour atténuer l'impact environnemental tout en préservant la qualité et l'authenticité des vins suisses. Dans ce contexte, les techniques de production intégrée (PI), qui visent à rationaliser l'utilisation des PPh en tenant compte des données épidémiologiques et météorologiques, jouent un rôle extrêmement important (Viret *et al.*, 2019).

Outre la PI, l'agriculture biologique interdit l'utilisation de substances de synthèse et vise à promouvoir des pratiques culturelles favorisant la biodiversité dans les vignobles (Tucker *et al.*, 2023). Cette approche globale est complétée par un contrôle rigoureux des résidus de PPh dans les vins finis. En Suisse, la plateforme nationale pour le monitoring des résidus de PPh mise en place par VITISWISS en 2019 permet à la branche vitivinicole d'assurer la qualité des vins suisses en termes de potentiels résidus retrouvés (<https://pro.swisswine.com/fr/vitiswiss>).

Dans leur article, Linder *et al.* présentent les résultats des analyses de résidus réalisées sur 451 vins entre 2019 et 2021 dans le cadre de cette plateforme nationale. Cette étude montre que, si des traces de résidus de PPh sont présents dans les vins finis, 99,6 % d'entre eux répondent aux exigences légales avec des limites maximales de résidus (LMR) moyennes 30 fois inférieures aux valeurs autorisées par la législation. L'étude met ainsi en évidence le succès des efforts déployés au fil des ans dans les vignobles suisses pour réduire l'utilisation des PPh. La même étude souligne également qu'il est extrêmement difficile d'éliminer complètement les résidus de PPh, surtout au vu de la puissance analytique considérable dont on dispose aujourd'hui et qui permet de détecter les molécules présentes à l'état de traces (ppb) (Wang et Telepchak, 2013). À ce jour, la qualité des vins suisses reste donc élevée grâce à une rationalisation du type et du nombre d'interventions phytosanitaires dans les vignobles. Toutefois, lors d'années à forte pression phytosanitaire, la protection du vignoble peut nécessiter davantage de traitements (surtout après la floraison), avec un risque d'augmentation significative des résidus dans les vins (Martin-Garcia *et al.*, 2024). Dans ces cas spécifiques, est-il donc envisageable d'agir en aval, c'est-à-dire à la cave, afin de réduire la charge en résidus de

PPh? À ce jour, de nombreuses méthodes de réduction des PPh dans les vins ont été proposées, notamment des méthodes physiques (microfiltration, champs électriques pulsés, ultrasons), physicochimiques (adsorption et utilisation de l'ozone) et œnologiques (phases de fermentation) (Dumitriu *et al.*, 2021). Parmi ces options, les méthodes d'adsorption représentent une alternative durable et économique de réduction des PPh. Différents matériaux sont utilisés (charbon actif, bentonites, biochar, etc.) et ils sont principalement mis en œuvre dans le vin fini (Sen *et al.*, 2012). Depuis une dizaine d'années, des fibres végétales micronisées constituées de cellulose, lignine, etc. sont disponibles pour être utilisées avec des filtres à terre (Lempereur *et al.*, 2014). Ces fibres ont été testées à différentes échelles, notamment par le groupe d'œnologie à Agroscope Changins (Roesti *et al.*, 2017), et se sont révélées très efficaces pour réduire les PPh. Dans cet article, nous décrivons l'utilisation des fibres végétales pour réduire les résidus de PPh dans des moûts de petite arvine et de syrah et comparons leur efficacité à celle de la bentonite. Tester l'efficacité de ces traitements directement pendant le débouillage ou la fermentation pourrait permettre de simplifier le protocole de vinification et d'éviter des filtrations supplémentaires dans le vin fini.

Matériel et méthodes

Fermentations à l'échelle du laboratoire

Les essais de laboratoire ont été réalisés à partir de moûts de chasselas congelés en 2021. Ces moûts ont été «dopés» à l'aide des PPh utilisés dans le plan de traitement PI 2021 du domaine du Grand Brûlé, situé à Leytron en Valais (Suisse). Les molécules suivantes ont été prises en compte: boscalid, folpet, mandipropamide, métalaxyl et difénoconazole. Pour chaque molécule, la concentration finale dans le moût était ciblée à 1 mg/L. Cette concentration n'a toutefois pas été atteinte pour toutes les molécules, probablement en raison de l'instabilité du produit ou d'interactions avec les composants du moût. Quatre variantes expérimentales ont été préparées dans des bouteilles de 2 litres: contrôle (Ctrl), fibre végétale (FV), bentonite (B) et l'association fibres végétales et bentonite (FVB). Dans quatre autres variantes, un mélangeur statique (Dynawine) a été utilisé pour mélanger les intrants au moût (CtrlM, FVM, BM, et FVBM). Les fibres végétales (FlowPure®, Laffort, France, 200 g/hL) et la bentonite (Performa, Oenofrance, France,

10 g/hL) ont été ajoutées, puis le mélange a sédimenté pendant 24 heures à 16 °C. Les surnageants ont ensuite été transvasés dans d'autres bouteilles et inoculés avec la levure Cy 3079, (Lallemand, France) afin de réaliser la fermentation alcoolique (FA).

Vinifications à l'échelle de la cave en 2022 et 2023

Les raisins utilisés pour les essais de vinification proviennent du domaine du Grand Brûlé (Leytron en Valais, Suisse), dont les plans de traitement pour 2022/2023 comprenaient des fongicides contenant les matières actives suivantes: folpet, metalaxyl-M, penconazole, fluxapyroxad, cyflufenamid, mandipropamide, boscalid, zoxamid, métrafénone et cyazofamid.

