

R E V U E S U I S S E D E

VITICULTURE ARBORICULTURE HORTICULTURE



S E P T E M B R E - O C T O B R E 2 0 1 4 | V O L . 4 6 | N ° 5



Agroscope | Agora | Agridea | AMTRA | Changins

Fiche technique

Maladie bronzée de la tomate **Page 281**

Arboriculture

Diversité entomologique grâce aux bandes fleuries **Page 284**

Viticulture

Traitement des bois à l'eau chaude contre la flavescence dorée **Page 302**



www.eticolle.ch



Haute Couture.

Pour que la robe de votre bouteille
soit à la hauteur de celle de votre vin.

Damit das Kleid Ihrer Flasche
Der Güte Ihres würdig ist.

Perché l'abito della vostra bottiglia sia
all'altezza di quello del vostro vino.

L'ETIQUETTE



Partenaire: / Partner: / Partenaire:



Grand Prix
du Vin Suisse
Grosser Preis des Schweizer Weins
Gran Premio del Vino Svizzero
Swiss Wine Award



MONDIAL
DES PINOTS
MONDIAL



MONDIAL
du MERLOT
& ASSEMBLAGES



VOTRE SPÉCIALISTE POUR:

CUVES INOX 316
TUYAUX À VIN
MONTAGE DE RACCORDS
PRODUITS ŒNOLOGIQUES
PLAQUES «FILTROX»
TERRES DE FILTRATION
FILETS DE VIGNES



Gaz alimentaires GOURMET



CHS CUÉNOUD SA
www.cuenoud.ch

TÉL. 021 799 11 07 – FAX 021 799 11 32

Sommaire

Septembre–Octobre 2014 | Vol. 46 | N° 5



Photographie de couverture:

La maladie bronzée de la tomate due au virus TSWV engendre de sévères dégâts dans les cultures de pleine terre et sous abri.

Régulièrement observée au Tessin, la maladie est en expansion en Suisse (voir la fiche technique en p. 281).

(Photo Carole Parodi, Agroscope)

Cette revue est référencée dans les banques de données internationales SCIE, Agricola, AGRIS, CAB, ELFIS et FSTA.

Editeur

AMTRA (Association pour la mise en valeur des travaux de la recherche agronomique), CP 1006, 1260 Nyon 1, Suisse. www.revuevitiarbohorti.ch
ISSN 0375-1430

Rédaction

Judith Auer (directrice et rédactrice en chef), Eliane Rohrer (rédactrice)
Tél. +41 58 460 41 54, fax +41 22 362 13 25
E-mail: eliane.rohrer@agroscope.admin.ch

Comité de lecture

J.-Ph. Mayor (responsable IPV Agroscope), O. Viret (Agroscope),
Ch. Carlen (Agroscope), R. Baur (Agroscope), U. Zürcher (Agroscope),
L. Bertschinger (Agroscope), Ch. Rey (Agroscope), C. Briguet
(directeur CHANGINS), Ph. Droz (Agridea)

Publicité

Inédit Publications SA, Serge Bornand
Avenue Dapples 7, CP 900, 1001 Lausanne, tél. +41 21 695 95 67

Préresse

Inédit Publications SA, 1001 Lausanne

Impression

Courvoisier-Attinger Arts graphiques SA

© Tous droits de reproduction et de traduction réservés.
Toute reproduction ou traduction, partielle ou intégrale,
doit faire l'objet d'un accord avec la rédaction.

Tarifs des abonnements

Abonnement	simple	combiné
annuel:	(imprimé ou électronique)	(imprimé et électronique)
Suisse	CHF 48.–	CHF 58.–
Autres pays	CHF 55.–	CHF 65.–

Abonnements et commandes

Antoinette Dumartheray, Agroscope,
CP 1012, 1260 Nyon 1, Suisse
Tél. +41 79 659 48 31, fax +41 22 362 13 25
E-mail: antoinette.dumartheray@agroscope.admin.ch
ou info@revuevitiarbohorti.ch

Versement

CCP 10-13759-2 ou UBS Nyon, compte CD-100951.0

Commande de tirés à part

Tous nos tirés à part peuvent être commandés en ligne sur
www.revuevitiarbohorti.ch, publications.

277 Editorial

Fiche technique

281 **Maladie bronzée de la tomate**
Olivier Schumpp et Céline Gilli

Arboriculture

284 **Augmentation de la biodiversité entomologique en verger de pommiers grâce aux bandes fleuries**
Dominique Fleury et Emilie Wawrzyniak

Protection des végétaux

292 **Variabilité génétique du champignon responsable de l'eutypiose dans un vignoble suisse**
Valérie Hofstetter, Bart Buyck, Pierre-Henri Dubuis, Olivier Viret et Katia Gindro

Viticulture

302 **Traitement des bois à l'eau chaude contre la flavescence dorée: effet sur l'anatomie et l'intégrité des tissus conducteurs. Etudes préliminaires**
Eric Remolif, Vivian Zufferey, Pierre-Henri Dubuis, Francine Voinesco, Olivier Fendeleur et Katia Gindro

310 **Anthocyanes libres des vins, une analyse pour différencier des cépages suisses**
Pierre-Léonard Zaffalon, Ágnes Dienes-Nagy, Danielle Nardone, Frédéric Vuichard, Carole Koestel, Johannes Rösti et Fabrice Lorenzini

318 **Composés carbonyles: importance pour les taux de SO₂, analyse et présence dans les vins**
Jordane Henriet, Nick Jackowetz et Ramón Mira de Orduña Heidinger

Actualités

328 **Prédiction de la charge des pommiers**
Simon Schweizer, Lena Neumann, Peter Braun, Sonja Kuttinig, Daniel Baumgartner et Albert Widmer

333 Portrait

334 La page de CHANGINS

Innovez sans modération !



A l'écoute de vos évolutions, Bucher Vaslin développe pour vous, sans relâche, de nouvelles solutions en réception de vendange, pressurage, filtration tangentielle, pour plus de performances, de valeur ajoutée, de retour sur investissement.

Nos concessionnaires agréés :

Avidor Valais SA

3970 Salgesch
Tél. 027/456 33 05

Gigandet SA

1853 Yverne
Tél. 024/466 13 83

Jean-Luc Kaesermann Sarl

1173 Féchy
Tél. 021/808 71 27

Perroulaz SA

1070 Puidoux
Tél. 021/946 34 14

Valélectric Farner SA

1955 St Pierre de Clages
Tél. 027/305 30 00

Bucher Vaslin - Philippe Besse

CH-1787 Mur/Vully - Tél. 079/217 52 75
philippe.besse@buchervaslin.com

BUCHER vaslin

www.buchervaslin.com
Votre réussite est notre priorité



PÉPINIÈRES VITICOLES J.-J. DUTRUY & FILS

Le professionnel à votre service • Un savoir-faire de qualité

PLANTATION À LA MACHINE • PRODUCTION DE PORTE-GREFFES CERTIFIÉS • NOUVEAUX CLONES

Jean-Jacques DUTRUY & Fils à FOUNEX-Village VD • Tél. 022 776 54 02 • E-mail: dutruy@lesfreresdutruiy.ch

Lutter contre les maladies virales, c'est anticiper le pire pour s'assurer du meilleur



Olivier Schumpp

Agroscope

olivier.schumpp@agroscope.ch

(Photo: Carole Parodi, Agroscope)

L'automne et son voile de couleurs signent la fin des récoltes de l'année. L'été pluvieux a favorisé certaines maladies bactériennes ou fongiques, mais nous avons observé une baisse importante des cas de maladies virales. Néanmoins, il ne suffit pas de s'en remettre aux dieux de la météo pour espérer une saison sans épisode viral. Le maître mot est d'anticiper!

Anticiper n'est pas facile car, comme nous, les virus voyagent beaucoup: à l'échelle internationale via les imports/exports de plants et de récoltes, au niveau local entre les exploitants, leurs fournisseurs ou leurs clients, et enfin entre les parcelles cultivées et l'environnement par l'intermédiaire de vecteurs comme les insectes ou les oiseaux. Ces processus d'échange favorisent la dissémination, les phénomènes épidémiques et également la survenue de nouvelles maladies.

Contre les maladies virales, il n'existe aucun traitement; la lutte est exclusivement préventive et exige une mise en place précoce.

Les études épidémiologiques s'accordent toutes sur un point: le contrôle des sources d'inoculum est la clé de voûte des efforts de lutte. Les fiches techniques sur les maladies détaillent, par culture, les moyens d'y parvenir (voir la maladie bronzée de la tomate en page 281).

L'approche la moins onéreuse et souvent la plus efficace est la résistance naturelle des variétés. Pour cela, une source de résistance doit être repérée dans des espèces sauvages apparentées pour introduire le caractère correspondant dans des variétés commerciales. Aujourd'hui, des résistances naturelles sont exploitées contre de nombreux virus dans des espèces annuelles et ligneuses.

En leur absence, la lutte fait appel à des stratégies combinées, plus ou moins coûteuses selon les cultures, les vecteurs de maladies et les conditions climatiques de la saison: il s'agit essentiellement d'éliminer les réservoirs permettant au virus de se maintenir d'une année à l'autre et de repousser les vecteurs. Pour cela, des techniques de paillage ou l'utilisation de cultures entre les rangs donnent des résultats prometteurs. D'autres approches basées sur une «vaccination» des plantes, comme la protection croisée, ont été testées avec succès et sont en cours de développement.

Lorsque la maladie s'installe, la rapidité de sa diffusion dépend essentiellement du vecteur: si celui-ci vole (pucerons, cicadelles, insectes pollinisateurs, etc.), elle peut être fulgurante. Les plantes malades doivent alors être rapidement éliminées pour limiter les dégâts sur la parcelle et la diffusion vers les cultures voisines. Pour gagner du temps, un diagnostic peut être effectué sur place avec des bandelettes de détection (type AgriStrip). Dans les cas douteux, le diagnostic en laboratoire est parfois nécessaire. Éliminer un plant ou un arbre sur lequel on a investi du temps et de l'argent reste une décision douloureuse, mais un diagnostic sûr permet de la prendre plus vite et plus sereinement.

C'est la fin de la saison, les cultures se terminent: c'est le moment d'élaborer la stratégie de lutte pour l'année prochaine!



PÉPINIÈRES VITICOLES



Sélection
Valais

PAUL-AURICE BURRIN
ROUTE DE BESSONI 2
1955 SAINT-PIERRE-DE-CLAGES
TÉL. 027 306 15 81
NATEL 079 220 77 13
www.burrin-pepinieres.ch
burrin@burrin-pepinieres.ch

THE LINDE GROUP

PanGas

La glace carbonique de PanGas pour les vigneronns.
Refroidissement des moûts – macération à froid.



ICEBITZZZ™ de la glace carbonique
et plus encore.

Pellets 3 mm
Pellets 16 mm

PanGas AG
Industriepark 10, CH-6252 Dagmersellen
Téléphone 0844 800 300, Fax 0844 800 301

www.pangas.ch



La pépinière romande à votre
disposition



Europolant S.à.r.l.

Scions fruitiers

toutes espèces fruitières

hautes tiges
arbres formés

greffage sous contrat



Europolant S.à.r.l. - En Pérauses, rte de l'Etraz, 1267 Vich - Fax 022 364 69 43 - Tél. 022 364 69 33

DEPUIS 120 ANS À VOTRE SERVICE

Dupenloup SA
 9, chemin des Carpières
 1219 Le Lignon - GE
 Tél. 022 796 77 66
 contact@dupenloup.ch



MAISON FONDÉE EN 1888
DUPENLOUP SA
 FABRIQUE DE POMPES
 MATÉRIEL POUR L'INDUSTRIE

**NOUVEAUTÉS***100% hygiénique**- Smile Inox H**- Smile A inversée*

**POMPES, GESTION DES TEMPÉRATURES,
 RACCORDS ET ACCESSOIRES INOX**

**Afin de mieux vous servir:
 Partenariat commercial et technique
 entre Dupenloup SA et Oeno-Pôle Sàrl**



**RÉCEPTION, PRESSURAGE,
 FLOTTATION, VINIFICATION,
 CONDITIONNEMENT**



Oeno-Pôle Sàrl
 CP 57, 1183 Bursins
 Tél. 078 716 40 00
 Mail: info@oeno-pole.ch

**OENO
 PÔLE**
Au service de la qualité

Et bien plus sur: **WWW.OENO-POLE.CH**

Erbslöh au sujet de la fermentation malolactique:

L'analyse sensorielle a besoin de sécurité organoleptique!

BioStart® Fresh SK55 **NOUVEAU**

Bactéries malolactique pour des
 vins blancs, rosés et rouges fruités

BioStart® Vitale SK11®

Pour une fermentation malolactique
 naturelle et sûr

Wenger
UNIVERSITÄT SÄKTEN
 FÜR ANWANDTE INGENIEURWISSENSCHAFTEN

Route de l'Industrie 36
 1615 Bossonnens
 Tel.: 021 9474410
 www.wengertechnologie.ch

ERBSLÖH

Le spécialiste de vos installations vinicoles

Distributeur officiel des marques:



Le système d'égrenage et de tri révolutionnaire!

DELLA TOFFOLA



Pressoirs et matériel de cave



Elévateurs de vendange et matériel de réception

Moeschle
Behälterbau GmbH



Cuverie de haute Qualité



Vinificateurs automatisés

KREYER



Thermorégulation

KIESEL



Pompes et flottateurs

Logics & Controls

SIRIO ALBERTI

AZZINI



BIEFFE

molan

FIVER

bertolaso

Champ de la Vigne 4 - 1470 Estavayer-le-Lac - Tél. 026 664 00 70 - Fax 026 664 00 71
E-mail: dreier@dreieroenotech.ch - www.dreieroenotech.ch



Martin Auer Rebschulen Pépinières Viticoles

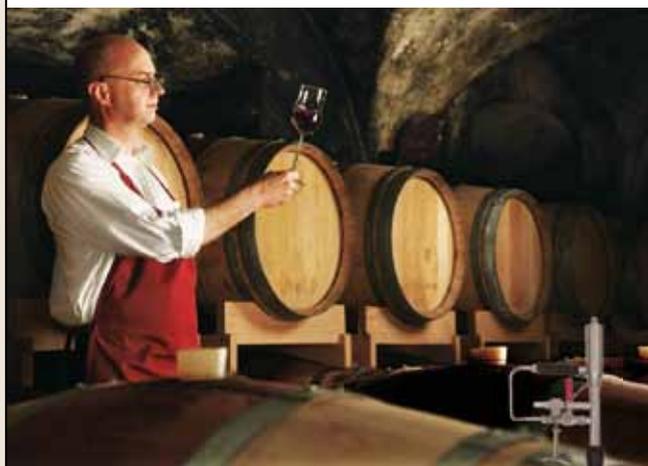
Lisilostrasse, 8215 Hallau / SH
E-mail: auer@rebschulen.ch
www.rebschulen.ch
Tél. 052 681 26 27 / Fax 052 681 45 63



Assortiment complet:
Cépages de cuve et de table.

Porte-greffes de 34, 42, 50 et de 85 cm.

Réservez dès maintenant vos plants
de vigne pour 2015 et 2016.



Nettoyeur de fûts Vos fûts le méritent

Les nettoyeurs de fûts de MOOG Cleaning Systems
garantissent un nettoyage intérieur le plus rationnel,
le plus efficace et le plus économique de vos fûts de vin.

Visitez notre nouveau site Internet
www.moog.ch

Maladie bronzée de la tomate

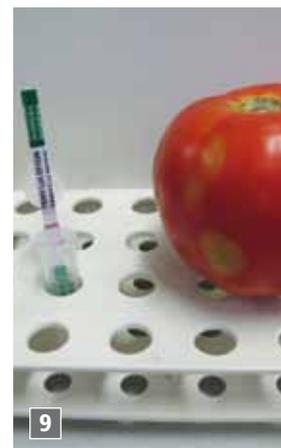
Tomato spotted wilt virus, TSWV

Olivier Schumpp et Céline Gilli

Symptômes

La maladie bronzée de la tomate forme une large gamme de symptômes selon la plante hôte, l'âge et les conditions environnementales des cultures. La souche virale détermine également le type de symptômes.

- Sur feuilles de tomate, l'apparition de plages brunâtres est à l'origine du nom du virus (fig. 1 et 2). Ces taches évoluent en brûlures et peuvent apparaître sur les tiges ou pétioles. Certaines variétés forment, à la place de ces symptômes typiques, des enroulements, une coloration bleue (fig. 3), un gaufrage (fig. 4), des taches localisées (fig. 5 et 6), des nécroses et/ou un nanisme des plantes.
- Sur fruits mûrs, les symptômes se présentent principalement sous forme de décolorations irrégulières (fig. 7) ou circulaires (fig. 8) de couleur jaune-orange, parfois accompagnées de nécroses. Il n'y a pas de symptômes communs à toutes les situations et la plupart des manifestations peuvent être associées à d'autres maladies (bactériennes ou fongiques) ou à des stress physiologiques.
- Les bandelettes de détection de type AgriStrip® permettent un diagnostic de terrain simple et efficace réalisable par les producteurs directement sur leur site de production. La distribution de ce virus dans la plante étant très variable, l'échantillon à tester doit être constitué de plusieurs prélèvements réalisés sur différentes parties d'une même plante (fig. 9).



Introduction

La première description de cette maladie en Europe date de 1931. Son développement important depuis les années 80 coïncide avec l'introduction du vecteur principal, le thrips *Frankliniella occidentalis*. Sa présence en Suisse est documentée depuis 1994 dans le canton de Vaud. Elle sévit régulièrement au Tessin et les zones contaminées sont en expansion.

L'agent responsable de la maladie est le *Tomato spotted wilt virus* (TSWV). Le TSWV est un organisme réglementé par l'ordonnance sur la protection des végétaux avec obligation de contrôle. L'importation et la dissémination de plantes contaminées sont interdites. Les semences ne font pas l'objet d'une réglementation particulière.

Transmission et dissémination

Le virus est transmis localement par les thrips. Le virus est acquis au stade larvaire et persiste dans l'insecte tout au long de sa vie. La transmission aux plantes n'est réalisée que par les adultes. Le virus est également transmis par greffage, notamment par un porte-greffe contaminé.

Le virus est disséminé à longue distance par le transport de matériel contaminé. La transmission du TSWV par les manipulations, les outils, le pollen ou les semences est considérée comme négligeable ou nulle.

Dommages et risques

Le TSWV est classé au second rang des virus les plus importants pour l'agriculture au niveau mondial. Les pertes se chiffrent en milliards de dollars et concernent de nombreuses cultures (tabl. 1).

Impressum

Copyright: 2014, Agroscope, www.agroscope.ch

Rédaction: Olivier Schumpp et Céline Gilli

Photos: Agroscope

Edition: Amtra, www.revuevitiarbohorti.ch

Tableau 1 | Principales plantes maraîchères et ornementales contaminées par le TSWV

Plantes maraîchères		
Aubergine	Laitue	Haricot
Poivron	Endive	Pois
Concombre	Courge	Epinard
Choux	Bette	Céleri
Plantes ornementales		
Marguerite	Anémone	Arum
Bégonia	Souci	Chrysanthème
Dahlia	Zinnia	Cyclamen
Glaïeul	Gerbera	Lys
Pétunia	Renoncule	Impatiens

Mesures de lutte

La gestion des cultures pour prévenir ou accompagner la présence du TSWV est complexe. Il est donc essentiel d'utiliser un matériel végétal sain muni du passeport phytosanitaire en début de saison. Plusieurs techniques, dont l'efficacité varie selon la pression du virus et les conditions environnementales, sont utilisables seules ou combinées. Chacune présente des avantages et des inconvénients (Awondo *et al.* 2012).

Utiliser des variétés résistantes

Plusieurs dizaines de variétés résistantes représentant les principales classes de tomate sont commercialisées dans le monde (Riley *et al.* 2011). Leurs résistances sont partielles, mais cette stratégie reste considérée comme la plus efficace bien qu'elle soit encore peu utilisée en Suisse.

Limiter les sources d'infection

La large gamme d'hôtes du TSWV lui permet de se maintenir dans l'environnement proche des zones de production, notamment sur les adventices (tabl. 2). Plus d'un millier d'espèces, plantes cultivées ou sauvages, sont susceptibles d'être contaminées.

- En serre: éliminer les mauvaises herbes, réservoir potentiel de TSWV, dans et aux alentours de la serre. Éliminer soigneusement les résidus de la culture précédente.

Limiter l'entrée des thrips en plaçant des filets anti-insectes aux ouvrants (mailles de 120–150 microns). Placer

Tableau 2 | Adventices communes en Suisse contaminées par le TSWV

Noms latins	Noms communs
<i>Amaranthus</i> spp.	Amaranthes spp
<i>Anagallis arvensis</i>	Mouron des champs
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Capselle bourse-à-pasteur
<i>Chenopodium amaranticolor</i>	Anserine amarante
<i>Convolvulus arvensis</i>	Liseron des champs
<i>Fumaria officinalis</i>	Fumeterre officinale
<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalis corniculé
<i>Picris echioides</i>	Picris fausse vipérine
<i>Poa annua</i>	Pâturin annuel
<i>Solanum nigrum</i>	Morelle noire
<i>Sonchus</i> spp.	Laiterons spp
<i>Stellaria media</i>	Mouron des oiseaux
<i>Taraxacum officinale</i>	Pissenlit
<i>Veronica</i> spp.	Véroniques spp

des panneaux englués dans les serres pour capturer et évaluer la présence de thrips.

- Désinfecter soigneusement la serre et réaliser un vide sanitaire en fin de saison durant 3 à 4 semaines.
- Utiliser des mulchs métallisés au sol pour les cultures en pleine terre ou placés autour des ouvrants pour les cultures en serre.
- La punaise prédatrice *Macrolophus pygmaeus* recommandée contre l'aleurode s'attaque également aux thrips et peut donc compléter d'autres actions.
- La lutte chimique est peu efficace contre le thrips sur tomate car l'insecte échappe souvent aux traitements: les œufs sont pondus dans l'épiderme, l'adulte se cache dans les replis de la plante et les nymphes s'enfouissent dans le sol. De plus, les thrips développent rapidement des résistances aux insecticides. En cas d'utilisation, cette stratégie nécessite un minimum de trois passages à cinq jours d'intervalle en alternant les familles chimiques. Ce traitement est à renouveler régulièrement.

Bibliographie

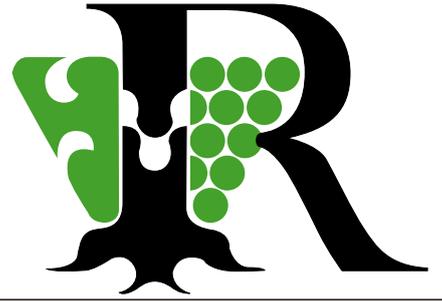
- Riley D. G., Joseph S. V., Kelley W. T., Olson S. & Scott J., 2011. Host Plant Resistance to Tomato spotted wilt virus (*Bunyaviridae*: Tospovirus) in Tomato. *Hortscience* **46**,1626–33.
- Awondo S. N., Fonsah E. G., Riley D. & Abney M., 2012. Effectiveness of Tomato spotted Wilt Virus Management Tactics. *J. Econ. Entomol.* **105**, 943–8.

Pépinières Viticoles - Ph. Rosset

- Toutes variétés sur divers porte-greffes.
- Plantation de vos plants et échelas à la machine guidée par GPS.
- Tubex et Bio-Protek, protections pour vos plants.

Qualité et Service font notre différence

Jolimont 8 - 1180 Rolle - Tél. 021 825 14 68 - Fax 021 825 15 83
E-mail: rossetp@domainerosset.ch - www.domainerosset.ch



GIGANDET SA 1853 YVORNE

Atelier mécanique

Tél. 024 466 13 83

Machines viticoles, vinicoles et agricoles

Fax 024 466 43 41

Votre spécialiste BUCHER-VASLIN depuis plus de 35 ans

**VENTE
SERVICE
RÉPARATION
RÉVISION**

**PRESSOIR
PNEUMATIQUE
5 hl / 8 hl
X Pro 5
X Pro 8**



Pressoirs

Pompes

Egrappoirs

Fouloirs

**BUCHER
vaslin**

**Réception
pour
vendange**



ACTION prévente pour matériel de vigne
Profitez de notre action du 3.11.14 au 9.1.2015.

gvz_rossat
Le choix des professionnels

- Piquets
- Voest
- Reisacher
- Fil
- Crapal
- Bayco
- Arcelor
- Glissière de protection
- et plus encore

Contactez-nous!

Tel.: +41 (0)26 662 44 66 www.gvz-rossat.ch
Fax: +41 (0)26 662 44 60 info@gvz-rossat.ch

Chemin du Milieu 6
Z.I. Est C1
1580 Avenches

Augmentation de la biodiversité entomologique en verger de pommiers grâce aux bandes fleuries

Dominique FLEURY, HES-SO CHANGINS, 1260 Nyon, Suisse, et Emilie WAWRZY尼亚K, HEPIA, 1254 Jussy, Suisse
Avec la collaboration de Noémie GAGNON-LUPIEN et Jean DUVAL, Centre d'expertise et de transfert en agriculture biologique (CETAB⁺), Victoriaville, Québec, Canada

Renseignements: Dominique Fleury, e-mail: dominique.fleury@changins.ch, tél. +41 22 363 40 43, www.changins.ch



Ichneumonidé sur un plant de féverole et Apoidé butinant sur une fleur de phacélie.

Introduction

La pomme est l'un des trois fruits les plus consommés au monde (après la banane et les agrumes) et le plus important dans les climats tempérés. La production mondiale est estimée à 75 millions de tonnes pour une valeur, à la production, de 32 millions de dollars américains (FAO 2012). Les vergers sont des systèmes agricoles soumis à une forte pression de divers insectes ravageurs (*Cydia pomonella*, *Aphid* spp., *Panonychus ulmi*).

En production intégrée ou biologique, plusieurs techniques (confusion sexuelle, virus, prédateurs) sont utilisées pour contrôler les populations de ravageurs (Charmillot et Bloesch 1987). Cependant, lorsque la superficie du verger est trop petite ou les populations trop

importantes, les arboriculteurs doivent appliquer des pesticides (de synthèse ou biologiques) pour répondre aux exigences des consommateurs et pouvoir commercialiser leurs récoltes. L'utilisation répétée de certaines matières actives peut engendrer l'apparition d'individus résistants dans une population (Charmillot *et al.* 2001) ou réduire la population de prédateurs (Linder *et al.* 2006), amorçant ainsi le cercle vicieux des applications de pesticides.

En Suisse, depuis plus de vingt ans, les arboriculteurs implantent des surfaces de promotion de la biodiversité (SPB) sur 3,5 % de la surface de leurs vergers (GTPI 2014). Ce geste sociétal est rémunéré par le gouvernement. Ces SPB offriraient un avantage supplémentaire si elles étaient implantées avec des végétaux attractifs pour les

auxiliaires (prédateurs et parasitoïdes) potentiellement actifs contre les populations de ravageurs de nos vergers. Cette stratégie est connue et se nomme «manipulation indirecte par modification du milieu» (Cloutier et Cloutier 1992). L'efficacité des bandes florales en termes de réduction des populations de ravageurs a déjà été étudiée et leur intérêt démontré (Duval 1993; Bostanian *et al.* 2004; Boreau de Roince 2010).

Matériel et méthodes

Site expérimental

Le verger est situé à Victoriaville (Québec, Canada) et couvre une surface de 5 ha. Les températures varient entre 15 et 28 °C en été et -5 et -18 °C en hiver. Les précipitations se situent entre 10 et 40 mm de mai à juillet et de 10 à 60 mm durant l'automne. Les analyses de sol indiquent les teneurs suivantes: calcaire actif 15 %; pH H₂O de 5,4 à 5,8; pH tampon de 6,2 à 6,6; taux de matière organique de 0,6 à 4,2 %. Depuis 2009, ce verger est exploité par le Centre d'expertise et de transfert en agriculture biologique (CETAB⁺) et conduit selon un cahier des charges biologique. Les variétés cultivées sont McIntosh et Lobo. Ce verger présentant une pente et une proximité avec un boisé, il nous a semblé judicieux de diviser la zone d'étude en quatre blocs aléatoires avec quatre répétitions pour chaque traitement (fig. 1).

Mélanges floraux

Trois variantes ont été comparées (tabl. 1 à 3): S = mélange de plantes «sauvages», C = mélange de plantes «cultivées» et T = témoin (végétation spontanée). Aucun de ces mélanges n'a été fauché durant la saison de végétation 2013.

Résumé Les bandes florales permettent de préserver la biodiversité et de lutter contre les insectes ravageurs grâce aux populations d'auxiliaires présents. Deux mélanges floraux ont été testés: «sauvage» et «cultivé». La floraison de chaque espèce a été relevée de façon hebdomadaire (de juin à septembre 2013) afin de déterminer quel mélange était le plus florifère et potentiellement attractif pour les insectes auxiliaires. Des captures ont été réalisées au filet-fauchoir deux fois par semaine (juillet et août 2013). Les cicadelles et coléoptères n'ont pas présenté de préférence pour l'un ou l'autre mélange. Les cécidomyies, diptères divers, drosophiles et hyménoptères parasitoïdes se sont montrés significativement plus attirés par le mélange cultivé. Les hémiptères et pollinisateurs, quant à eux, ont préféré sans distinction les deux mélanges au témoin. Le mélange cultivé semble prometteur pour augmenter la biodiversité entomologique en verger de pommiers.

Figure 1 | Disposition des blocs dans le verger expérimental (la flèche indique le haut de la pente).

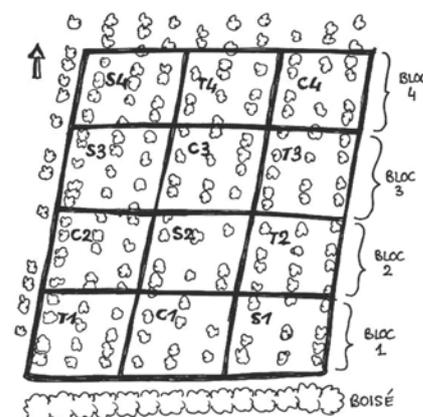


Tableau 1 | Mélange S avec les différentes proportions de chaque espèce

Nom vernaculaire	Nom latin	Poids	gr/g	Graines
Achillée millefeuille	<i>Achillea millefolium</i>	14	6000	84 000
Angélique à tige pourpre	<i>Angelica atropurpurea</i>	100	190	19 000
Bident penché	<i>Bidens cernua</i>	30	750	22 500
Moutarde brune ou joncée	<i>Brassica juncea</i>	164	500	82 000
Dalée violette	<i>Dalea purpurea</i>	34	660	22 400
Julienne des dames	<i>Hesperis matronalis</i>	240	100	24 000
Mélilot jaune	<i>Melilotus officinalis</i>	149	570	85 002
Monarde fistuleuse	<i>Monarda fistulosa</i>	8	2800	22 400
Phacélie à feuilles de tanaisie	<i>Phacelia tanacetifolia</i>	41	500	20 500
Silène arméria	<i>Silene armeria</i>	3	7813	23 438
Verge d'or	<i>Solidago canadensis</i>	6	3250	20 800
Zizia doré	<i>Zizia aurea</i>	211	390	82 290
	Total	1000		508 371

Insectes

Les captures au filet-fauchoir ont été réalisées de juillet à août 2013 durant le pic de floraison des mélanges. Le «chasseur» se plaçait au milieu de la bande florale et faisait décrire un tour complet au filet-fauchoir en tournant sur lui-même, en dix secondes. Les insectes capturés ont été conservés dans l'alcool à 70 % et identifiés au niveau de la famille à la loupe binoculaire (Stéréotec® 20/40) en laboratoire. Les effectifs capturés ont été analysés par mélange floral et diversité (familles), calculée à l'aide d'une adaptation de l'indice de Shannon (Margalef 1958)

$$H = - \sum P_i \cdot \log(P_i)$$

où P_i = (nombre d'individus de la famille i) ÷ (effectif total N).

Les individus capturés ont été rassemblés par groupes basés sur les ordres (sauf exceptions dues au nombre de captures ou à la fonction éco-systémique): *Cecidomyiidae* (CECI), *Cicadellidae* (CICA), coléoptères (COLEO), *Drosophilidae* (DROSO), autres diptères (DIP), hémiptères (HEMI) sans cicadelles, hyménoptères (HYM) et pollinisateurs (POLL).

Analyses statistiques

Les logiciels R (Development Core Team 2013) et Minitab 16.0 ont été utilisés. Les graphiques ont été réalisés avec Microsoft Excel 2010. Les données regroupées qui n'étaient pas distribuées selon la loi normale ont subi différentes transformations (tabl. 4). Ces données transformées suivant une distribution de la loi normale, le modèle linéaire général (ANOVA) a pu être ensuite appliqué à chaque groupe. Finalement, les trois mélanges floraux ont été comparés deux à deux avec la méthode de regroupement de Tukey, pour une significativité de 0,05.

Résultats

Observation floristique

Dans le mélange S, six plantes sur treize ont fleuri: l'hespérís, la moutarde, l'achillée, le bidens, la vesce, le silène et la phacélie. Le silène et la phacélie ont montré les floraisons les plus abondantes. La moutarde et la vesce ont également fleuri de façon abondante, longue et stable. L'hespérís a visiblement été l'une des pre-

Tableau 2 | Mélange C avec les différentes proportions de chaque espèce

Nom vernaculaire	Nom latin	Poids	gr/g	Graines
Agastache fenouil	<i>Agastache foeniculum</i>	2	3388	6775
Anthémis des teinturiers	<i>Anthemis tinctoria</i>	1	6249	6249
Aster d'automne	<i>Symphyotricum novae-angliae</i>	3	2350	7050
Moutarde blanche ou rude	<i>Brassica hirta</i>	120	220	26432
Carotte	<i>Daucus carota</i>	30	800	24000
Sarrasin commun	<i>Fagopyron esculentum</i>	800	33	26432
Fenouil commun	<i>Feoniculum vulgare</i>	20	300	6000
Alysson maritime	<i>Lobularia maritima</i> (ou <i>Alyssum saxatile</i>)	5	1249	6244
Rudbeckie	<i>Rudbeckia hirta</i>	2	3280	6560
Saponaire	<i>Saponaria officinalis</i>	–	2449	–
Trèfle blanc	<i>Trifolium repens</i> Ladino	17	1709	29057
Féverole	<i>Vicia faba minor</i>	–	1	1000
	Total	1000		145799

Tableau 3 | Variante témoin (flore spontanée)

Nom du mélange	Espèce
T = témoin	Flore spontanée (estimation): – Pissenlits divers – Plantains divers – Gaillets divers – Graminées diverses – Chiendent – Trèfle blanc – Vesce

Tableau 4 | Transformations appliquées aux données

Abondance ou groupe	Transformation appliquée
Abondance totale	$\sqrt{(x + 0,5)}$
CECI	$\log(x + 1)$
CICA	$\log(x + 1)$
COLEO	aucune
DIP	$x + 1$
DROSO	$\sqrt{(x + 0,5)}$
HEMI	$\log(x + 1)$
HYM	$\log(x + 1)$
POLL	$\log(x + 1)$

mières plantes à fleurir au départ de la végétation, puis le développement des autres espèces semble l'avoir étouffé. La floraison de l'achillée n'a pas été très abondante, mais néanmoins relativement constante. Celle du bidens a été assez décevante en toute fin de saison.