Moût blanc: après foulage et pressurage, le moût de petite arvine a été réparti dans des cuves de 200 litres. Trois variantes ont été testées: contrôle et traitement avec FV ou B. Dans trois autres variantes, le système Dynawine a été utilisé pour mélanger le moût et les intrants. Les fibres végétales ont été incorporées lentement dans le moût à l'aide d'une dodine. La bentonite a été préparée dans de l'eau, puis incorporée au moût. Après débourbage statique de 24 heures à 15°–17 °C, les moûts ont été soutirés en récupérant le jus clair sans les intrants sédimentés. Les moûts ont ensuite été inoculés avec la levure 4F9, (Erbsloh, Allemagne 20 g/hL) pour démarrer la FA. À la fin de la FA, les vins ont été stabilisés avec 50 mg/L de SO₂ et soumis à une température de 4 °C pendant un mois puis filtrés avant la mise en bouteille.

Moût rouge: deux variantes ont été testées avec le moût de syrah: une cuve témoin et une cuve avec l'incorporation de FV avant la FA. Après foulage/égrappage, les moûts ont été ensemencés avec la levure BM4X4, (Lallemand, France, 20 g/hL) et ont été pigés et remontés chaque jour pendant la FA. Après pressurage, les lies ont été éliminées par soutirage. Les vins ont ensuite subi une fermentation malolactique (FML) par inoculation d'*Oenococcus oeni* (Tera, Teracell, Italie ou Vitilacti F, Martin Vialatte, France), ils ont été stabilisés, filtrés et mis en bouteille.

Analyses biochimiques des moûts et des vins

Pendant les fermentations, la consommation de sucres a été suivie par densitométrie à l'aide d'un appareil DMA 35 (Anton Paar, Autriche). Les principaux paramètres chimiques ont été mesurés par des méthodes enzymatiques durant la vinification. Les paramètres des vins en bouteille ont été mesurés à l'aide du Wine Scan (Foss, Danemark) et par des méthodes enzymatiques.

Les paramètres mesurés comprennent: la teneur en alcool et en sucres, l'acidité totale, les concentrations en acides malique, tartrique, lactique et acétique, la teneur en glycérol, le pH et la quantité d'anthocyanes pour les vins rouges.

Détermination des résidus

La préparation des échantillons et l'analyse des résidus de PPh (présentes dans le plan de traitement) ont été réalisées par les laboratoires Excell (Floirac, France) en suivant les recommandations définies dans le Document N° SANTE/12682 /2019 (Lippold et Anastasiades, 2009). L'extraction des échantillons a été effectuée par phase solide dispersive (dSPE) de type QuEChERS («Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged and Safe») selon le protocole détaillé dans la norme (NF EN 15662). Les échantillons ont été extraits en utilisant de l'acétonitrile, puis purifiés à l'aide de mélanges de sels et d'absorbants. Après centrifugation, le surnageant a été séparé en deux aliquots afin d'être analysé par chromatographie en phase gazeuse ou par chromatographie en phase liquide, couplée à un spectromètre de masse en tandem (GC-MS/MS, LC-MS/MS) en mode MRM (Multi Reaction Monitoring) (Anastasiades *et al.*, 2021).

Analyse sensorielle

Le test «2 parmi 5» a été utilisé pour évaluer l'impact des traitements sur les caractéristiques organoleptiques des vins. Cette méthode est considérée comme plus fiable que le test triangulaire classique, car elle réduit les probabilités de bonnes réponses dues au hasard, ce qui permet de réduire le nombre de dégustateurs. Dans un test «2 parmi 5», les dégustateurs doivent identifier les deux échantillons identiques parmi cinq, ce qui limite à seulement 10 % la chance de répondre correctement par pur hasard (Billson, 2017). Lors de chaque session de dégustation, une paire de variantes expérimentales était comparée, par exemple un vin témoin (contrôle) face à un vin traité avec des FV.

Analyse statistique

L'analyse de la variance (ANOVA) à mesures répétées a été employée pour comparer les données de densitométrie entre les différentes conditions expérimentales, à l'aide du logiciel Prism (GraphPad, États-Unis). De plus, une analyse par bootstrap (réalisée avec Python version 3.10) a permis d'évaluer l'effet des traitements sur la réduction des résidus de PPh, notamment en 2022. Cette approche permet d'obtenir des informations statistiques (réduction en pourcentage, intervalles de confiance) à partir d'un nombre d'observations limité.

Résultats

Efficacité confirmée des fibres végétales au laboratoire

Les résultats montrent une réduction variable (de 33 % à 96 %) de la teneur en résidus de PPh après le traitement FV lors des tests de laboratoire. Le traitement à l'aide des B n'entraîne pas de réduction. La combinaison FVB n'est pas plus efficace que le traitement FV (Figure 1). Pour certaines molécules, il semble même que le traitement à la B augmente la quantité de résidus par rapport au contrôle, même s'il n'est pas possible de fournir une évaluation statistique. Ce résultat n'a pas été observé lors des essais en cave, ce qui suggère qu'il pourrait être attribuable à l'utilisation de moût congelé dans les essais en laboratoire.

Les traitements de réduction des résidus n'ont pas empêché le déroulement de la FA, bien que les résultats indiquent une cinétique plus lente dans les conditions

de traitement avec les bentonites (Figure 2), comme le confirme la présence de sucres en fin de FA avec des valeurs de sucres totaux >3,5g/L pour les conditions B et BM. Après la FA, les résidus de PPh ont de nouveau été analysés. Une faible variation de leur quantité a été observée, hormis la disparition du folpet, due à son hydrolyse en phthalimide (~80 %), expliquant l'augmentation de ce dernier dans toutes les variantes (données non présentées).

À la suite de ces résultats, ce schéma expérimental a été appliqué à l'échelle de la cave. Afin de simplifier l'expérience, la variante FVB n'a pas été préparée, car elle ne s'est pas avérée meilleure que les fibres seules. Nous avons toutefois utilisé le mélangeur en cave, en raison du volume plus important nécessaire à la mise en œuvre des ingrédients, et donc de la possibilité d'observer des variations plus significatives.