Dans le mélange C, sept espèces sur treize ont fleuri: la rudbeckie, la carotte, la moutarde, l'alyse, l'anthémis, la féverole, le sarrasin et la vesce, spontanément apparue. Une seule plante a couvert l'ensemble de la saison de floraison: la vesce. La plante la plus florifère est l'alyse, dont la floraison a duré de mi-juin jusqu'à la fin de la saison. Le sarrasin a lui aussi montré une floraison remarquable (abondance et durée). La moutarde et la féverole ont fleuri abondamment de mi-juin à mi-juillet, avant de faiblir. La carotte, la rudbeckie et l'anthémis ont montré des floraisons un peu moins importantes mais plus concentrées sur la fin de la saison.

Relevé entomologique

Durant la saison de végétation 2013, au total, 6423 insectes ont été capturés, répartis dans huit différents groupes (tabl. 5). Cinq familles, totalisant 66 spécimens

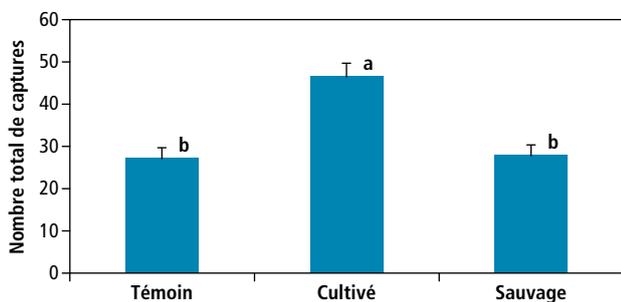


Figure 2 | Nombre total de captures en fonction du mélange floral (lettre différente = statistiquement significatif selon le test de Tukey).

(*Arachnidae* = 33, *Chrysopidae* = 3, *Lepidopterae* = 14, *Orthopterae* = 5, *Psocopterae* = 11), n'ont pas été analysées car leurs effectifs étaient trop faibles. Le mélange C a significativement ($p = 0,016$) attiré le plus grand nombre d'individus (fig. 2) et ce, quelle que soit la période de capture (à part un relevé en début de saison; fig. 3).

Tableau 5 | Groupes, familles et effectifs capturés

Groupes	Familles / super-familles	Effectifs
CECI	<i>Cecidomyiidae</i>	580
CICA	<i>Cicadellidae</i>	1070
COLEO	<i>Coccinellidae</i> <i>Curculionidae</i> <i>Staphylinidae</i>	126
DIP	<i>Anthomyiidae</i> <i>Anthomyzidae</i> (Czerny, 1903) <i>Asilidae</i> <i>Calliphoridae</i> (Brauer & Bergenstamm 1889) <i>Chyromyidae</i> <i>Culicidae</i> (Meigen, 1818) <i>Muscidae</i> <i>Tephritidae</i> <i>Tipulidae</i> (Latreille, 1802)	658
DROSO	<i>Drosophilidae</i>	2526
HEMI	<i>Anthocoridae</i> <i>Miridae</i> <i>Nabidae</i> <i>Pentatomidae</i>	342
HYM	<i>Braconidae</i> <i>Ceraphronidae</i> <i>Encyrtidae</i> <i>Eulophidae</i> <i>Figitidae</i> <i>Ichneumonidae</i> <i>Mymaridae</i> <i>Platygastridae</i> <i>Pteromalidae</i> <i>Torymidae</i> <i>Trichogrammatidae</i>	998
POLL	<i>Apoideae</i> <i>Syrphidae</i>	123

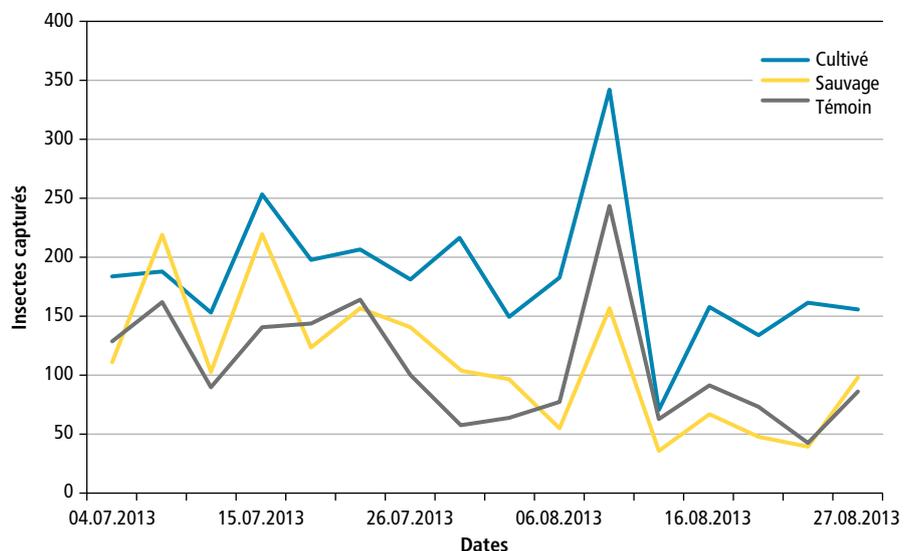


Figure 3 | Nombre total des captures pour chaque période d'échantillonnage.

Pour la diversité des espèces d'insectes présentes, les mélanges floraux se sont significativement ($p = 0,0041$) démarqués du témoin (fig. 4), mais sans se différencier significativement entre eux. Les analyses montrent des résultats différents selon les groupes d'insectes: les mélanges S ou C sont parfois préférés au témoin, ou l'un à l'autre (tabl. 6).

Discussion

Les deux mélanges floraux ont fourni des floraisons globalement abondantes et durables. Ce point est important, car de nombreux insectes floricoles ont besoin de nourriture avant d'entrer en diapause (Duval 1992). La moutarde a fait preuve d'une bonne capacité d'implantation et de floraison, conformément aux indications de Brisson *et al.* (1992), qui recommandent de l'utiliser comme source de nourriture pour les auxiliaires.

Dans le mélange S, la phacélie a eu une longue et abondante floraison; ce résultat est encourageant, car il a été démontré que cette plante pouvait contribuer à la lutte contre les ravageurs (tordeuses) dans différentes cultures. Avec le mélange C, l'alyse s'est particulièrement distinguée par sa floraison très abondante et sans faille tout au long de la saison; l'aptitude de cette plante à augmenter les taux de prédation et de parasitisme des auxiliaires sur les ravageurs des vignobles (lépidoptères) est déjà reconnue (Lu *et al.* 2014).

Le groupe HEMI a préféré les deux mélanges floraux, sans distinction, au témoin. Les punaises sont un groupe difficile à classer car elles peuvent être prédatrices et/ou ravageuses. Nous préférons donc souligner que les HEMI sont sensibles à l'augmentation de la biodiversité de façon générale. Une détermination au ni-

veau de la famille permettrait d'affiner les recommandations floristiques.

Les DIP semblent préférer le mélange C aux deux autres. Le niveau de précision est insuffisant pour pouvoir imputer cette attirance à l'une ou l'autre fleur. En effet, Romet (2005) signale que la carotte est attractive pour les auxiliaires des vergers, mais sans plus de précision sur les *Dipteræ* tels que les *Anthomyiidae*, *Anthomyzidae*, *Asilidae* et les autres familles que nous avons capturées. L'étude de cet auteur pourrait donc très bien ne pas les englober dans les «auxiliaires», d'autant plus que certaines familles de ce groupe ont un impact variable ou discutable sur les vergers, faisant même parfois partie des ravageurs (*Tephritidae*).

Le groupe DROSO a également montré une préférence pour le mélange C. Ce résultat ne va pas dans le sens souhaité, puisque la famille des *Drosophilidae* contient plusieurs ravageurs des cultures (Decoin *et al.* 2011). Il faudrait cependant déterminer jusqu'à l'espèce les individus capturés de ce groupe, car plusieurs membres de cette famille s'attaquent uniquement au fruit en décomposition et n'auraient donc pas de conséquences économiques.

Les POLL ont préféré les mélanges S et C au T. Ces résultats sont encourageants: les fleurs de S et C augmentent donc sensiblement les populations d'*Apoideae* et de *Syrphidae* dans le verger. Les *Apoideae* semblent réagir à la présence de fleurs en général plutôt qu'à une espèce en particulier, car ils ont besoin de pollen et de nectar à l'âge adulte (Duval 1992); la phacélie peut toutefois expliquer leur intérêt pour le mélange S, puisque l'attractivité de cette plante est connue pour cette super-famille (Lu *et al.* 2014). Les *Syrphidae* sont aussi réputés pour être des auxiliaires (fig. 5).

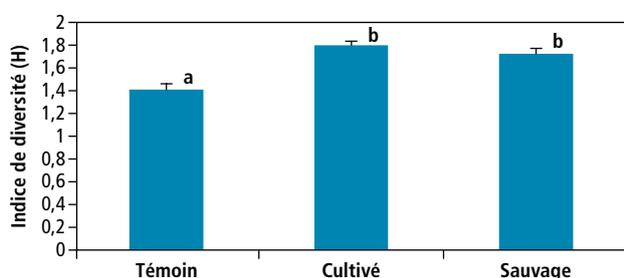


Figure 4 | Indice de diversité de Shannon-Weaver (H) en fonction du mélange floral (lettre différente = statistiquement significatif selon le test de Tukey).

Tableau 6 | Significativité de l'attractivité des mélanges pour les différents groupes (Tukey)

Groupes	p-valeur	Significativité
CECI	0,012	C > S
CICA	0,245	–
COLEO	0,206	–
DIP	0,013	C > S C > T
DROSO	0,012	C > S C > T
HEMI	0,001	C > T S > T
HYM	0,042	C > T
POLL	0,001	C > T S > T

Le groupe HYM a montré une préférence pour le mélange C par rapport au témoin. La présence de carottes peut expliquer cette attirance, ces plantes étant reconnues pour attirer respectivement les *Braconidae* et les *Ichneumonidae* (Brisson *et al.* 1992).



Figure 5 | Syrphidé sur une achillée millefeuille.

Conclusions

- La mise en place de bandes florales permet une augmentation générale de la biodiversité dans le verger.
- Leur attractivité sur les insectes présents dans le verger doit être étudiée plus en détail (détermination au niveau de l'espèce) avant d'affirmer qu'elles ont un effet bénéfique sur la gestion des ravageurs en pomiculture.
- Une étude quantitative comparant les dégâts sur pommes avec et sans bandes florales permettrait d'estimer l'intérêt pratique de mélanges floraux ciblés pour réduire l'utilisation des pesticides, afin de répondre aux exigences des consommateurs et aux contraintes économiques des arboriculteurs.
- Cette étude a démontré que les mélanges floraux testés ont permis d'augmenter significativement la biodiversité entomologique en verger de pommiers. Dans le contexte sociopolitique helvétique, ces résultats sont prometteurs pour entreprendre une gestion stratégique des SPB dans les agroécosystèmes. ■

Bibliographie

- Boreau de Roince C., Ricard J.-M., Garcin A., Jay M., Mandarin J.-F., Lavigne C. & Bouvier J.-C., 2010. Lutte biologique par conservation de la biodiversité: Fonctionnalité des auxiliaires vertébrés et invertébrés dans le contrôle des ravageurs du pommier (1^{re} partie). *Infos CTIFL* **263**, 10–15.
- Bostanian N. J., Goulet H., O'Hara J., Masner L. & Racette G., 2004. Towards Insecticide Free Apple Orchards: Flowering Plants to Attract Beneficial Arthropods. *Biocont. Sci. Technol.* **14** (1), 25–37.
- Brisson J. D., Frechette M., Drouin B. & Breton L., 1992. Les insectes prédateurs, des alliés dans nos jardins: comment mieux les reconnaître pour mieux les protéger? Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec (MAPAQ), 48 p.
- Charmillot P.-J. & Bloesch B., 1987. La technique de confusion sexuelle: un moyen spécifique de lutte contre le carpocapse *Cydia pomonella* L. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **19** (2), 129–138.
- Charmillot P.-J., Gourmelon A., Fabre A.-L. & Pasquier D., 2001. Ovicidal and larvicidal effectiveness of several insect growth inhibitors and regulators on the codling moth *Cydia pomonella* L. (*Lep., Tortricidae*). *J. Appl. Entomol.* **126** (3), 147–153.
- Cloutier C. & Cloutier C., 1992. Les solutions biologiques de lutte pour la répression des insectes et acariens ravageurs des cultures. In: La lutte biologique. Vincent C. & Coderre D. Gaëtan Morin (eds), Boucherville, Canada, 19–88.
- Decoin M., Balmes V., Streito J.-C. & Picard C., 2011. *Drosophila suzukii* nouveau ravageur en France. *Phytoma-La Défense des végétaux* **640**, 19–20.
- Duval J., 1993. Plantes compagnes et couvre-sol floraux pour la lutte biologique des ravageurs en verger. *Ecological Agriculture Projects* Université McGill. Accès: <http://eap.mcgill.ca/agrobio/ab330-09.htm> [31 juillet 2014].
- Food and Agriculture Organization (FAO), 2013. Commodities by country: apples. Accès: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> [31 juillet 2014].
- Groupe de travail pour la production fruitière intégrée (GTPI), 2014. Directives pour les PER et la production fruitière intégrée en Suisse. Fruit-Union Suisse (Zoug), 17 p.
- Linder C., Viret O. & Spring J.-L., 2006. Viticulture intégrée et bio-organique: synthèse de sept ans d'observations. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **38** (4), 235–243.
- Lu Z. X., Zhu P. Y., Gurr G., Zhong X. S., Read D., Heong K. L., Yang Y. J. & Xu H. X., 2014. Mechanisms for flowering plants to benefit arthropod natural enemies of insect pests: prospects for enhanced use in agriculture. *Ins. Sci.* **21**, 1–12.
- Margalef R., 1958. Information theory in ecology. *Gen. Syst.* **3**, 36–71.
- Romet L., 2005. Les bandes florales, précieuses alliées de nos cultures arboricoles. Institut technique de l'agriculture biologique. *Dossier spécial Bio-dynamie, Alter Agri* **73**, 13–15.

Summary

Increasing the entomological biodiversity with floral strips in apple orchard

Floral strips help preservation of biodiversity which may be useful to reduce the threat of pest insects with beneficials. Two blends of flowering plants were tested: "wild" and "cultivated". Every week (June to September 2013), the flowering degree of each species has been noted. Twice a week (in July and August), captures were realised with a sweep net. *Cicadellidae* and *Coleopterae* didn't show any preference for one treatment. *Cecidomyiidae*, several *Dipterae*, *Drosophilidae* and parasitoid *Hymenopterae* were sensibly attracted by cultivated blend. *Hemipterae* and pollinators manifested a greater interest for the floral strips than to the control. This study reveals that the cultivated blend seems promising to enhance biodiversity, which should help to control pest with beneficial insects.

Key words: biodiversity, floral strips, beneficial insects, apple orchard.

Zusammenfassung

Erhöhung der entomologischen Vielfalt in Apfelanlagen mithilfe von blühenden Wiesenbandflächen

Blühende Wiesenbandflächen sind ein Mittel zur Erhaltung der biologischen Vielfalt, um Schadinsekten, mithilfe von dort anwesenden Nützlings-Populationen, zu bekämpfen. Zwei Blumenmischungen wurden getestet: «wild» und «kultiviert». Die Blütenperioden jeder einzelnen Art wurden wöchentlich erhoben (Juni bis September 2013), um zu bestimmen, welche Mischung am blütenreichsten und potenziell attraktivsten für Nutzinsekten war. Zweimal pro Woche wurden Fänge mit einem Insektennetz durchgeführt (Juli und August 2013). Zikaden und Käfer zeigten keine Bevorzugung für die eine oder die andere Mischung. Gallmücken, verschiedene Zweiflügler, Fruchtfliegen und parasitoiden Hautflügler zeigten eine deutlich höhere Anziehungskraft der kultivierten Mischung. Insekten der Ordnung der Schnabelkerfen und Bestäuber allgemein bevorzugten ohne Unterschied die beiden Mischungen im Vergleich zur Kontrolle. Die kultivierte Mischung sieht vielversprechend aus, um die biologische Vielfalt in Apfelanlagen zu erhöhen.

Riassunto

Aumento della biodiversità entomologica in meleto con l'aiuto di strisce di fiori

Le strisce di fiori sono un mezzo per conservare la biodiversità e di lotta contro gli insetti parassiti attraverso popolazioni presenti ausiliari. Due miscele floreali sono state testate: una «selvaggia» e una «coltivata». La fioritura di ogni specie è stata registrata ogni settimana (da giugno a settembre 2013) per determinare quale miscela è stata la più fiorifera e potenzialmente attraente per gli insetti ausiliari. Due volte per settimana (luglio e agosto 2013) si sono realizzate delle catture con l'aiuto di un retino. Le cicaline e i coleotteri non hanno mostrato alcuna preferenza per uno dei due trattamenti. I moscerini (cecidomie), mosche vari (ditteri), mosche di frutta e vespe (hymenopteri) parassitoidi hanno mostrato significativamente maggiore attrazione per la miscela coltivata. Hemipteri e impollinatori hanno preferito indistintamente le due miscele piuttosto dell'erba cresciuta spontaneamente. La miscela coltivata sembra promettente per incrementare la biodiversità in meleto.



VITICULTEURS! HORTICULTEURS! ARBORICULTEURS!

Pour vos cires et paraffines, ainsi que votre matériel viticole (**nombreuses nouveautés**: filets latéraux, élastiques, piquets, ficelles de palissage, tuteurs, etc.).

Ne passez pas commande avant de demander une offre à:

Jean-François Kilchherr

Grand-Rue 8
1297 Founex

Tél. 022 776 21 86 – Fax 022 776 86 21
Natel 079 353 70 52



PLANTS DE VIGNE

Pour une viticulture moderne
couronnée de succès

PÉPINIÈRES VITICOLES ANDREAS MEIER & Co.
5303 Würenlingen | T 056 297 10 00
office@rebschule-meier.ch | www.vignes.ch

DUVOISIN Puidoux



PRÉTAILLEUSES dès 60 kg, adaptations sur tous types de tracteurs ou chenillettes.

SÉCATEURS électriques ou pneumatiques.

BROYEURS SEPPI-M pour sarments et herbe.

TRACTEURS HOLDER articulés à 4 roues motrices.

Importateur - Vente - Réparation - Pièces détachées

DUVOISIN & Fils SA – 1070 Puidoux-Gare
Machines viticoles et agricoles

Tél. 021 946 22 21 – Fax 021 946 30 59

Variabilité génétique du champignon responsable de l'eutypiose dans un vignoble suisse

Valérie HOFSTETTER¹, Bart BUYCK², Pierre-Henri DUBUIS¹, Olivier VIRET¹ et Katia GINDRO¹

¹Agroscope, 1260 Nyon

²Département systématique et évolution CP39, UMR 7205, Muséum national d'histoire naturelle, 75005 Paris, France

Renseignements: Valérie Hofstetter, e-mail valerie.hofstetter@agroscope.admin.ch, tél. 058 460 43 53, www.agroscope.ch



Figure 1 | Symptômes d'eutypiose dans les parties herbacées de la vigne. A. Réduction de la croissance d'un rameau. B. Nécroses et chlorose des feuilles. C. Millerandage d'une grappe.

Introduction

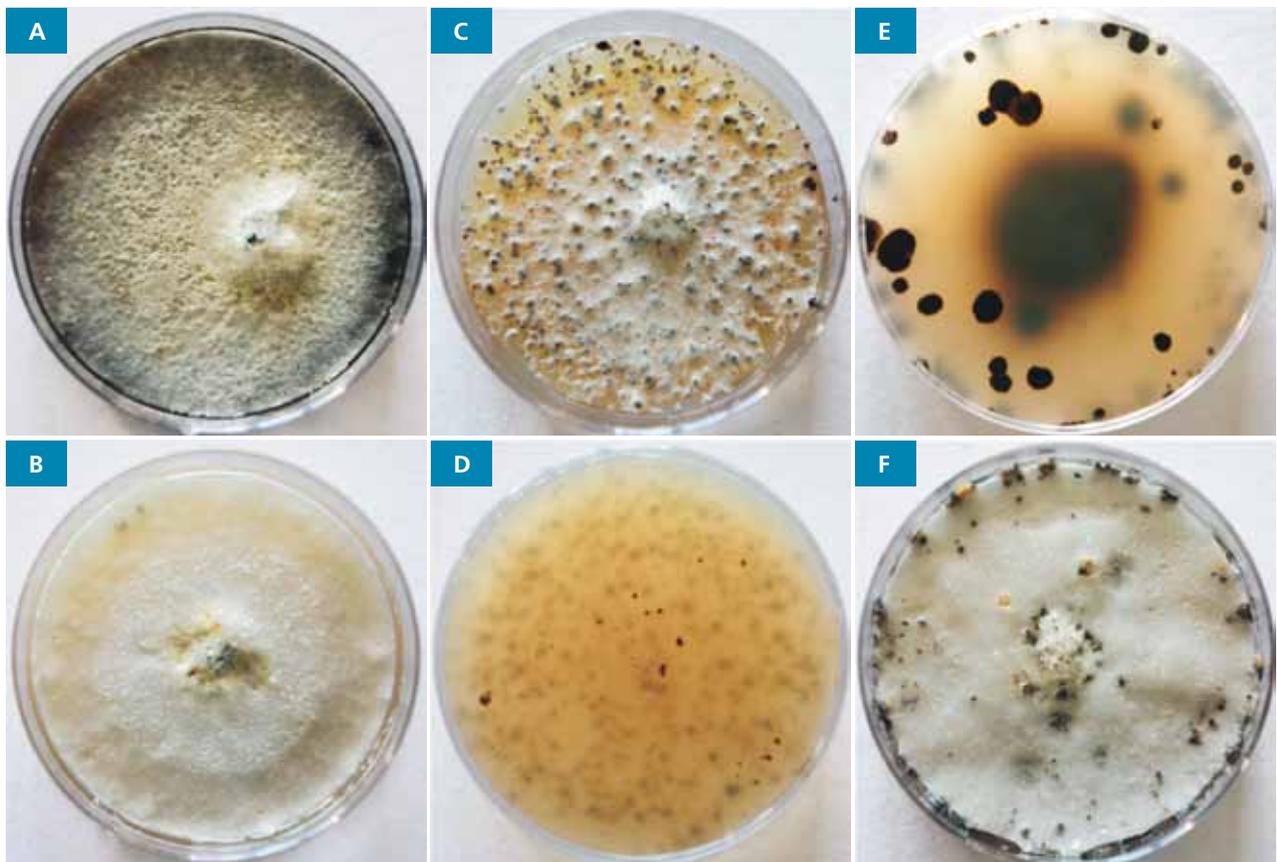
L'eutypiose ou '*Eutypa dieback*' est une maladie causée par des champignons du genre *Eutypa* (famille des *Diatrypaceae*), et principalement l'espèce *E. lata* (Péros et Berger 2003; Trouillas et Gubler 2010). Cette maladie s'attaque à de nombreuses plantes ligneuses cultivées, dont la vigne (Bolay et Moller 1997; Carter 1991; Munkvold et Marois 1994; Moller et Kasimatis 1978). Chez la vigne, les symptômes se manifestent dans le bois, par

la formation de nécroses sectorielles (menant à la mort des éperons, des cordons, voire de la plante entière), et dans les parties herbacées, avec l'apparition de nécroses et/ou de chlorose des feuilles, la croissance réduite des rameaux et le millerandage des grappes (fig.1). *E. lata* vit exclusivement dans le bois, où les nécroses produites sont dues à des enzymes qui dégradent la paroi cellulaire végétale. Les symptômes des parties herbacées résultent de la translocation de métabolites fongiques phytotoxiques dans les jeunes ra-

meaux, les feuilles et les fruits (Rolshausen *et al.* 2008; Mahoney *et al.* 2005). La production et la longévité des vignobles en sont affectées, entraînant des pertes économiques (Siebert 2001).

L'eutypiose a été longtemps attribuée exclusivement à *E. lata*, mais des études récentes ont montré que cette espèce présentait une grande variabilité intraspécifique (Rolshausen *et al.* 2006), en désaccord avec la classification proposée par Rappaz (1987), et que seize autres espèces de *Diatrypaceae* étaient associées à la vigne (Trouillas *et al.* 2011). Parmi celles-ci, une nouvelle espèce d'*Eutypa* pourrait être la principale responsable de l'eutypiose en Amérique du Nord (Rolshausen *et al.* 2014). Cependant, les connaissances fragmentaires sur la distribution géographique et la pathogénicité des espèces de *Diatrypaceae* ainsi que sur la signification biologique et épidémiologique de la variabilité intraspécifique d'*E. lata* ne permettent pas d'attribuer l'eutypiose de la vigne à l'une ou l'autre espèce de *Diatrypaceae* ou variante d'*E. lata*.

Figure 2 | Exemples de la variabilité phénotypique des isolats fongiques du genre *Eutypa* sur une parcelle de Chasselas (Perroy).
A. *E. lata* 3: agsVHT85.7 recto – B. *E. lata* 9: agsVHE120.15 recto. –
C. *E. lata* 8: agsVHT44.11 recto – D. *E. lata* 8: agsVHT44.11 verso. –
E. *E. lata* 13: agsVHE135.13 verso. F. *E. lata* 13: agsVHE135.13 recto.



Résumé ■ La variabilité génétique du champignon responsable de l'eutypiose, *Eutypa lata*, s'est révélée très élevée sur la base du séquençage du marqueur moléculaire spécifique ITS de 89 isolats fongiques, provenant d'une parcelle de Chasselas à Perroy (VD). Treize génotypes ITS ont été obtenus, dont trois ne sont pas affiliés à *E. lata* au sens strict d'après leur emplacement dans une analyse phylogénétique ITS représentative des *Diatrypaceae*. Cette analyse indique aussi que certains de ces génotypes sont exclusivement associés à des plantes saines ou à des plantes malades alors que d'autres s'associent indifféremment à tous les types de plantes étudiés. Ces résultats suggèrent que seules les souches d'*E. lata* dont le génotype ne s'associe qu'à des plantes malades sont responsables de l'eutypiose. Une caractérisation moléculaire plus poussée des isolats, par séquençage et analyse combinée de plusieurs gènes, ainsi que des tests de virulence sont nécessaires pour mieux comprendre la signification épidémiologique de la variabilité génétique d'*E. lata*.

Lors d'une étude d'Agroscope, une septantaine de souches d'*E. lata* ont été isolées d'une parcelle de Chasselas. Les isolats présentaient une variabilité morphologique en culture pure (fig. 2) ainsi qu'une importante variabilité génétique (Hofstetter *et al.* 2012). D'autres souches de cette espèce ont été isolées de plantes atteintes d'eutypiose sur cette même parcelle. La présente étude vise à mieux caractériser la variabilité génétique d'*Eutypa lata* dans cette parcelle et à déterminer si certains génotypes de cette espèce sont préférentiellement voire exclusivement associés à des plantes malades ou à des plantes saines.

Matériel et méthodes

Echantillonnage et identification moléculaire des souches fongiques

La majorité des souches étudiées proviennent d'une étude de la communauté fongique associée aux bois des plantes d'une parcelle de Chasselas greffé sur 3309 (Perroy, Vaud) atteinte d'esca (Hofstetter *et al.* 2012). La méthodologie décrite dans cette étude pour le prélèvement du bois de vigne et l'isolation en culture pure des champignons associés à ce bois a aussi été appliquée à 21 plantes atteintes d'eutypiose sur cette même parcelle (tabl.1).

Tableau 1 | Liste des isolats et de leurs numéros d'accès dans la GenBank. La séquence ITS des isolats indiqués en caractères gras a été déposée dans la GenBank (voir la colonne Numéro d'accès GenBank)

Taxon	Isolat	Génotype ITS	Numéro d'accès GenBank	BLAST top score sequence' dans la GenBank/Nom du taxon (référence si 100% de similarité)
<i>Eutypa lata</i>	agsVHE135.2 – agsVHE135.4 – agsVHS102.8 – agsVHS113.9 – agsVHS77.2 – agsVHT1.1 – agsVHT104.3 – agsVHT104.8 – agsVHT104.9 – agsVHT115.13 – agsVHT45.10 – agsVHT45.11 – agsVHT45.7 – agsVHT45.8 – agsVHT45.9 – agsVHT82.5 – agsVHT82.6	1	JQ070490	GU071113 / <i>Eutypa lata</i> 100 % (Wencker <i>et al.</i> 2011)
<i>Eutypa lata</i>	agsVHT11.10 – agsVHT112.5	2	JQ070489	Unique dans GenBank / <i>Eutypa lata</i> 99 %
<i>Eutypa lata</i>	agsVHB60.4 – agsVHE73.2 – agsVHE73.1 – agsVHS102.7 – agsVHS102.7 – agsVHT55.11 – agsVHT58.15 – agsVHT65.11 – agsVHT65.12 – agsVHT65.13 – agsVHT65.15 – agsVHT72.10 – agsVHT85.7 – agsVHT99.12 – acwVig M11.5 – acwVig M16.3 – acwVig M28.1 – acwVig M29.4	3	JQ070488	JN975350 / <i>Eutypa lata</i> 100 % (séquence non publiée)
<i>Eutypa lata</i>	agsVHS63.12	4	JQ070487	DQ006937 / <i>Eutypa lata</i> 100 % (Rolshausen <i>et al.</i> 2006)
<i>Eutypa lata</i>	agsVHS100.11 – agsVHS100.12 – agsVHS100.13 – agsVHS133.16 – agsVHS9.4 – agsVHS9.5 – agsVHT79.8 – agsVHT79.9 – agsVHT99.10 – agsVHT99.11 – agsVHT99.8 – agsVHT99.9	5	JQ070486	GQ293948 / <i>Eutypa lata</i> 100 % (Trouillas, Urbez-Torres et Gubler 2010)
<i>Eutypa lata</i>	agsVHE135.1 – agsVHE135.5 – agsVHS43.7 – agsVHS96.9	6	JQ070482	JX515714 / <i>Eutypa lata</i> 100 % (Urbez-Torres <i>et al.</i> 2013)
<i>Eutypa lata</i>	agsVHS43.6 – agsVHS43.8	7	JQ070484	Unique dans GenBank / <i>Eutypa lata</i> 99 %
<i>Eutypa lata</i>	agsVHE33.1 – agsVHE33.2 – agsVHS77.1 – agsVHS87.3 – agsVHT118.4 – agsVHT44.10 – agsVHT44.11 – agsVHT44.12 – agsVHT44.13 – agsVHT44.14 – agsVHT75.10 – agsVHT75.8 – agsVHT75.9 – acwVig M30.1	8	JQ070483	HQ288221 / <i>Eutypa lata</i> 100 % (Urbez-Torres <i>et al.</i> 2012)
<i>Eutypa lata</i> var. <i>aceri</i>	agsVHE120.10 – agsVHE120.11 – agsVHE120.12 – agsVHE120.13 – agsVHE120.14 – agsVHE120.15 – agsVHE56.8 – agsVHS113.11 – agsVHS113.12 – agsVHS96.7 – agsVHS96.8 – agsVHT66.11	9	JQ070488	Unique dans GenBank / DQ006925 <i>Eutypa lata</i> var. <i>aceri</i> 99 %
<i>Eutypa</i> sp.	agsVHT21.12 – agsVHT21.13	10	JQ070480	Unique dans GenBank; HM164735 / <i>Eutypa petrakii</i> var. <i>petrakii</i> 98 %
<i>Eutypa lata</i>	agsVHS113.10	11	Non déposée	HM164708 / <i>Eutypa lata</i> 100 % (Trouillas et Gubler 2010)
<i>Eutypa lata</i>	agsVHT82.10 – agsVHT82.4 – agsVHT82.7 – agsVHT82.8 – agsVHT82.9	12	JQ070485	«Unique dans GenBank; JN975359 / <i>Eutypa lata</i> 99 % »
<i>Eutypa lata</i>	agsVHE135.3	13	Non déposée	AY620998 / <i>Libertella blepharis</i> 100 % (Pilotti <i>et al.</i> 2005)

Cinq souches macro-morphologiquement identifiées comme *E. lata* et provenant d'autres vignobles suisses atteints d'eutypiose ont complété cet échantillonnage.

Un marqueur spécifique, la région d'ADN ribosomal ITS1-5.8S-ITS2 (ITS), a été obtenu pour toutes les souches fongiques isolées de cette parcelle ainsi que pour les cinq isolats provenant d'autres vignobles. Les souches ont été identifiées comme dans l'étude d'Hofstetter *et al.* (2012), en recherchant une similarité (BLAST) des séquences obtenues avec celles d'une banque mondiale de séquences nucléotidiques: la GenBank. Le seuil de similarité de séquence adopté ici pour délimiter les espèces est de $\geq 99\%$.

Analyses phylogénétiques

L'alignement des séquences a été effectué manuellement dans le programme d'édition MacClade 4.06 (Maddison et Maddison 2003). Des analyses de 'maximum parsimony' (MP) ont été conduites avec le programme PAUP v40b10 (Swofford 2002). La recherche de(s) l'arbre(s) le(s) plus parcimonieux a inclus 500 recherches heuristiques de 'random addition sequence' (RAS) avec les options suivantes: 'MAXTREE = 500', 'tree bisection and reconnection branch swapping', 'MULPARS option on', et les 'gaps' codés comme caractères manquants. La robustesse des branches a été estimée par analyse de 'bootstrap' sur la base de 500 rééchantillonnage des caractères, chacun incluant 500 RAS et avec les mêmes options que la recherche des arbres les plus parcimonieux. Seules les branches de l'arbre soutenues par des valeurs de 'bootstrap' (MPbs) $\geq 70\%$ sont considérées comme robustes (Mason-Gamer et Kellogg 1996).

Résultats et discussion

Diversité des *Diatrypaceae* associées à la vigne sur une parcelle unique

Les résultats des recherches de maximum de similarité de nos séquences avec celles de la GenBank (tabl.1) indiquent que 79 des champignons isolés de la parcelle de vigne étudiée ainsi que les cinq isolats provenant d'autres vignobles atteints d'eutypiose sont des *Eutypa lata* au sens large (groupe 3 dans Rolshausen *et al.* 2006). Des 89 isolats retenus pour cette étude, 84 sont identifiés comme *E. lata* (99–100 % de similarité), dont douze d'entre eux proches de la variété *aceri* (génotype ITS numéro 9). Cinq des isolats ne sont cependant pas identifiés par cette méthode (génotype ITS numéro 10, 98 % de similarité avec une séquence d'*E. lata* variété *petrakii*). Sur les treize génotypes obtenus, cinq d'entre eux sont uniques dans la GenBank.

Tous nos isolats étant affiliés à *E. lata* au sens large, la parcelle étudiée ne présente pas une grande diversité d'espèces de *Diatrypaceae*. Par contre, les marqueurs ITS des isolats de cette espèce présentent treize séquences différentes, indiquant qu'*E. lata* possède une grande variabilité génotypique au niveau intra-spécifique. De ces treize génotypes ITS, cinq n'ont jamais été isolés ailleurs que dans la parcelle étudiée (tabl.1). Ce résultat est surprenant dans la mesure où plusieurs études ont déjà caractérisé cette espèce dans la vigne sur la base du même marqueur moléculaire (Rolshausen *et al.* 2006; Rolshausen *et al.* 2014; Trouillas et Gubler 2010; Úrbez-Torres *et al.* 2012). Cependant, ces études ont principalement concerné *E. lata* aux USA et en Australie, où l'incidence et la sévérité de l'eutypiose sont plus importantes qu'en Europe. La présente étude suggère que certains isolats d'*E. lata* ont une répartition mondiale tandis que d'autres sont peut-être restreints à l'Europe. Ce travail laisse aussi supposer que la diversité génétique européenne d'*E. lata* est encore largement méconnue. Une caractérisation plus poussée d'*E. lata* au sens large en Europe permettrait de mettre en évidence d'éventuelles espèces cryptiques (soit des espèces génétiquement séparées mais indistinctes morphologiquement) et de mieux comprendre l'épidémiologie de l'eutypiose.