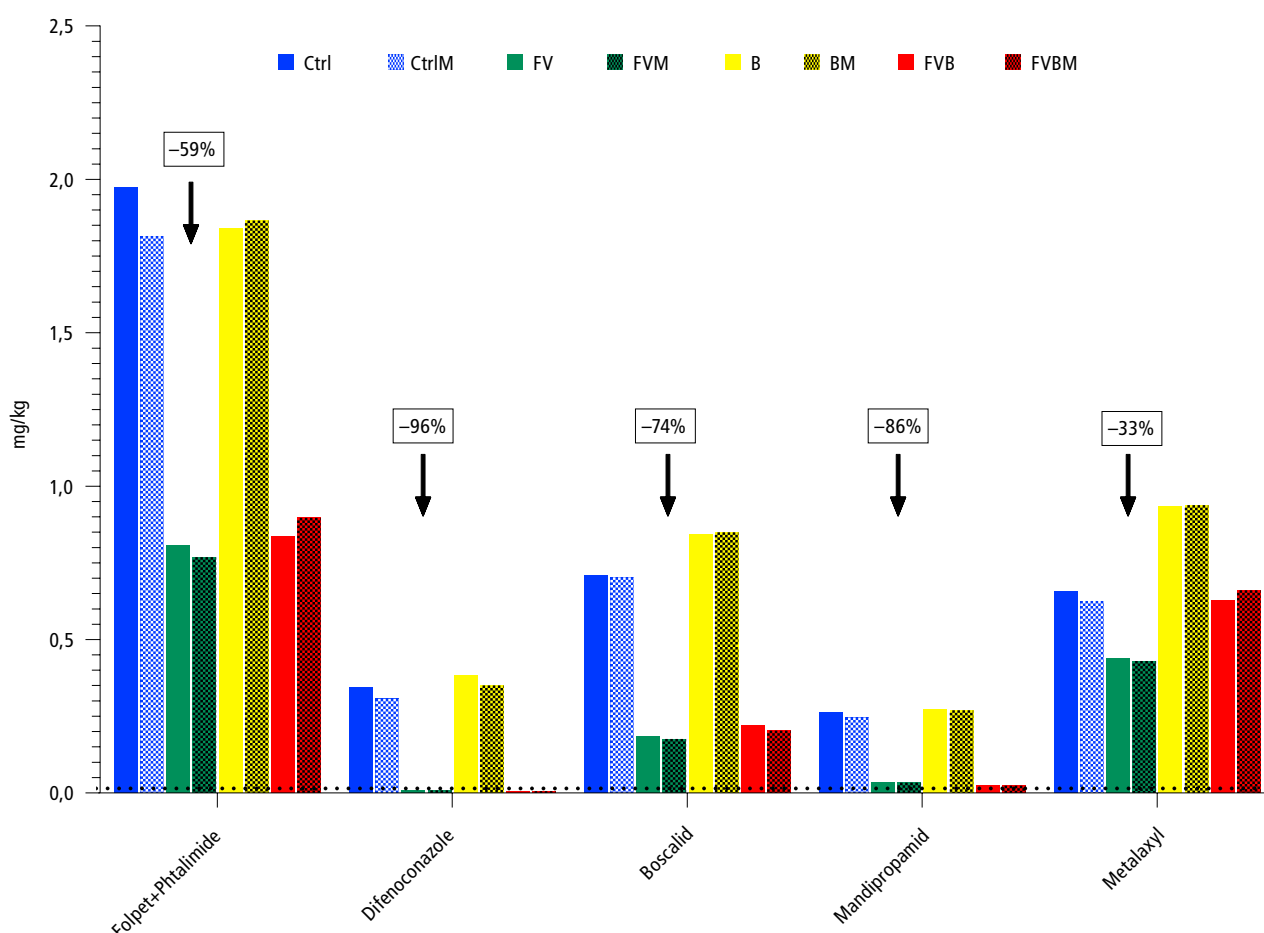


Figure 1 | Réduction de résidus de PPh dans le moût à l'échelle laboratoire après incubation de 24 h avec Fibres végétales (FV) et des bentonites (B). Les valeurs de réduction les plus élevées (indiquées sur le graphique en pourcentages) sont obtenues avec l'utilisation de FV. La ligne pointillée correspond à la limite de quantification (LQ 0,010 mg/kg). La mention M correspond à l'utilisation du système Dynawine au moment de l'incorporation.

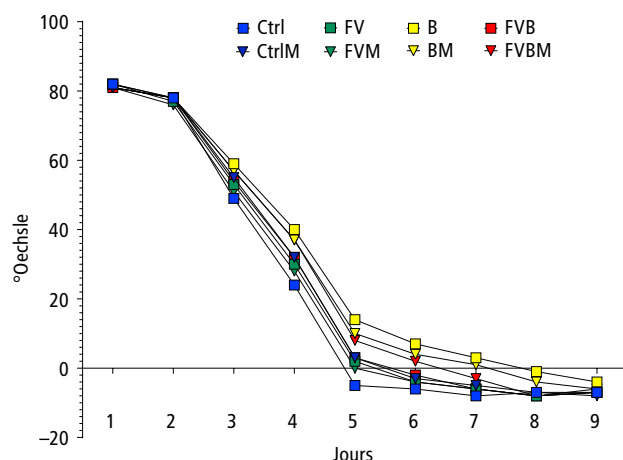


Figure 2 | Cinétique de fermentation mesurée par densitométrie à l'échelle du laboratoire. L'ANOVA montre une différence significative entre le profil de la fermentation du contrôle et des variantes B et BM (Friedman test Ctrl vs B: $p < 0,001$; Ctrl vs BM: $p < 0,03$).

Fibres végétales pour les moûts blancs à la cave: efficacité confirmée

À la cave, le moût a été traité avec les différents intrants lors de la phase de débouillage, pendant 24 heures. Le résumé des résultats des tests effectués pour les millésimes 2022 et 2023 est donné ci-dessous.