Phylogénie et pattern d'association des isolats avec les différents types de plantes échantillonnées

L'analyse phylogénétique des séquences ITS obtenues a été conduite afin d'affilier plus précisément le génotype ITS numéro 10 à une espèce dans le genre *Eutypa*, de déterminer quelle résolution offre ITS pour distinguer d'éventuelles sous-espèces au sein du complexe *E. lata* et de visualiser la manière dont s'associent les divers génotypes avec les différents types de plantes échantillonnées (plantes de pépinière, saines ou atteintes d'esca ou d'eutypiose). Cet échantillonnage a été complété par 34 séquences ITS représentatives de la diversité des espèces de *Diatrypaceae* (Trouillas *et al.* 2011). L'alignement final de ces 123 séquences ITS comprend 598 paires de bases (pb). Après exclusion des régions non alignables, l'alignement utilisé pour les analyses phylogénétiques inclut 416 pb, dont 294 sont constantes et 82 sont informatives pour l'analyse de MP.

L'analyse phylogénétique des 123 séquences ITS (fig. 3) place nos isolats dans trois clades (groupes d'individus ou d'espèces issus de la même branche généalogique) distincts, le premier n'incluant que le génotype 9, le second incluant les génotypes 10 et 13 (respectivement affiliés à *E. lata* var. *petrakii* et à *E. lata* var. *aceri*) et le troisième incluant tous les autres génotypes et

Notre phylogénie ITS (fig. 3) montre que le génotype 9 n'est associé qu'à des plantes symptomatiques de l'eutypiose ou de l'esca. Ceci est aussi valable pour les génotypes 4 (fig. 3), 6, 7, 11 et 13. Par contre, les génotypes 2, 10 et 12 n'ont été isolés que de plantes saines. Enfin, plusieurs des génotypes obtenus (1, 3, 5, 8) semblent s'associer indifféremment aux plantes saines et aux plantes malades. Il a été montré que tous les isolats d'*E. lata* au sens strict étaient infectieux mais que leur virulence présentait des différences significatives (Trouillas et Gubler 2010; Rolshausen *et al.* 2014). Des variations importantes dans l'agressivité de cette espèce ont été observées entre souches provenant du même pays, du même vignoble ou même entre souches produites par le même stroma (Peros et Berger 2003; Peros *et al.* 1997). La virulence de nos isolats sera testée

en mesurant leur capacité à dégrader le bois de vigne *in vitro* (bois mort) et *in vivo* (inoculation du champignon dans le bois vivant de plantes saines). Cela permettra de déterminer si les souches d'*E. lata* à génotype exclusivement associé à des plantes atteintes d'esca ou d'eutypiose sont plus infectieuses ou agressives que les souches à génotype exclusivement associé aux plantes saines. Si les souches préférentiellement associées aux plantes saines se révèlent avirulentes, il serait peut-être possible de les inoculer dans les plantes de pépinière ou dans les plaies de taille. Et si elles parviennent à s'installer dans le bois après inoculation, elles pourraient empêcher ou limiter l'infection du bois par des souches plus virulentes et potentiellement servir ainsi d'agents de biocontrôle. ■

Conclusions

- La variabilité génétique d'*Eutypa lata* au sens large dans une seule parcelle de vigne est élevée (treize génotypes ITS différents). Le pouvoir de résolution phylogénétique du marqueur ITS étant faible, d'autres gènes sont en cours de séquençage pour résoudre les relations intraspécifiques de ce complexe d'espèces.
- Cinq nouveaux génotypes d'*E. lata* ont été obtenus par le séquençage de souches isolées d'une seule parcelle de vigne, indiquant que la variabilité de cette espèce en Europe est probablement encore peu connue.
- Certains génotypes ITS sont exclusivement associés à des plantes saines et d'autres à des plantes malades. L'étude du pouvoir infectieux et de la virulence de ces divers génotypes pourrait permettre d'identifier des lignées potentiellement responsables de l'eutypiose.
- Des essais d'inoculation de souches avirulentes d'*E. lata* seront réalisés afin de déterminer leur potentiel en tant qu'agent de biocontrôle. ■

Remerciements

Nous tenons à remercier Daniel Dupuis, propriétaire du vignoble étudié, Bernard Bloesch et Anne-Lise Fabre pour le suivi de ce vignoble depuis 2002.

Bibliographie

- Bolay A. & Moller W. J., 1977. *Eutypa ameniacae* Hansf. & Carter, agent d'un grave dépérissement de vignes en production. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hort.* **9**, 241–251.
- Carter M. V., 1991. The status of *Eutypa lata* as a pathogen. *Phytopathological Paper* **32**. CAB International, Wallingford, England.

- Hofstetter V., Buyck B., Croll D., Viret O., Couloux A. & Gindro K., 2012. What if esca disease of grapevine were not a fungal disease? *Fungal Diversity* **54**, 51–67.
- Maddison W. P. & Maddison D. R., 2003. MacClade: analysis of phylogeny and character evolution, version 4.06. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Mahoney N., Molyneux R. J., Smith L. R., Schoch T. K., Rolshausen P. E. & Gubler W. D., 2005. Dying-arm disease in grapevines: diagnosis of infection with *Eutypa lata* by metabolite analysis. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **53**, 8148–8155.
- Mason-Gamer R. J. & Kellogg E. A., 1996. Testing for phylogenetic conflict among molecular data sets in the tribe *Triticeae* (Gramineae). *Systematic Biology* **45**, 524–545.
- Moller W. J. & Kasimatis A. N., 1978. Dieback of grapevine caused by *Eutypa ameniacae*. *Plant Disease Rep* **62**, 254–258.
- Munkvold G. P. & Marois J. J., 1994. *Eutypa* dieback of sweet cherry and occurrence of *Eutypa lata* perithecia in the central valley of California. *Plant Disease* **78**, 200–207.
- Péros J. P. & Berger G., 2003. Genetic structure and variation in aggressiveness in European and Australian populations of the grapevine dieback fungus *Eutypa lata*. *European Journal of Plant Pathology* **109**, 909–919.
- Péros J. P., Berger G. & Lahogue F., 1997. Variation in pathogenicity and genetic structure in the *Eutypa lata* population of a single vineyard. *Phytopathology* **87**, 799–806.
- Pilotti M., Gervasi F. & Brunetti A., 2005. Molecular identification of *Fomitiporia mediterranea* and *Eutypa lata/Libertella blepharis* in *Platanus acerifolia*. *Journal of Phytopathology* **153** (4), 193–202.
- Rappaz F., 1987. Taxonomie et nomenclature des Diatrypacées à asques octosporées. *Mycologia Helvetica* **2**, 285–648.
- Rolshausen P. E., Mahoney N. E., Molyneux R. J. & Gubler W. D., 2006. Reassessment of the species concept in *Eutypa lata*, the causal agent of *Eutypa* dieback of grapevine. *Phytopathology* **96**, 369–377.
- Rolshausen P. E., Greve L. C., Labavitch J. M., Mahoney N. E., Molyneux R. J. & Gubler W. D., 2008. Pathogenesis of *Eutypa lata* in grapevine: identification of virulence factors and biochemical characterization of cordon dieback. *Phytopathology* **98**, 222–229.
- Rolshausen P. E., Baumgartner K., Travadon R., Fujiyoshi P., Pouzoulet J. & Wilcox W. F., 2014. Identification of *Eutypa* spp. causing *Eutypa* dieback of grapevine in eastern North America. *Plant Disease* **98**, 483–491. ▶

Summary

Genetic variability of the fungal species responsible for *Eutypa* dieback in a Swiss vineyard

The genetic variability of *Eutypa lata*, the fungus responsible for *Eutypa* dieback of grapevine, in a single vineyard plot (Chasselas, Perroy) appeared very high based on ITS sequences obtained from 89 fungal isolates of this species. Thirteen different ITS genotypes were retrieved with three out of them not affiliated to *E. lata sensu stricto* after their placement in an ITS phylogenetic analysis that is representative of the *Diatrypaceae* family. This analysis also indicates that some of these genotypes are either exclusively associated with healthy plants or with diseased plants, while other genotypes are found associated indifferently with all studied plant types. These results suggest the possibility that only some *E. lata* strains with a particular genotype might be responsible for *Eutypa* dieback. A more thorough molecular characterization through sequencing and phylogenetic analyses of multiple genes for these isolates, as well as virulence tests, are needed to better understand the epidemiological significance of the genetic variability of *E. lata* observed.

Key words: wood disease of grapevine, phylogeny, internal transcribed spacers (ITS), cryptic species.

- Siebert J. B., 2001. *Eutypa*: The economic toll on vineyards. *Wines Vines April*, 50–56.
- Swofford D. L., 2002. PAUP*: phylogenetic analysis using parsimony (* and other methods), version 4. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Trouillas F. P., Úrbez-Torres J. R. & Gubler W. D., 2010. Diversity of diatrypaceous fungi associated with grapevine canker diseases in California. *Mycologia* **102** (2), 319–336.
- Trouillas F. P. & Gubler W. D., 2010. Host range, biological variation, and phylogenetic diversity of *Eutypa lata* in California. *Phytopathology* **100**, 1048–1056.
- Trouillas F. P., Pitt W. M., Sosnowski M. R., Huang R. J., Peduto F., Loschiavo A., Savocchia S., Scott E. S. & Gubler W. D., 2011. Taxonomy and DNA phylogeny

Zusammenfassung

Genetische Variabilität des Pilzes *Eutypa lata* in einem Schweizer Rebberg

Aufgrund der Sequenzierung des spezifischen molekularen ITS-Marker von 89 Isolate einer Gutedel-Parzelle in Perroy (VD) ist die genetische Variabilität von *Eutypa lata*, Erreger der Reben-Eutypiose, sehr unterschiedlich. Dreizehn verschiedene ITS-Genotypen, von denen drei nicht im strikten Sinne mit *E. lata* verwandt sind, wurden nach einer repräsentativen phylogenetischen Analyse der Familie der *Diatrypaceae* erhalten. Diese Analyse zeigt auch, dass gewisse Genotypen exklusiv mit gesunden oder erkrankten Pflanzen verbunden sind, und dass andere Genotypen gleichgültig in allen untersuchten Pflanzen auftreten. Diese Ergebnisse erläutern, dass nur einige Stämme von *E. lata* mit einem besonderen Genotyp verantwortlich für die Eutypiose sein könnten. Eine vertiefte molekulare Charakterisierung der Isolate durch Sequenzierung und kombinierte Analyse von mehreren Genen, sowohl wie Virulenz-Tests sind notwendig, um die epidemiologische Bedeutung der Variabilität von *E. lata* besser zu verstehen.

Riassunto

Variabilità genetica del fungo *Eutypa lata* in un vitigno svizzero

In una parcella di vite di Chasselas a Perroy (VD), la variabilità genetica del fungo responsabile del eutipiosi della vite, *Eutypa lata*, si è rivelata molto alta, basato sul sequenziamento del marcatore molecolare specifico ITS di 89 isolati del fungo. In un'analisi filogenetica ITS rappresentativa della famiglia dei *Diatrypaceae*, tredici genotipi ITS differenti sono stati ottenuti dei quali tre non sono affiliati nel senso stretto ad *E. lata*. Questa analisi indica anche che una parte dei genotipi sono esclusivamente associati con delle piante sane o malate, mentre altri genotipi sono indifferentemente associati con tutti tipi di piante analizzate. Questi risultati suggeriranno che solo gli isolati di *E. lata* con un genotipo specifico associato con delle piante malate siano responsabile dell'eutipiosi. Una caratterizzazione molecolare più avanzata degli isolati con sequenziamento e analisi combinata di diversi geni, anzi che test di virulenza sono necessari per capire meglio il significato epidemiologico della variabilità di *E. lata*.

of *Diatrypaceae* associated with *Vitis vinifera* and other woody plants in Australia. *Fungal Diversity* **49**, 203–223.

- Úrbez-Torres J. R., Peduto F., Striegler R. K., Urrea-Romero K. E., Rupe J. C., Cartwright R. D. & Gubler W. D., 2012. Characterization of fungal pathogens associated with grapevine. *Fungal Diversity* **52** (1), 169–189.
- Úrbez-Torres J. R., Peduto F., Vossen P. M., Krueger W. H. & Gubler W. D., 2013. Olive twig and branch dieback: Etiology, incidence, and distribution in California. *Plant Disease* **97**, 231–244.
- Weneker M., van Raak M. M. P. J., van Brouwershaven I. R., Martin W. & Kox L. F. F., 2011. *Eutypa lata*, the causal agent of dieback in red currant (*Ribes rubrum*) and gooseberry (*R. uvacrispa*) in the Netherlands. *European Journal of Plant Pathology* **131** (3), 441–449.

CHÂSSIS RÉGLABLES POUR TRACTEURS ET CHENILLETTES

Compatibles avec différents outils de travail du sol
Etoiles de désherbage • Disques crénelées • Lames mobiles

RACINE

CENTRE AGROMÉCANIQUE

Rue de Soleure 18
2525 Le Landeron
Tél. 032 751 21 57
Fax 032 751 49 59
www.mecaniqueracine.ch



JEAN-PAUL GAUD SA

BOUCHONS - CAPSULES - CAPSULES À VIS



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

PÉPINIÈRES VITICOLES

JEAN-CLAUDE

FAY

PÉPINIÈRES
VITICOLES

La Tronche
73250 FRETERIVE • FRANCE
TÉL. 00 33 479 28 54 18
PORT. 00 33 680 22 38 95
FAX 00 33 479 65 68 12
E-MAIL: jeanclaude.fay@wanadoo.fr
www.plants-de-vigne-fay.com

- Nombreuses références auprès des viticulteurs suisses depuis plus de 30 ans
- Possibilité de plantation à la machine
- Livraison assurée par nos soins à votre exploitation
- Plants traités à l'eau chaude
Suivant recommandations de vos services phytosanitaires ou correspondant à la norme ZPD4



IMPORTATEUR EXCLUSIF POUR LA SUISSE

SNOPEX Machines agricoles - Motoneiges - Quads
Via Motta 3 - 6828 Balerna - sales@snopex.com
☎ 091 646 17 33 ☎ 091 646 42 07

Suisse 
Plantes
Fleurs coupées

Bourse aux fleurs bernoise

Vos plus grands marchés spécialisés
pour plantes et fleurs coupées

www.blumenmarktbern.ch

Berner Blumenbörsen – Löchliweg 27 – 3014 Berne
Berner Blumenbörsen – Niesenstr. 22 – 3627 Heimberg



Blumig
Besonders
Beeindruckend

**Votre partenaire
pour la qualité**

Pépinières Ph. Borioli

Partenaire de votre réussite

Planter c'est prévoir!

Réservez l'assemblage idéal cépage - clone / porte-greffe
Pieds de 30 à 90 cm



Nouvel encépagement?

Vinifera ou Interspécifique, demandez nos conseils et services



Raisins de table: votre nouvelle culture fruitière!

Choix de variétés adaptées à vos labels



CH-2022 BEVAIX

Tél. 032 846 40 10 Fax 032 846 40 11
E-mail: info@multivitis.ch www.multivitis.ch

Tracteur Loeffel Viti Plus avec broyeur Dragon



Constructeur de machines viticoles
Vente, entretien, location de matériel viticole
Service personnalisé
Usinage CNC, blocks forés

www.loeffel-fils.com
contact@loeffel-fils.com

Chemin des Conrardes 13 CH - 2017 Boudry



Tél. +41 (0)32 842 12 78
Fax. +41 (0)32 842 55 07

Alphatec



1350 Orbe Tél. 024 442 85 40
8165 Oberweningen ZH Tel. 044 853 06 46

- Joints de rechange
- de portes tous modèles
- Cuves rectangulaires, rondes, tronconiques, à pression
- Cuves de pigeage
- Fouloirs, égrappoirs, pressoirs à membrane ATI
- Installations de pilotage des températures
- Tous accessoires et robinetteries
- Pompes, tuyauteries
- Filtres compacts multicarters, à membranes



 Filtration de vins
 Traitement d'eau
 Micro-oxygénation

www.keller.ch

KELLER FLUID PRO AG • 8049 Zürich • ☎ 044 341 09 56 depuis 1982

KELLER

Bouchons en liège

Capsules à vis · Bouchons couronne

Capsules de surbouchage · Bondes silicone

Barrisques · Supports porte-barrisques · Tire-bouchons

LIÈGE RIBAS S.A.

8-10, rue Pré-Bouvier · Z.I. Satigny · 1217 Meyrin

Tél. 022 980 91 25 · Fax 022 980 91 27

e-mail: ribas@bouchons.ch

www.bouchons.ch



www.felco801.com

Rapide, léger, ergonomique
L'outil idéal pour la taille de la vigne
Egalement disponible pour les gauchers - FELCO 801G

FELCO 801

FELCO SA - Marché Suisse
2206 Les Geneveys-sur-Coffrane
www.felco.ch - felcosuisse@felco.ch

FELCO[®]
SWISS  MADE

Traitement des bois à l'eau chaude contre la flavescence dorée: effet sur l'anatomie et l'intégrité des tissus conducteurs

Etudes préliminaires

Eric REMOLIF¹, Vivian ZUFFEREY², Pierre-Henri DUBUIS¹, Francine VOINESCO¹, Olivier FENDELEUR³ et Katia GINDRO¹
¹Agroscope, 1260 Nyon, Suisse – ²Agroscope, 1009 Pully, Suisse – ³Pépinière Guillaume, 70700 Charcenne, France
 Renseignements: Katia Gindro, e-mail: katia.gindro@agroscope.admin.ch, tél. +41 58 460 43 53, www.agroscope.ch



Débourrement d'un plan greffé.