Mesure des résidus de PPh durant les différentes étapes de vinification

Millésime 2022: La plupart des PPh utilisés n'ont pas été détectés dans le moût avant débouillage, notamment le folpet/phtalimide, le fluxapiraxad, le cyflufenamid, le metalaxyl, le métrafenoné et le penconazole. Les concentrations des molécules détectées étaient largement inférieures à la limite maximale de résidus

(LMR) – par exemple, 0,148 mg/kg pour le boscalid – ou proches de la limite de quantification (LQ) (0,010 mg/kg pour le cyazofamide, le mandipropamide et le zoxamide) (Figure 3A). Après traitement, une première évaluation des résidus a été réalisée. La seule procédure de débouillage a permis de réduire en moyenne de 20 % la teneur en résidus de PPh. L'utilisation des FV a entraîné une réduction significative des quantités de boscalid, allant jusqu'à 85 % par rapport au moût avant débouillage, et a éliminé les traces de mandipropamide et de cyazofamide. Le traitement avec la B a montré des résultats d'analyse similaires à ceux du témoin (Ctrl) (Figure 3A). L'utilisation du mélangeur dans les différentes conditions n'a apporté aucun avantage supplémentaire. Il est toutefois possible que l'effet du mélangeur ne devienne détectable qu'à des volumes encore plus élevés. Les résultats de l'analyse bootstrap sont présentés dans le tableau 1 (Tableau 1).

La teneur en résidus mesurée après le débouillage diminue progressivement durant les phases de la FA et de mise en bouteille (de 20 à 40 % selon les conditions à chaque étape).

Le nombre de résidus détectables dans les variantes avec FV est de 1 (boscalid), avec des quantités proches de la LQ. Dans les autres variantes, le nombre de résidus détectables est de 2. Après la mise en bouteille, la quantité de boscalid retrouvée dans les variantes FV est environ cinq fois inférieure à celle des autres variantes (Figure 3A–C).

Millésime 2023: En l'absence d'effets significatifs observés sur le millésime 2022, les variantes utilisant le mélangeur n'ont pas été reconduites. Il convient de signaler qu'une diminution importante des résidus de PPh, en

Tableau 1 | Les valeurs de réduction en pourcentage (% red.) et les intervalles de confiance (IC) ont été calculés à partir de l'analyse bootstrap. Les FV permettent de réduire efficacement les résidus de PPh, notamment de boscalid et d'éliminer les résidus de cyazofamide et de mandipropamide. L'effet est considéré comme significatif, car l'intervalle de confiance ne contient pas la valeur 0. La faible largeur de l'IC suggère également une estimation précise de l'effet.

	Zoxamide % red. [95% IC]	Boscalid % red. [95% IC]	Cyazofamide % red. [95% IC]	Mandipropamide % red. [95% IC]
Ctrl	19,5 [–18, 45,9]	0 [–45,0, 30,4]	–2,7 [–70,0, 31,8]	32 [–2,1, 56,4]
CtrlIM	27,5 [–4,6, 60]	19,5 [–18,0, 47,4]	–6,2 [–60,2, 26,0]	33 [7,4, 52,9]
FV	21,8 [–17,3, 48,8]	85,1 [78,1, 90,1]	100 [100, 100]	100 [100, 100]
FVM	27,1 [–9,1, 49,8]	82,1 [74,6, 88,1]	100 [100, 100]	100 [100, 100]
B	22,0 [–15,1, 48,4]	18,1 [–21,5, 48,5]	0,6 [–62,5, 40,5]	32,1 [2, 56,1]
BM	27,1 [–4,2, 51,5]	17,7 [–22,9, 42,6]	–2,8 [–62,6, 30,4]	30,3 [–4, 52,7]

particulier de folpet et de phtalimide, a été observée dès la phase de débourbage. A la suite de cette étape, d'autres résidus ne sont pas détectés tels que le métrafénone ou se retrouvent à l'état de traces comme le mandipropamide. L'utilisation de FV élimine complètement toutes les traces de résidus, tandis que l'utilisation de B ne donne pas de résultats différents de ceux des contrôles. La situation reste similaire après la FA et la mise en bouteille. À la fin du test, deux résidus ont été retrouvés dans les contrôles, un dans les variantes B et aucun dans les variantes FV (Figure 3D–F).

Ces résultats rejoignent ceux obtenus par d'autres chercheurs et ceux de nos premiers essais sur du vin fini (Roesti *et al.* 2017). Lempereur *et al.* (2014) ont montré, dans le cadre d'essais avec FV et filtration à terre, qu'il était possible de réduire les pesticides dans les vins de

65 %. De même, Philipp *et al.* (2021) ont constaté une réduction de 40 à 60 % des pesticides totaux dans le vin blanc et rouge dans une expérience avec divers types d'intrants. Il est intéressant de noter qu'ils ont également observé peu de réductions des PPh en utilisant des bentonites. Roesti *et al.* (2017) ont constaté une réduction des pesticides pouvant atteindre 80 % à l'échelle pilote et 100 % à l'échelle du laboratoire, en utilisant des fibres végétales associées à différents types de filtration. Les essais présentés ici indiquent qu'il est possible d'obtenir de bons résultats de réduction en utilisant les FV lors du débourbage des moûts blancs. Cela pourrait présenter des avantages dans la gestion de la vinification, car l'élimination des traitements spécifiques pour le vin (filtre à diatomées) permettrait de réduire considérablement les temps de manipulation.

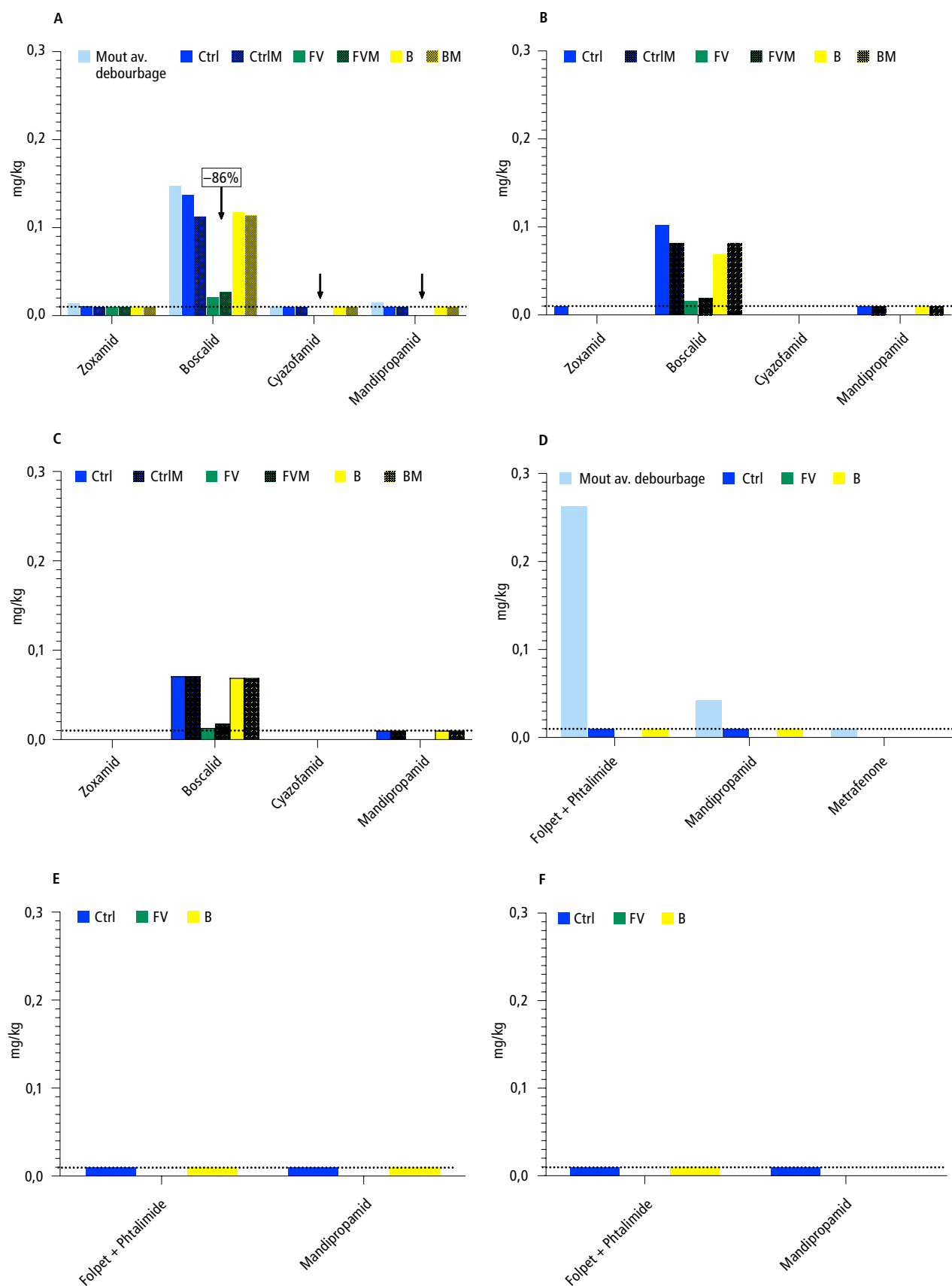


Figure 3 | Résultats des essais de réduction de résidus de PPH. Les graphiques A, B, C se réfèrent aux expérimentations de 2022.

A: après débourbage; B: après FA; C: vin en bouteille. Les graphiques D, E, F, se réfèrent aux expérimentations de 2023.

D: après débourbage; E: après FA; F: vin en bouteille. La ligne pointillée correspond à la limite de quantification (LQ).

Cinétique de fermentation et biochimie des vins

Concernant le déroulement de la fermentation pour le millésime 2022, nous n'avons pas constaté de différences substantielles entre les traitements. Les courbes de densitométrie ne présentent pas de différences significatives, à l'exception de celles de la condition «contrôle

plus mélangeur», où la consommation de sucres semble plus lente par rapport au contrôle. Concernant le déroulement de la fermentation du millésime 2023, nous n'avons pas constaté de différences substantielles entre les traitements (Figure 4A–B).

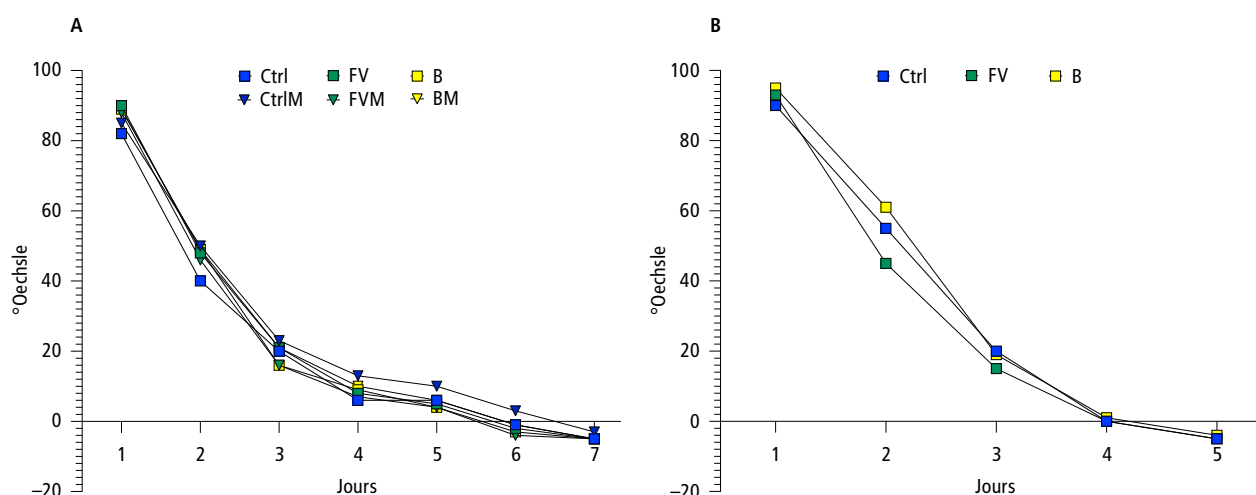


Figure 4 | Cinétique de fermentation mesurée par densitométrie à l'échelle cave. 4A: millésime 2022 ; 4B: millésime 2023.