Introduction

La flavescence dorée, causée par un phytoplasme (une bactérie, membre des elm yellows) et propagée rapidement par son vecteur, une cicadelle (*Scaphoideus titanus*), a provoqué des épidémies en Europe depuis les années cinquante. Cette jaunisse de la vigne affecte la vigueur des plantes (réduction de la dimension des bois, enroulement et chlorose foliaire) et la qualité du raisin par une mortalité des inflorescences ou un flétrissement des baies. A terme, le phytoplasme provoque la

mort du cep. La prévention de la flavescence dorée s'avère difficile car les plantes infectées peuvent rester asymptomatiques durant des années. De ce fait, la sélection de matériel végétal sain pour la multiplication comporte certains risques: si des greffons ou des porte-greffe sont prélevés sur des souches malades, les plants produits peuvent être porteurs du phytoplasme. Des études ont permis de mettre au point une séquence de traitement des greffons, porte-greffe et plants greffés-soudés en immergeant les bois dans un bain d'eau chaude à 50°C durant 45 min, en respectant des stades

d'acclimatation de 24 h à 15 °C, avant et après traitement, et en préchauffant les bois à 30 °C durant 10 min avant traitement (Caudwell 1990; Boidron et Grenan 1992). Il a été démontré que le respect scrupuleux de ce protocole permet de dénaturer le phytoplasme et garantit la production d'un matériel sain pour la plantation et la multiplication (ENTAV et INRA 2006; Dupraz et Schaub 2007). La même procédure permet d'éliminer le phytoplasme du bois noir. Si ce traitement est très efficace contre ces deux phytoplasmes, en revanche il ne permet pas d'éliminer la communauté fongique associée aux jeunes plants de vigne, et notamment les champignons liés à l'esca, mais seulement de modifier cette communauté (Casieri *et al.* 2009).

De façon générale, la température et la durée de traitement efficaces contre le phytoplasme présentent des valeurs limites au-delà desquelles une mortalité des plants greffés est constatée. En respectant les températures indiquées (50 °C), des retards au débourrement pouvant atteindre deux à trois semaines ont toutefois été observés lorsque le matériel végétal est planté directement après le traitement, ce qui est le cas lors de commandes tardives au pépiniériste. Lorsque le matériel est remis au froid (4 °C) durant au moins cinq semaines, ces retards de débourrement deviennent négligeables. Le traitement à l'eau chaude risque d'être imposé à plus ou moins court terme dans certaines régions viticoles à titre préventif standard obligatoire. Cette exigence signifierait pour les pépiniéristes une augmentation de la quantité de matériel à traiter et des problèmes d'organisation liés à un nouveau stockage au froid d'au moins cinq semaines.

Le but du travail présenté est d'analyser les conséquences d'un traitement à l'eau chaude sur la structure anatomique des bourgeons et des tissus conducteurs et sur l'intégrité des vaisseaux du bois (taux d'embolie) dans le but d'identifier les causes possibles de la mortalité accrue et du retard de débourrement observé chez les plants traités à l'eau chaude.

Matériel et méthodes

Matériel végétal et conditionnement

Des boutures ligneuses à un œil de *Vitis vinifera* cv. Chasselas, Merlot et Cabernet Sauvignon ont été préparées en janvier 2014, puis stockées en chambre froide (4 °C). En avril, elles ont été acclimatées durant 24 h à 15 °C, préchauffées durant 10 min à 30 °C, puis traitées selon trois modalités à raison de 40 boutures par traitement: a) traitement à l'eau chaude durant 45 min à 50 °C, b) traitement à l'eau chaude durant 45 min à 60 °C, c) aucun traitement (contrôle). Les bois ont été

Résumé

Le traitement à l'eau chaude (TEC) est efficace contre les phytoplasmes responsables de la flavescence dorée et du bois noir de la vigne. Toutefois, la température et la durée du traitement présentent des valeurs limites au-delà desquelles les tissus du bois de la vigne peuvent subir des dommages. Ceux-ci se traduisent notamment par des retards au débourrement lorsque le matériel végétal est planté directement après TEC à 50 °C. Des analyses microscopiques des tissus conducteurs et des bourgeons de trois cépages (*Vitis vinifera* cv. Chasselas, Merlot et Cabernet Sauvignon) de même que des mesures de la conductivité hydraulique ont été réalisées après TEC à 50 °C. En parallèle, un essai de TEC à 60 °C, bien au-delà de la valeur limite supportée par la vigne, a été effectué afin de visualiser et d'évaluer les dommages infligés aux tissus du bois. Les résultats montrent que les bourgeons présentent des dégénérescences cellulaires localisées après TEC à 50 °C et des altérations totales à 60 °C. Le TEC à 50 °C n'induit pas d'altération des tissus conducteurs ni de perturbations significatives de la conductivité hydraulique, tandis que le TEC à 60 °C réduit la conductivité hydraulique en provoquant une embolie significative des conduits de la bouture. Les causes possibles du retard de débourrement observé chez les plants traités à l'eau chaude sont discutées.

utilisés soit directement après traitement, soit réacclimatés à 15 °C durant 24 h avant prélèvement. Afin d'estimer le temps de débourrement, une partie des bois a été mise en végétation dans du terreau de multiplication (terre de semis Brill n°3 Ricoter et perlite) en serre (20 °C), avec un bassinage quotidien.

Analyses microscopiques

Bourgeons

Dix bourgeons par traitement ont été prélevés directement après traitement à l'eau chaude et maintenus en chambre humide avant utilisation afin d'éviter tout dessèchement ou apparition d'artéfacts. Chaque bourgeon a été coupé en deux: une moitié a été observée à la loupe binoculaire et l'autre moitié fixée et traitée selon la méthode de Roland et Vian (1991). Ces échantillons ont été observés au microscope électronique à

transmission (MET) en coupes ultrafines (épaisseur $0,08\mu\text{m}$) et en coupes semi-fines (épaisseur $0,8\mu\text{m}$) au microscope optique.

Anatomie du bois et des tissus conducteurs

Les bois ont été découpés soit juste après traitement, soit après 24 h d'acclimatation à 15°C au moyen d'une scie, puis lissés à la lame de rasoir. Quatre sections de bois par bouture ont été observées à la loupe bino-culaire ou fixées et traitées selon la méthode décrite ci-dessus, puis observées après coloration au bleu de toluidine (solution aqueuse à 0,5 %) au micros-copie optique en coupes semi-fines (épaisseur $0,8\mu\text{m}$). Au total, plus de 30 sections ont été observées par traitement.

Mesure de la conductivité hydraulique des boutures

La conductivité hydraulique des boutures de *Vitis vini-fera* cv. Chasselas (K_{boutures}) a été mesurée au moyen d'un appareil XYL'EM (*Xylem Embolism meter*, Instrutec,

Montigny-lès-Cormeilles, France), selon la méthodolo-gie proposée par Cochard *et al.* (2000), les 7 et 9 avril. La conductivité hydraulique de douze boutures de Chasselas (segments de sarment de 12 à 15 cm de lon-gueur et de $7,2\text{mm} (\pm 0,2)$ de diamètre, comprenant chacun deux nœuds) a été estimée par traitement (contrôle non traité, TEC à 50 et 60°C). Les boutures de sarment ont été attachées aux tubes de l'appareil XYL'EM et leur conductivité initiale (K_{initiale}) a été dé-terminée avec une pression hydrostatique de 3–4 kPa. Par la suite, les boutures ont été saturées en eau, en perfusant l'échantillon avec de l'eau déionisée et dé-gazée, sous pression à $0,15\text{MPa}$ durant 2–3 min. Cette perfusion permet d'expulser ou de dissoudre l'air d'un certain nombre de conduits ou de vaisseaux des boutu-res et d'estimer la conductivité hydraulique maximale (K_{maximale}). Le rapport entre la conductivité initiale et la conductivité à saturation (K_{maximale}) fournit une valeur quantitative du degré d'embolie. La conductivité hy-draulique des boutures a été estimée selon la formule

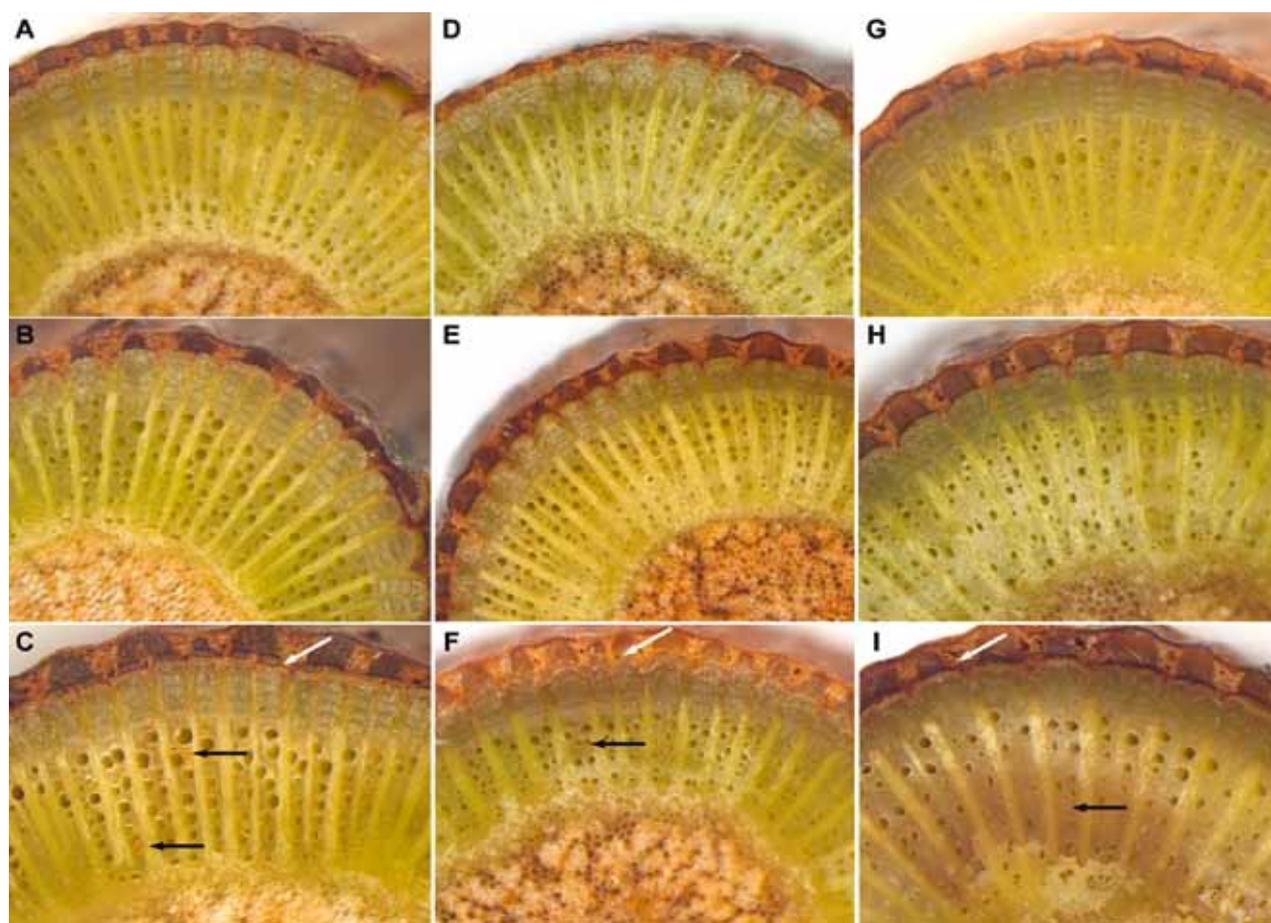


Figure 1 | Sections transversales de boutures ligneuses de *Vitis vinifera* cv. Chasselas, Merlot et Cabernet Sauvignon traitées à l'eau chaude (TEC) ou de contrôles non traités. A–C. Chasselas: A. Contrôle non traité. B. TEC 50°C . C. TEC 60°C . D–F. Merlot: D. Contrôle non traité. E. TEC 50°C . F. TEC 60°C . G–I. Cabernet Sauvignon: G. Contrôle non traité. H. TEC 50°C . I. TEC 60°C . Les flèches noires montrent les altérations des tissus conducteurs (brunissement) et les flèches blanches les espaces de déchirement entre l'écorce et le système vasculaire.

suivante: $K_{\text{bouture}} = K_{\text{initiale}} \times L$, K_{initiale} étant la conductivité hydraulique initiale, et L la longueur du segment de sarment (bouture).

Résultats et discussion

Anatomie et conductivité hydraulique des boutures

A 50 °C, quel que soit le cépage, les vaisseaux conducteurs ou les cellules de soutien ne montrent aucune perturbation du système vasculaire ni aucune altération (fig.1). Par contre, après TEC à 60 °C, un déchirement est observé sur tous les cépages entre l'écorce et le système vasculaire proprement dit. A cette température de traitement, le Cabernet Sauvignon présente un brunissement important des tissus de soutien et vasculaires. Chez le Chasselas, on observe des nécroses périphériques des vaisseaux du xylème. En microscopie optique, aucune particularité ni altération n'apparaît dans les tissus conducteurs des bois traités à 50 °C, tandis qu'à 60 °C, des tissus bruns signalent des zones d'al-

tération du contenu cellulaire, telles que des déstructurations importantes du contenu cellulaire (désorganisation des organelles).

Afin d'évaluer la capacité hydraulique du système vasculaire après TEC à 50 °C et à 60 °C, des mesures de conductivité ont été réalisées sur des boutures de Chasselas (tabl.1). Celles qui ont été soumises au TEC à 60 °C présentent une conductivité hydraulique initiale (débit du flux d'eau à travers les vaisseaux) et surtout maxi-

Tableau 1 | Conductivité hydraulique initiale et maximale (K_{initiale} , K_{maximale}) et taux d'embolie gazeuse des boutures de vigne de Chasselas (n = 12) après traitement à l'eau chaude (50 °C et 60 °C durant 45 min) ou sans traitement (témoin)

Variante	K_{initiale} (mmol.m/s/MPa)	K_{maximale} (mmol.m/s/MPa)	Embolie (%)
Témoin	2,27 A	4,65 A	52,8 A
TEC 50 °C	2,05 A	2,83 AB	54,8 A
TEC 60 °C	1,25 A	1,50 B	74,9 B

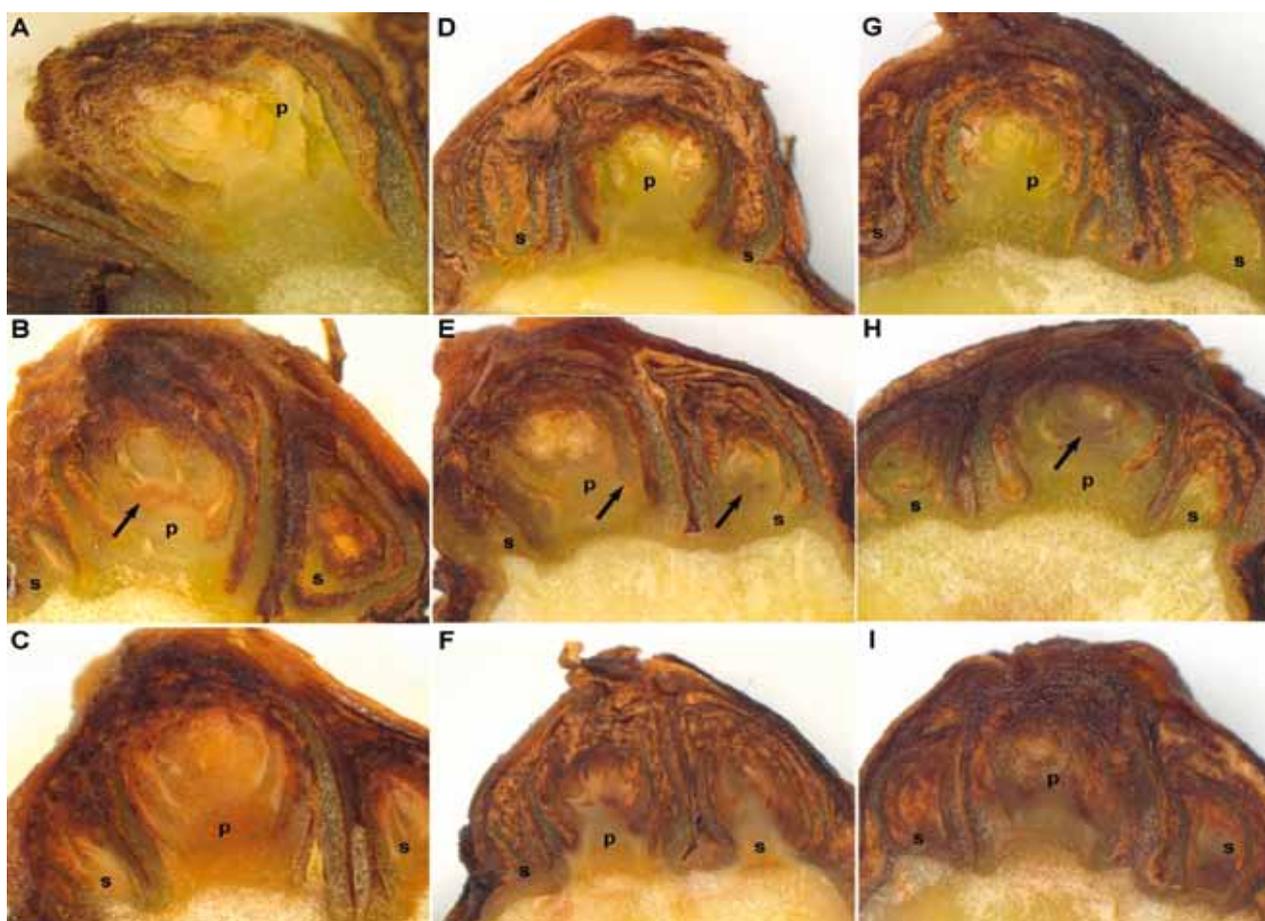


Figure 2 | Aspect des bourgeons de *Vitis vinifera* cv. Chasselas, Merlot et Cabernet Sauvignon issus de boutures ligneuses traitées à l'eau chaude (TEC) ou de contrôles non traités. A–C. Chasselas: A. Contrôle non traité. B. TEC 50 °C. C. TEC 60 °C. D–F. Merlot: D. Contrôle non traité. E. TEC 50 °C. F. TEC 60 °C. G–I. Cabernet Sauvignon: G. Contrôle non traité. H. TEC 50 °C. I. TEC 60 °C. Les flèches montrent les altérations des tissus (brunissement). p: bourgeons primaires, s: bourgeons secondaires.

male (après dégazage des vaisseaux) inférieure à celle des boutures témoins, non traitées à l'eau chaude. La conductivité des boutures chauffées à 50°C occupe une situation intermédiaire.