En outre, les résultats suggèrent que les traitements effectués n'ont pas d'incidence sur les principaux paramètres biochimiques des deux millésimes, bien qu'il ne soit pas possible d'établir de lien statistique. Il convient

toutefois de noter qu'il existe probablement un effet du millésime sur la production d'alcool, et surtout de glycérol (>30 % en 2023; Tableau 2).

Tableau 2 | Principaux paramètres chimiques mesurés pour la petite arvine sur les millésimes 2022 (colonne de gauche) ou 2023 (colonne de droite). Les cases vides représentent les modalités non répétées en 2023.

	A. totale (g/L) 2022–2023		A. Malique (g/L) 2022–2023		A. Tartrique (g/L) 2022–2023		A. acétique (g/L) 2022–2023		Glycérol (g/L) 2022–2023		Ethanol (%) 2022–2023		Sucres résiduels (g/L) 2022–2023	
Ctrl	5,3	5,4	2,6	2,2	1,3	1,1	0,32	0,34	7,6	10,5	13	13,7	<1	<1
Ctrl M	5,3		2,8		1,2		0,34		7,4		12,9		<1	
FV	5,3	5,2	2,7	2,2	1,2	1,1	0,31	0,38	7,5	9,8	13	13,9	<1	<1
FVM	5,2		2,7		1,2		0,32		7,6		13		<1	
B	5,3	5	2,7	2,1	1,2	1	0,32	0,38	7,7	9,5	13	13,6	<1	<1
BM	5,4		2,7		1,2		0,31		7,7		13,1		<1	

Analyse sensorielle

Douze juges ont participé au test «2 parmi 5» pour le millésime 2022. Le seuil de significativité était de quatre juges ayant donné des réponses correctes. Les résultats ont montré que les juges n'ont pas reconnu de manière significative les différentes modalités d'essai. Pour le

millésime 2023, un nombre variable de juges a participé (entre onze et huit, seuil entre trois et quatre réponses correctes). Les résultats montrent que le panel a significativement reconnu le vin traité à la B parmi les autres.

Fibres végétales pour les moûts rouges à la cave: efficacité réduite

Concernant le moût rouge, nous avons testé l'effet des FV incorporées dans les cuves pendant la fermentation alcoolique, puis éliminées lors du décuvage. Voici un résumé des tests effectués pour les millésimes 2022 et 2023.

Mesures de résidus de PPh dans les différentes étapes de vinification

Les résultats montrent que le moût de syrah contient des quantités mesurables de résidus de PPh dans les deux millésimes. Il est intéressant de noter que la fermentation réduit considérablement leur présence avec une baisse de 40 % à 100 % selon les cas. À la fin de la procédure, l'utilisation des FV permet de réduire davantage la teneur en Boscalid dans le millésime 2022 (d'un facteur 1,6), mais n'entraîne aucune réduction dans le millésime 2023, que ce soit en termes de nombre ou de quantité de résidus retrouvés (Figure 5A–D).