Le TEC à 60°C réduit sensiblement la conductivité hydraulique en provoquant une embolie importante des conduits de la bouture. A 50°C par contre, la conductivité hydraulique et le taux d'embolie sont comparables à ceux du témoin. La préparation à l'air des boutures (coupage des sarments, conditions de stockage) explique en grande partie les taux élevés d'embolie observés dans cette expérimentation. Selon ces résultats, il semble donc que le TEC de boutures de Chasselas à 50°C durant 45 min, effectué de manière contrôlée et maîtrisée, ne perturbe pas significativement la conductivité hydraulique, et donc le flux de sève brute.

Anatomie des bourgeons

Les observations au microscope optique et électronique à transmission des bourgeons des trois cépages après les différents traitements ont montré qu'un brunissement du bourgeon principal se produit après traitement à l'eau chaude à 50°C sur Chasselas et Cabernet

Sauvignon (fig. 2). Chez le Merlot, ces altérations se produisent plutôt sur les bourgeons secondaires. La microscopie électronique permet de voir que ces zones brunes correspondent à d'importantes altérations cellulaires. L'intégrité de l'ultrastructure des cellules, et plus particulièrement des organelles telles que les mitochondries, des noyaux cellulaires et de leurs membranes, de l'appareil de Golgi et des systèmes membranaires est très dénaturée (fig. 3). Ces altérations cellulaires sont irréversibles et les parties tissulaires lésées ne peuvent donc plus participer au débourrement. Le maintien à 4°C durant au moins cinq semaines permet probablement le remplacement progressif des zones cellulaires détruites au sein des bourgeons par de nouveaux tissus, limitant le retard au débourrement après reconditionnement. A l'inverse, le débourrement retardé des plants traités sans phase de repos à 4°C pourrait correspondre en partie au temps nécessaire à la reconstruction des tissus du bourgeon primaire ou secondaire. Après TEC à 60°C, les bourgeons présentent des altérations tissulaires et cellulaires importantes. Les expériences de plantation des bois après TEC à 50°C, sans phase de repos à 4°C, montrent un débourrement retardé de trois semaines par rapport aux con-

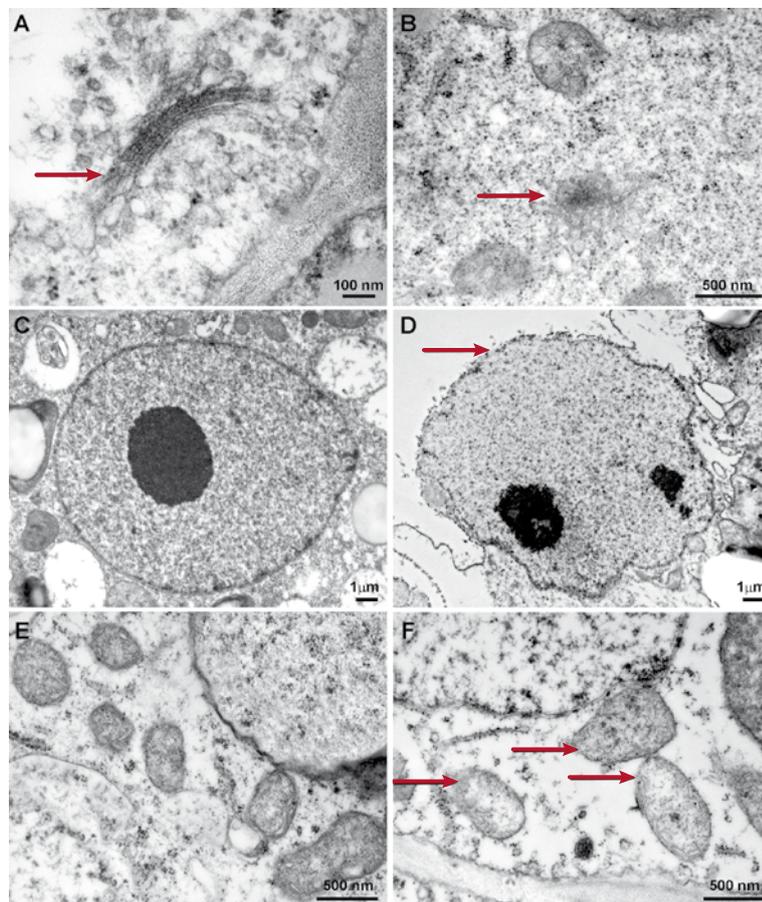


Figure 3 | Ultrastructure des bourgeons de *Vitis vinifera* cv. Chasselas dans les zones tissulaires brunes après traitement à l'eau chaude à 50°C (B, D et F) et dans le contrôle non traité (A, C et E) observée en microscopie électronique à transmission. A. Appareil de Golgi fonctionnel avec vésicules (flèche). B. Appareil de Golgi détruit (flèche). C. Noyau cellulaire présentant une double membrane nucléaire intacte. D. Noyau détruit et membrane nucléaire détruite à de nombreux endroits (flèche). E. Mitochondries et membranes mitochondriales intactes. F. Altérations des membranes mitochondriales et du contenu organellaire (flèches).

trôles non traités chez le Chasselas et le Cabernet Sauvignon, mais d'une semaine seulement chez le Merlot. Ce retard moins marqué sur Merlot pourrait s'expliquer par l'altération nettement moins importante du bourgeon primaire. Après TEC à 60 °C, aucun débourrement n'a pu être observé. Des expérimentations sont en cours pour évaluer l'état sanitaire des bourgeons après un repos à 4 °C, ainsi qu'un suivi du débourrement afin d'identifier quel bourgeon déclenche le débourrement après TEC à 50 °C selon le cépage.

Par ailleurs, il n'est pas exclu que le traitement à l'eau chaude exerce une influence sur l'hydrolyse de l'amidon en glucides solubles des bourgeons qui interviennent dans les processus de débourrement au printemps. Des études ont en effet montré que le froid (ou la période de froid) favorisait l'hydrolyse de l'amidon à travers la synthèse de l'enzyme α -amylase impliquée dans la conversion de l'amidon en sucres solubles chez la vigne (Wample et Bary 1992; Koussa *et al.* 1998). La capacité de mobilisation de ces réserves carbonées contenue dans la bouture et les bourgeons serait-elle affectée par le traitement à l'eau chaude? La question reste ouverte.

Conclusions

- Les effets d'un traitement à l'eau chaude (TEC) à 50 °C durant 45 min sur des boutures ligneuses de vigne ont été évalués sur la base de critères physiologiques (mesure du flux de sève) et anatomiques (intégrité des tissus conducteurs et des bourgeons).
- La conductivité hydraulique et le taux d'embolie des boutures traitées ne sont pas significativement

différents de ceux des boutures non traitées. Cela signifie qu'à 50 °C, le TEC ne cause pas de perturbation du flux de sève brute. Le même constat est fait sur des coupes de bois montrant que les boutures traitées ne présentent pas d'altérations physiologiques du système vasculaire par rapport au témoin non traité.

- Le TEC (50 °C) cause des altérations de zones tissulaires localisées sur les bourgeons primaires du Chasselas et du Cabernet Sauvignon, moins marquées pour le Merlot, chez qui c'est surtout le bourgeon secondaire qui est atteint.
- Lorsque les plants sont mis en terre sans période de repos à 4 °C, le débourrement est retardé de trois semaines chez le Chasselas et le Cabernet Sauvignon, contre une semaine chez le Merlot. Aucun retard de débourrement n'est observé lorsqu'un repos au froid d'au moins cinq semaines est respecté avant plantation.
- Le repos à 4 °C des bois traités pourrait correspondre au temps nécessaire à la reconstruction des zones de tissus détruites et ainsi expliquer que le retard de débourrement devient négligeable après un stockage d'au moins cinq semaines.
- Le traitement à l'eau chaude risque de devenir obligatoire à plus ou moins court terme comme moyen de lutte préventive dans certaines régions viticoles. Cette obligation signifierait pour les pépiniéristes l'allongement de la période de traitement à l'eau chaude et une nette réduction du temps de remise au froid. Dans ce cas, la recherche devrait alors se diriger vers le développement d'alternatives de traitement ou de méthodes de protection des tissus de la vigne. ■

Remerciements

Nous tenons à remercier Clément Panigai, étudiant en master viticulture à L'Agro de Montpellier, pour l'aide apportée dans les mesures de conductivité hydraulique.

Bibliographie

- Casieri L., Hofstetter V., Viret O., Dubuis P.-H. & Gindro K., 2009. Effet du traitement à l'eau chaude sur les champignons associés aux jeunes plants de vigne. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **41** (4), 219–224.
- Caudwell A., Larrue J., Valat C. & Grenan S., 1990. Les traitements à l'eau chaude des bois de vigne atteints de la flavescence dorée. *Progrès agricole et viticole* **107**, 281–286.
- Dupraz P. & Schaub L., 2007. Lutte contre le phytoplasme de la flavescence dorée: l'eau chaude a été réinventée. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **39** (2), 113–115.
- ENTAV & INRA, 2006. Jaunisses à phytoplasmes de la vigne – flavescence dorée et bois noir. Groupe de travail national-flavescence dorée 2006, 24 p.
- Koussa T., Cherrad M., Bertrand A. & Broquedis M., 1998. Comparaison de la teneur en amidon, en glucides solubles et en acide abscissique des bourgeons latents et des entre-nœuds au cours du cycle végétatif de la vigne. *Vitis* **37**, 5–10.
- Mannini F., 2006. La lotta con la termoterapia contro la flavescenza dorata. *OICCE times* **28**, 25–27.
- Roland J. & Vian B., 1991. General preparation and staining of thin sections. In: J. Hall, C. Hawes (Eds.). *Electron Microscopy of Plant Cells*, Academic Press, London, 1–66.
- Wample R. L. & Bary A., 1992. Harvest date as a factor in carbohydrate storage and cold hardiness of Cabernet Sauvignon grapevines. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* **117**, 32–36.

Summary

Hot-water treatment of the grapevine wood against Flavescence dorée: effect on the anatomy and integrity of the conductive tissues. Preliminary studies

Hot-water treatment (HWT) is effective against the phytoplasmas responsible for both flavescence dorée and grapevine bois noir. However, the temperature and duration of treatment employed present maximum values above which damage to the woody tissues of the vine can be detected. In particular, this leads to delays in budburst when the planting material is planted directly after HWT at 50°C. Microscopic analyses of the conductive tissues and buds of three grape varieties (*Vitis vinifera* cv. Chasselas, Merlot and Cabernet Sauvignon) as well as hydraulic conductivity measurements were carried out after HWT at 50°C. At the same time, an HWT test was conducted at 60°C, well above the upper limit tolerated by the vine, in order to illustrate the damage to the woody tissues of the vine. The results show that the buds exhibit local cellular degeneration after HWT at 50°C, whilst damage is total above 60°C. HWT at 50°C does not lead to any damage of the conductive tissues, or to any significant disturbances of hydraulic conductivity, while HWT at 60°C appears to reduce hydraulic conductivity by causing an acute embolism in the ducts of the cutting. The possible reasons for the delay in budburst observed among the plants treated with hot water are discussed.

Key words: phytoplasma, bois noir, hydraulic conductivity, microscopy.

Zusammenfassung

Heisswasserbehandlung des Holzes gegen die Goldgelbe Vergilbung: Einfluss auf die Anatomie und die Unversehrtheit des Leitgewebes. Einige Untersuchungsansätze

Die Heisswasserbehandlung (HWB) ist wirksam gegen Phytoplasmen, welche die Goldgelbe Vergilbung und die Schwarzholzkrankheit verursachen. Mit der dabei eingesetzten Temperatur und der Behandlungsdauer begibt man sich jedoch in einen Grenzbereich, bei dem erste Schäden des verholzten Gewebes der Reben auftreten können. Die Folge davon ist insbesondere ein verzögertes Austreiben des Pflanzguts direkt nach der Heisswasserbehandlung. Nach einer Heisswasserbehandlung bei 50°C wurden mikroskopische Untersuchungen des Leitgewebes und der Knospen von drei Rebsorten (*Vitis vinifera* cv. Chasselas, Merlot und Cabernet Sauvignon) sowie Messungen der Wasserleitfähigkeit vorgenommen. Parallel dazu wurde eine HWB bei einer Temperatur von 60°C, die deutlich über dem von der Rebe tolerierten Wert liegt, durchgeführt und die Gewebedegeneration des Rebenholzes visuell untersucht, um zu prüfen, welche Schäden bei der Anwendung einer ungeeigneten Temperatur auftreten können. Die Ergebnisse zeigen, dass die Knospen nach einer HWB bei 50°C Bereiche zerstörter Zellen aufweisen, während es bei einer Temperatur von 60°C zu einer vollständigen Degeneration kommt. Die HWB bei 50°C hat weder Schäden des Leitgewebes noch deutliche Störungen der Wasserleitfähigkeit zur Folge. Die HWB bei 60°C dagegen scheint die Wasserleitfähigkeit durch den Verschluss von Leitgefäßen der Stecklinge empfindlich zu beeinträchtigen. Die möglichen Ursachen des beobachteten verzögerten Austreibens von heisswasserbehandelten Pflanzen werden diskutiert.

Riassunto

Trattamento con acqua calda del legno contro la Flavescenza dorata: effetto sull'anatomia e sull'integrità dei tessuti conduttori. Studi preliminari

Il trattamento con acqua calda (HWT) è efficace sia contro il fitoplasma responsabile della flavescenza dorata sia contro quello del legno nero della vite. Tuttavia, la temperatura e la durata del trattamento presentano valori limite al di là dei quali è possibile constatare danni sui tessuti del legno della vite. In particolare, quando il materiale vegetale viene piantato subito dopo il trattamento a 50°C, si hanno come effetto ritardi nel germogliamento. In seguito al trattamento a 50°C sono state svolte analisi microscopiche dei tessuti conduttori e dei germogli di tre vitigni (*Vitis vinifera* cv. Chasselas, Merlot e Cabernet Sauvignon), oltre a misurazioni della conduttività idraulica. Parallelamente è stata effettuata una prova di trattamento con acqua calda a 60°C, molto oltre il valore limite sopportato dalla vite, al fine di vedere quali sono i danni sui tessuti del legno e valutare così gli effetti negativi dell'uso di una temperatura inadatta. I risultati mostrano che i germogli presentano degenerazioni cellulari localizzate in seguito al trattamento a 50°C, mentre dopo quello a 60°C le alterazioni sono totali. Il trattamento con acqua calda a 50°C non induce alcuna alterazione dei tessuti conduttori né variazioni significative della conduttività idraulica. Il trattamento a 60°C, invece, sembra ridurre sensibilmente la capacità di conduttività idraulica, provocando un'embolia importante dei tessuti conduttori della talea. Vengono discusse le possibili cause del ritardo nel germogliamento osservato presso le piante trattate con acqua calda.



POUR ASSURER LA QUALITÉ DE VOTRE ENVIRONNEMENT

Notre équipe «environnement» est à disposition des entreprises, des associations et des particuliers dans le domaine des piscines, wellness, de l'air ambiant ou de l'eau potable.

Demandez-nous de tester vos installations.

Avec le soutien de notre équipe, faites votre auto-contrôle pour éliminer légionnelles, germes fécaux, Staphylocoques, moisissures ou autres contaminants chimiques.



Laboratoire - Expertise - Hygiène

● membre du réseau medisupport

*Le Conseil au service
de votre qualité.*

Rue du Tunnel 15-17 ● 1227 Carouge

Tél. +41 22 304 83 93 ● infohpp@hpp-ecobion.ch ● www.hpp-ecobion.ch

Anthocyanes libres des vins, une analyse pour différencier des cépages suisses

Pierre-Léonard ZAFFALON¹, Ágnes DIENES-NAGY¹, Danielle NARDONE¹, Frédéric VUICHARD¹, Carole KOESTEL², Johannes RÖSTI² et Fabrice LORENZINI¹

¹Agroscope, Institut des sciences en denrées alimentaires IDA, 1260 Nyon

²Agroscope, Institut des sciences en production végétale IPV, 1260 Nyon

Renseignements: Ágnes Dienes-Nagy, e-mail: agnes.dienes-nagy@agroscope.admin.ch, tél. +41 58 460 43 34, www.agroscope.ch



Introduction

Les couleurs rouge et bleue des fruits ou des fleurs proviennent souvent des anthocyanes ou anthocyanines (du grec *anthos* fleur et *kyanos* bleu), une classe de molécules produites par la plante. Chimiquement, celles-ci font partie de la famille des flavonoïdes, une sous-classe des polyphénols, qui sont des composés benzéniques comportant des groupes hydroxyles (fig. 1; Bueno *et al.* 2012). Les anthocyanes sont en général liées à un ou plusieurs sucres, ce qui augmente leur stabilité et leur solubilité. L'intensité et la couleur dépendent des substituants R (tabl.1): les groupements méthoxy- (-OCH₃) augmentent la couleur rouge tandis

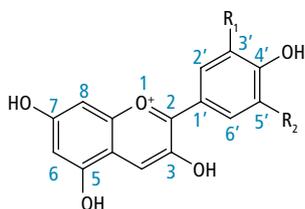


Figure 1 | Structure chimique d'une anthocyanidine typique du vin. Les substituants R₁ et R₂ sont définis dans le tableau 1. Le glucose se lie en position 3.

que les groupements OH favorisent le bleu. La couleur est rarement due à une anthocyanine particulière, les raisins rouges en contiennent quatre à seize types suivant la variété (Bueno *et al.* 2012; Scotter 2011). Dans les cépages européens (*Vitis vinifera*), seules les anthocyanes monoglucosylées et monoglucosylées acylées avec l'acide acétique, l'acide coumarique ou l'acide caféique ont été identifiées (Ribereau-Gayon *et al.* 2004).