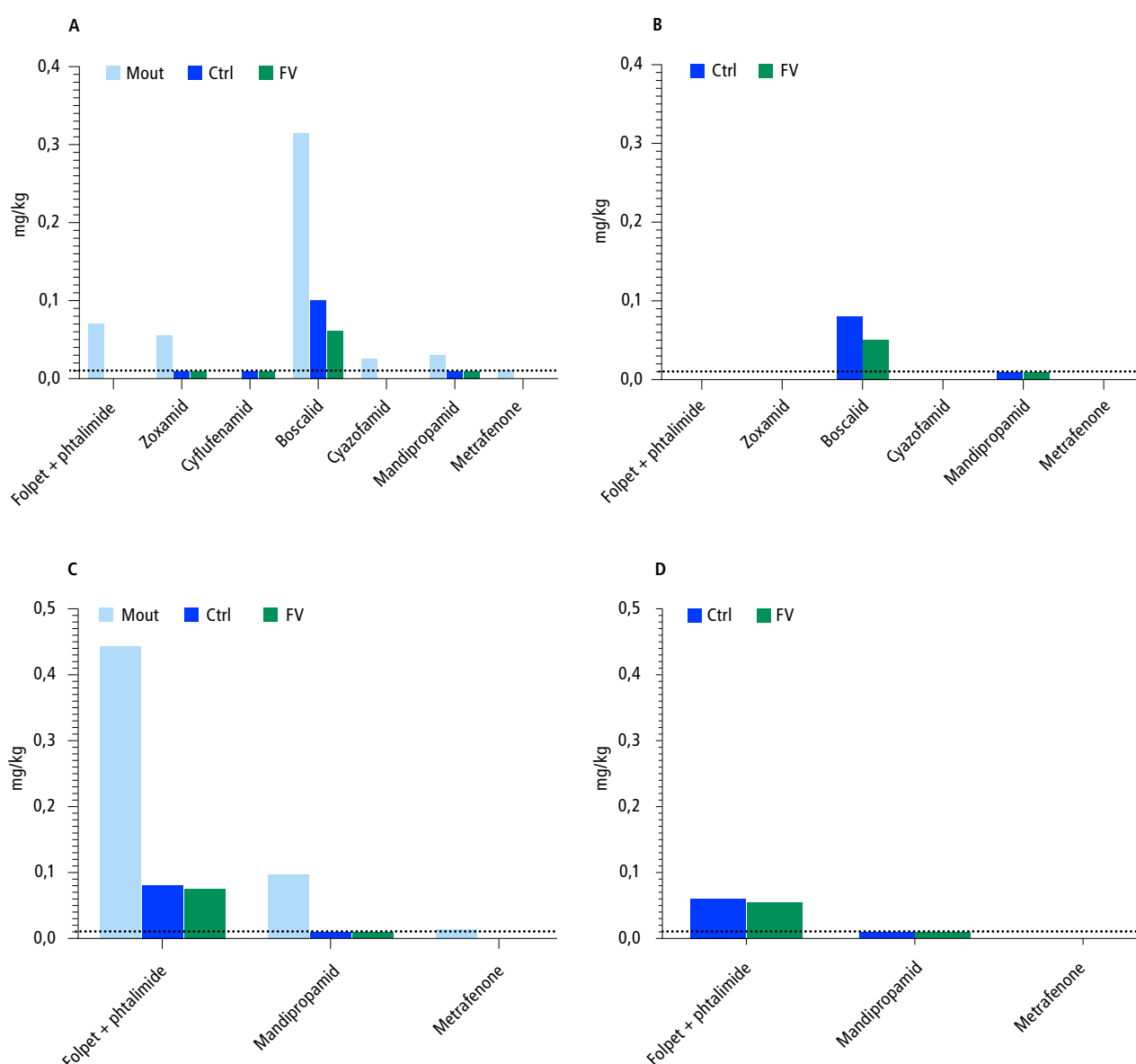


Figure 5 | Résultats des tests de réduction de PPh. Les graphiques A et B se réfèrent aux expérimentations 2022. A: après FA; B: vin en bouteille. Les graphiques C et D se réfèrent aux expérimentations 2023. C: après FA; D: vin en bouteille.

Cinétique de fermentation et biochimie des vins

Concernant le déroulement de la fermentation de la syrah dans les millésimes 2022 et 2023, les courbes de den-

sitométrie (Ctrl et FV) ne présentent pas de différences significatives (Figure 6).

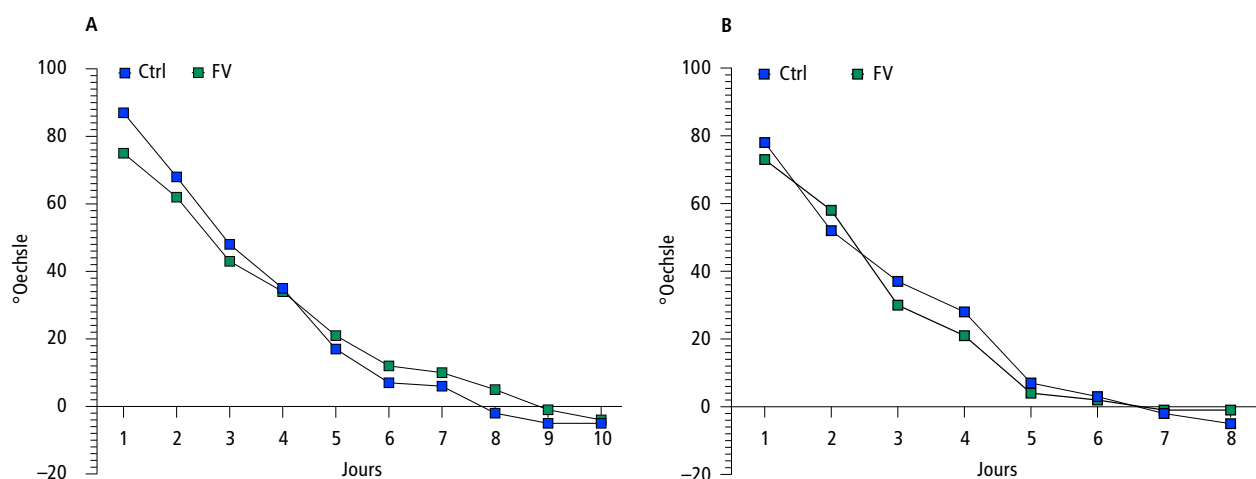


Figure 6 | Essais de réduction résidus de PPH sur syrah. Cinétique de fermentation mesurée par densitométrie à l'échelle cave. (A): expérimentation 2022; (B): expérimentation 2023.

Tableau 3 | Principaux paramètres chimiques mesurés dans la syrah pour les millésimes 2022 (colonne de gauche) ou 2023 (colonne de droite).

	A. Totale (g/L) 2022-2023		A. Malique (g/L) 2022-2023		A. Tartr. (g/L) 2022-2023		A. acétique (g/L) 2022-2023		Glycérol (g/L) 2022-2023		Ethanol (%) 2022-2023		Sucres résiduels (g/L) 2022-2023		Anthoc. (mg/L) 2022-2023	
Ctrl	5,2	3,9	<0,3	<0,1	1,8	1,4	0,47	0,36	9,8	9,3	14,2	12,7	<1	<1	763	864
FV	5,9	3,6	1,3	<0,2	1,9	1,3	0,4	0,36	10	9	14,2	12,1	<1	<1	785	763

En ce qui concerne la chimie du vin, de la même manière que pour l'arvine, les résultats semblent indiquer que les différences sont davantage liées au millésime (acidité totale, teneur en alcool) qu'au traitement avec les FV. Il est intéressant de noter que le vin traité avec les FV n'a pas terminé la FML en 2022 et qu'il contient moins d'anthocyanes pour le millésime 2023 (Tableau 3). Concernant le premier aspect, on pourrait supposer un effet indirect des fibres végétales (éliminées avant la FML) sur le métabolisme des bactéries malolactiques. Pour ce qui est du deuxième point, même s'il n'est pas présent dans les deux millésimes, le temps de rétention des fibres dans le moût pourrait influencer la teneur en polyphénols. Ces deux observations pourraient faire l'objet d'études futures.

Analyse sensorielle

Onze juges ont participé au test «2 parmi 5» pour le millésime 2022. Le seuil de significativité était de quatre juges donnant des réponses correctes. Cinq réponses

correctes ont été enregistrées sur douze, ce qui signifie que les juges ont différencié significativement les contrôles et les traitements. Pour le millésime 2023, 14 juges ont participé à l'essai sans reconnaître significativement les modalités présentées (une seule réponse correcte sur 14).

Concernant l'utilisation des FV dans la vinification de la syrah, les données suggèrent que leur effet est moins important que sur les moûts blancs. Il est en effet possible que la présence des pellicules de raisin dans le moût agisse comme une «éponge» et réduise la quantité de PPH, ce qui masquerait l'effet des fibres. Compte tenu également du fait que les dégustateurs ont reconnu la différence entre les vins traités en moût avec des FV, nous suggérons que ce mode d'utilisation n'est pas recommandé pour réduire les résidus de PPH dans les moûts rouges. L'utilisation des FV avec un filtre à terres sur le vin fini, comme décrit dans la littérature, serait probablement plus efficace sur ce type de vin.

Conclusions

- Nos expériences à la cave sur moût blanc (petite arvine) indiquent que les FV peuvent être utilisées au débouillage et permettent de réduire le nombre et la quantité de résidus de PPh.
- Leur utilisation peut être envisagée lorsque le nombre de traitements phytosanitaires est exceptionnellement élevé et d'autant plus quand ceux-ci sont positionnés après la floraison.
- En revanche, les FV utilisées dans des moûts rouges (syrah) ne réduisent pas efficacement la présence de résidus de PPh et modifient la perception sensorielle. Dans ce cas, l'utilisation des FV avec un filtre à terre après presse semble plus appropriée.
- Il est toutefois important de souligner que la réduction des résidus de PPh en cave ne se substitue pas à une utilisation raisonnée de ces derniers dans le vignoble. ■

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Alexandra Parrod de Gaud Bouchons pour la fourniture des fibres végétales.

Bibliographie

- Anastassiades, M., Wachtler, A.K., Kolberg, D. I., Eichhorn, E., Marks, H., Benkenstein, A., Zechmann, S., Mack, D., Wildgrube, C., Barth, A., Sigalov, I., Görlich, S., Dörk, D. & Cerchia, G. (2021). Quick Method for the Analysis of Highly Polar Pesticides in Food Involving Extraction with Acidified Methanol and LC- or IC-MS/MS Measurement - I. Food of Plant Origin (QuPpe-POMethod) – Version 12 (published on EURL-SRM website on July 23, 2021).
- Bardsley, D., Bardsley, A. & Conedera, M. (2023). The dispersion of climate change impacts from viticulture in Ticino. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 28: 16. <https://doi.org/10.1007/s11027-023-10051-y>.
- Billson, S. (2017). Two-Out-of-Five Test in Discrimination Testing in Sensory Science: A Practical Handbook. L. Rodgers, ed. Elsevier; pp. 171–181. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101009-9.00008-3>
- Dumitriu, G.D., Teodosiu, C. & Cotea, V.V. (2021). Management of pesticides from vineyard to Wines: focus on wine safety and pesticides removal by emerging tech-nologies DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.98991>.
- Lempereur, V., Louaisil, C., & Davaux, F. (2014). Reducing pesticide level in wine by selective filtration. *BIO Web of Conferences* 3, 02007; DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/bioconf/20140302007>.
- Lippold, M & Anastasiadis, M. DG-SANTE 212682/2019 - Analytical quality control and method validation procedures for pesticide résidus analysis in food and feed, 2009.
- Martín-García, B., Longo, E., Ceci, A.T., Pii, Y., Romero-González, R., Garrido Frenich, A. et Boselli E. (2024). Pesticides and winemaking: A comprehensive review of conventional and emerging approaches. *Comprehensive Review of Food Science and Food Safety*. 23:e13419. [wileyonlinelibrary.com/journal/crf3/https://doi.org/10.1111/1541-4337.13419](https://doi.org/10.1111/1541-4337.13419).
- NF EN 15662, Aliments d'origine végétale - Multiméthode de détermination des ré-sidus de pesticides par analyse CG et CL après extraction/partition avec de l'acéto-nitrile et purification par SPE dispersive - Méthode modulaire QuEChERS, AFNOR, Mai 2018.
- Rosti, J. (2017). Utilisation des fibres végétales pour la réduction des résidus de pesticides dans les vins. In: *Journée d'information oenologique*. 13 janvier, Beau-lieu, Lausanne. 1-25.
- Sen, K., Cabaroglu, T. & Yilmaz, H. (2012). The influence of fining agents on the removal of some pesticides from white wine of *Vitis vinifera* L. cv. Emir. *Food and Chemical Toxicology*, 50(11):3990-3995. doi:10.1016/j.fct.2012.08.016. I
- Tucker, S., Dumitriu Gabur, G.D. & Teodosiu C. (2022). Pesticides Identification and Sustainable Viticulture Practices to Reduce Their Use: An Overview. *Molecules*, 27(23), 8205; <https://doi.org/10.3390/molecules27238205>.
- Viret, O., Spring, J.-L., Zufferey, V., Gindro, K., Linder, C., Gaume, A. & Murisier F. (2019). Past and future of sustainable viticulture in Switzerland. *BIO Web of Conferences* 15, 01013, 42nd World Congress of Vine and Wine. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20191501013>.
- Wang, X. & Telepchak, M. (2013). Determination of pesticides in red wine by QuEChERS extraction, rapid Mini-Cartridge cleanup and LC-MS-MS detection. *LCGC North America*. 30(10): 912-36.