Tableau 1 | Structure et couleur des anthocyanes les plus répandues dans les raisins

Anthocyanidine	R ₁	R ₂	λ _{max} (R ₃ = H)	λ _{max} (R ₃ = glucose)	Couleur
Delphinidine	OH	OH	546	541	rose
Pétunidine	OH	OCH ₃	543	540	violet
Malvidine	OCH ₃	OCH ₃	542	538	rouge-violet
Cyanidine	OH	H	535	530	rouge
Péonidine	OCH ₃	H	532	528	bleu-violet

λ_{max} = longueur d'onde maximale du spectre UV de la substance dans une solution MeOH-HCl (0,01 %).

Dans les vins, la concentration et le type d'anthocyanes dépendent de nombreux facteurs, comme la variété des raisins, la maturité, le climat, le terroir ou le type de vinification (Burns *et al.* 2002, Soares de Andrade *et al.* 2013).

Malgré ces variations, il est admis que les anthocyanes peuvent servir de marqueurs chimiotaxonomiques pour les cépages (Ottender *et al.* 2004). En dosant différentes anthocyanes libres dans les vins par HPLC-UV, on peut établir le profil d'un cépage. Plusieurs études ont décrit l'utilisation du profil d'anthocyanes à des fins de classification des vins selon les cépages (Berente *et al.* 2000, Gómez-Ariza *et al.* 2006, Dimitrovska *et al.* 2013) ou pour un même cépage cultivé dans des régions à conditions climatiques différentes (Soares de Andrade *et al.* 2013). Cependant, l'application de cette méthodologie pour la détection de fraudes est contestée par certains auteurs (Burns *et al.* 2002), car de nombreux paramètres comme l'âge du vin, la façon de vinifier ou le terroir peuvent influencer le résultat.

Notre étude a permis d'établir le profil d'anthocyanes de différents cépages cultivés en Suisse à partir des vins produits par Agroscope et d'utiliser ces profils pour la classification des vins selon les cépages, afin de déterminer le potentiel et les limitations de cette méthodologie pour les vins suisses.

Matériel et méthodes

Echantillons

Pour cette étude, 106 vins issus des études viticoles conduites par Agroscope ont été utilisés. Le mode de culture, la provenance et le cépage de chaque échantillon sont indiqués dans le tableau 2.

Vinification

La vinification des essais suit un protocole standardisé. La vendange est égrappée, foulée et sulfitée (50 mg/l) lors de l'encuvage. Les essais sont levurés à 20 g/hl (Zymaflore® FX10) et chaptalisés si nécessaire pour atteindre 93 °Oe. L'extraction des composés phénoliques est favorisée par un pigeage journalier et le cuvage dure entre cinq et dix jours. Le décuvage et le pressurage coïncident généralement avec la fin de la fermentation alcoolique. Les lies sont éliminées par centrifugation. Un ensemencement en bactéries lactiques (1 g/hl, Viniflora® Oenos) garantit le départ de la fermentation malolactique. Les vins sont ensuite stabilisés chimiquement (sulfitage 50 mg/l) et physiquement (stabilisation tartrique par passage au froid) avant d'être filtrés. Une filtration fine précède la mise en bouteille. Les analyses sont effectuées sur les bouteilles au plus tard deux mois après la mise.

Résumé La couleur des vins rouges provient des anthocyanes, une classe de molécules principalement situées dans la pellicule du raisin. Dans celle-ci, une dizaine d'anthocyanes différentes existent sous forme libre, stabilisées en général par une molécule de sucre. La quantité totale de ces colorants peut être déterminée avec un spectrophotomètre en mesurant l'absorption à 520 nm dans l'extrait du raisin, afin de déterminer par exemple sa maturité phénolique. Grâce à des techniques de séparation comme la chromatographie, ces différentes anthocyanes libres peuvent aussi être caractérisées afin d'établir le profil d'un raisin ou d'un vin. Dans cette étude, des vins des principaux cépages rouges cultivés en Suisse (Pinot noir, Gamay, Gamaret, Merlot, Cornalin, Humagne rouge, Galotta) ont été analysés et leurs profils d'anthocyanes ont été établis. Les résultats montrent le potentiel et les limites de l'utilisation de ces profils pour la différenciation des vins.

Analyse totale des anthocyanes libres (AL)

La quantification totale des anthocyanes libres dans le vin est effectuée selon la méthode Puissant-Léon en utilisant un analyseur séquentiel équipé d'un spectrophotomètre qui mesure l'absorbance à 520 nm (Ribeireau-Gayon *et al.* 1972).

Tableau 2 | Cépage et provenance des raisins utilisés pour l'élaboration des vins étudiés

Cépage	Domaine	Nombre d'échantillons
Cornalin	Chamoson (VS)	6
Gamaret	Begnins (VD)	2
	Blonay (VD)	2
	Changins (VD)	2
	Pully (VD)	2
	Villeneuve (VD)	2
Galotta	Changins (VD)	1
	Pully (VD)	2
Gamay	Leytron (VS)	2
	Pully (VD)	6
Humagne rouge	Leytron (VS)	10
Pinot noir	Chamoson (VS)	3
	Leytron (VS)	5
	Pully (VD)	13
	Stäfa (ZH)	15
Merlot	Cugnasco (TI)	7 + 6 passerillés
	Gudo (TI)	20
Total		106

Analyse des AL par HPLC

L'analyse HPLC a été effectuée selon la méthodologie publiée par l'Organisation internationale de la vigne et du vin (OIV) (Résolution OENO 2007), avec quelques modifications. Une colonne Agilent Eclipse Plus RP C18 (4,6 mm x 50 mm, 1,8 µm) a été utilisée avec les solvants: A: H₂O/HCOOH/CH₃CN 88:10:2 (v/v/v), B: H₂O/HCOOH/CH₃CN 2:10:88 (v/v/v). Le débit du solvant est fixé à 2 ml/min pendant le temps de l'analyse. Le cycle commence avec 2 min d'équilibrage avec 100 % de solvant A avant l'injection, puis 0,2 min après l'injection, le pourcentage de solvant B augmente progressivement pour atteindre 40 % à 5 min. Entre 5,2 et 6 min, le pourcentage de solvant B passe de 40 à 100 % et le cycle s'arrête à 6 min. La détection s'effectue avec un détecteur à barrettes de diodes dont la longueur d'onde est fixée à 520 nm.

Les données ont été acquises via le logiciel Chromeleon 7.1 de la société Thermo Scientific, puis traitées avec le programme statistique XLStat (version 2014.2.07).

Résultats et discussion

La concentration en anthocyanes dans les raisins atteint un maximum lors de la maturité phénolique, les anthocyanes libres (ou monomères) devenant ensuite peu stables dans le vin et tendant à s'oxyder et à se combiner avec d'autres molécules, ce qui diminue leur concentration (He *et al.* 2012).

Comme la méthodologie étudiée ici se focalise sur la concentration en anthocyanes libres, l'évolution de la forme libre vers les formes polymérisées doit être

prise en compte. Pour cette raison, seuls des vins du millésime 2013 fraîchement mis en bouteille sont utilisés dans cette étude.

Concentration totale en anthocyanes libres dans différents cépages

Les valeurs moyennes des concentrations totales en anthocyanes libres des cépages étudiés sont présentées dans la figure 2. Les vins de Pinot noir présentent les valeurs les plus basses, autour de 350 mg/l malvidine-3-O-glucoside équivalent. Les autres cépages traditionnels montrent des concentrations similaires proches de 500 mg/l; en ordre croissant, Humagne rouge, Gamay, Merlot et Cornalin figurent dans ce groupe. Les cépages issus du programme de sélection d'Agroscope (Gamaret, Galotta) contiennent significativement plus d'anthocyanes.

Profil des anthocyanes libres (AL)

La méthode utilisée dans cette étude a permis d'établir un profil des anthocyanes libres par séparation et quantification des mono-glucosides d'anthocyanidines: delphinidine, cyanidine, pétunidine, péonidine et malvidine, ainsi que leurs formes acétylées et coumarylées. En l'absence de standard et de technique de caractérisation (spectrométrie de masse), les anthocyanes acétylées et coumarylées n'ont pas pu être identifiées individuellement et ont donc été quantifiées comme des groupes de pics selon la méthodologie de l'OIV (OIV 2007).

Les chromatogrammes de la figure 3 donnent un aperçu des profils. Le pic le plus élevé correspond à la malvidine-3-O-glucoside chez le Gamay et le Galotta, mais ceci vaut également pour tous les cépages européens de type *Vitis vinifera*. Les autres anthocyanes monoglucosylées, les acétylées et les coumarylées sont présentes dans des proportions plus ou moins importantes. Le tableau 3 présente les proportions des anthocyanes libres, exprimées en pourcentage de la surface du pic de l'anthocyane choisie par rapport à la surface totale des pics d'anthocyanes libres. L'utilisation des pourcentages permet de se concentrer sur le profil d'anthocyanes et d'éliminer l'effet de la concentration, qui ne dépend pas que du cépage mais d'autres facteurs comme la maturité du raisin, la taille des baies ou la vinification et le lieu de production.

La proportion de malvidine-3-O-glucoside est la plus élevée dans le Pinot noir (82 %) et la plus basse dans le Galotta (48 %). Une autre particularité du Pinot noir est qu'il ne contient pas d'anthocyanes acétylées et coumarylées dans les concentrations détectables, comme déjà indiqué dans la littérature (Burns *et al.* 2002).

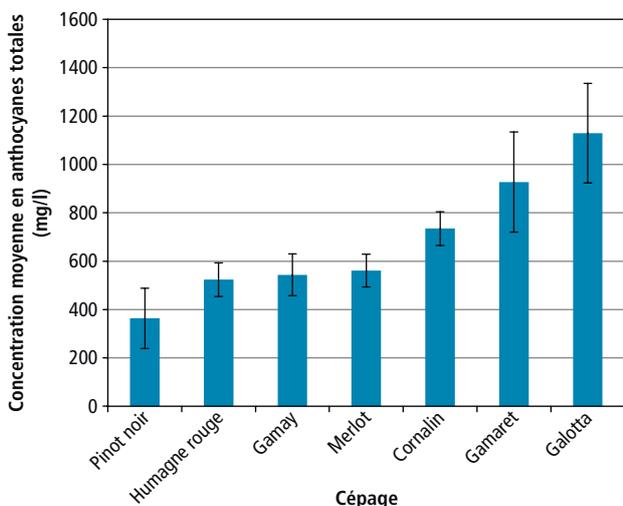


Figure 2 | Concentrations moyennes (mg malvidine-3-O-glucoside équivalent/l) en anthocyanes totales mesurées dans les vins issus de cépages rouges cultivés en Suisse et vinifiés à Agroscope.

Classification des cépages par chémométrie

Une première analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée après l'analyse HPLC de 100 vins différents et le calcul du pourcentage des aires des sept types d'anthocyanes présents. Ainsi, une grande différence apparaît entre le Galotta et les six autres cépages, due aux pourcentages élevés de delphinidine-3-O-glucoside, pétunidine-3-O-glucoside, cyanidine-3-O-glucoside et des anthocyanes acétylées qui diminuent fortement le taux de malvidine-3-O-glucoside. Compte tenu de cette différence, le Galotta a été retiré des données pour les classifications suivantes.

La nouvelle analyse ACP permet de distinguer entre eux la plupart des cépages (Pinot noir, Gamay, Gamaret, Humagne rouge), mais avec une séparation moins évidente que le Galotta (fig. 4). La discrimination des cépages s'est effectuée sur l'axe F1 (67 %) par le pourcentage d'aire de malvidine-3-O-glucoside dans le sens positif et par les delphinidine-3-O-glucoside, pétunidine-3-O-glucoside, cyanidine-3-O-glucoside et antho-

cyanes acétylées et coumarylées dans le sens négatif. Sur l'axe F2 (18 %), le pourcentage de péonidine-3-O-glucoside est le facteur principal, suivi du taux de pétunidine-3-O-glucoside.

Le Pinot noir, le Gamay et le Gamaret se trouvent du même côté de l'ACP avec des pourcentages en malvidine-3-O-glucoside plus élevés que les autres cépages. Si ces trois cépages forment des groupes caractéristiques, on distingue deux sous-ensembles à l'intérieur de ces groupes, différenciés par le pourcentage de péonidine- et pétunidine-3-O-glucoside. Dans les trois cas, il s'agit vraisemblablement d'un effet de terroir. Les Pinot noir de Stäfa sont séparés de ceux de Chamoison, Leytron et Pully. Par contre, l'ACP ne permet pas de différencier ces trois derniers terroirs. Il faut noter aussi que l'effet terroir semble primer sur l'effet variété clonale car les échantillons de Stäfa, bien qu'issus de différents clones de Pinot noir, forment cependant un groupe compact. Les Gamay de Leytron diffèrent de ceux de Pully, tandis que les Gamaret de Begnins et

Tableau 3 | Profils d'anthocyanes des vins selon les cépages: moyenne des pourcentages (écart-type) des sept anthocyanes libres mesurés par HPLC-UV

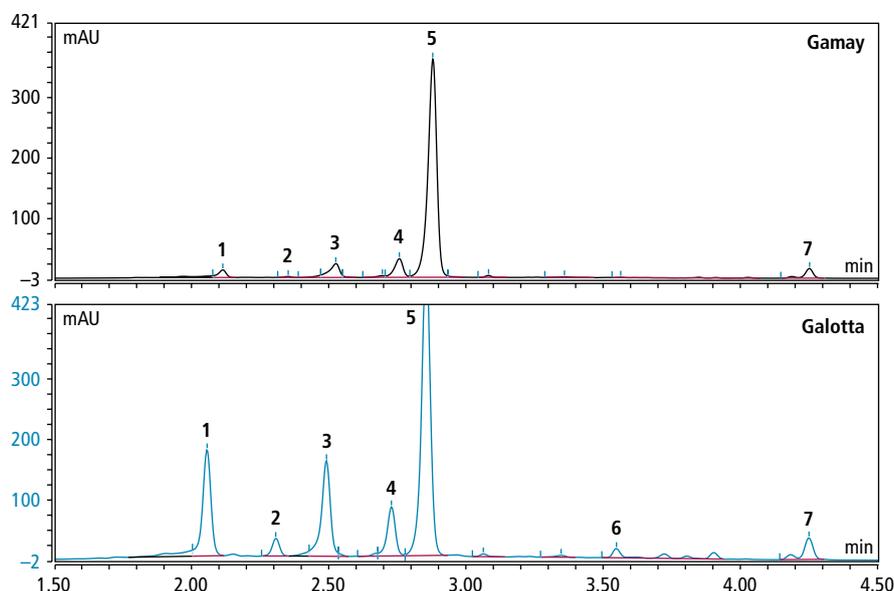
	Delphinidine 3-O-glucoside	Cyanidine 3-O-glucoside	Pétunidine 3-O-glucoside	Péonidine 3-O-glucoside	Malvidine 3-O-glucoside	Anthocyanes acétylées	Anthocyanes coumarylées
Gamay	3,0 (0,5)	0,3 (0,1)	6,4 (0,7)	7,8 (1,2)	78,8 (2,1)	0,5 (0,1)	3,2 (0,4)
Pinot noir	2,2 (1,0)	0,1 (0,2)	6,7 (1,8)	8,4 (2,7)	82,5 (3,3)	n. d.	n. d.
Merlot	7,6 (1,2)	1,4 (0,4)	10,9 (1,4)	9,1 (1,4)	63,9 (3,4)	2,1 (0,3)	5,0 (0,4)
Humagne rouge	7,5 (0,9)	0,3 (0,1)	11,9 (0,9)	5,8 (0,8)	68,9 (3,5)	1,3 (1,1)	4,3 (2,2)
Gamaret	2,6 (0,7)	0,6 (0,2)	5,6 (0,9)	13,9 (3,4)	70,9 (2,9)	1,0 (0,2)	5,4 (0,9)
Cornalin	11,9 (0,8)	1,8 (0,2)	12,1 (0,2)	11,6 (0,6)	58,5 (2,1)	1,1 (0,2)	3,0 (0,3)
Galotta	16,0 (3,0)	3,0 (1,5)	14,9 (1,6)	8,2 (1,6)	48,0 (2,6)	6,0 (5,0)	3,9 (0,6)

n. d. = non détectable.

Figure 3 | Chromatogrammes des anthocyanes libres de vins des cépages Gamay et Galotta.

Les molécules détectées sont:

- 1: delphinidine-3-O-glucoside,
- 2: cyanidine-3-O-glucoside,
- 3: pétunidine-3-O-glucoside,
- 4: péonidine-3-O-glucoside,
- 5: malvidine-3-O-glucoside,
- 6: anthocyanes acétylées,
- 7: anthocyanes coumarylées.



Changins sont distincts de ceux de Blonay, Pully et Villeneuve. Ces observations doivent être validées ces prochaines années car les raisins de Begnins et Changins ont été durement touchés par la grêle du 20 juin 2013, ce qui a peut-être modifié leur composition en anthocyanes.

De l'autre côté de l'ACP, les Humagne rouge forment un large groupe, que distinguent cependant leurs faibles teneurs en cyanidine- et péonidine-3-O-glucoside. Le terroir est identique pour tous les échantillons de ce cépage (Leytron).

Le Merlot et le Cornalin, en revanche, ne peuvent pas être séparés par l'ACP, en dépit du groupe assez compact que forme le Cornalin. Les échantillons de Merlot se répartissent sur une grande surface, ce qui indique une grande variabilité dans le profil d'anthocyanes. Contrairement au Pinot noir et au Gamay, l'effet du terroir (Gudo et Cugnasco) n'est pas perceptible chez le Merlot.

Le profil du Pinot noir étant très spécifique (anthocyanes de forme monoglucosylée uniquement), une séparation plus marquée était attendue dans l'ACP.

Figure 4 | Analyse en composantes principales (ACP) des résultats des profils d'anthocyanes libres des vins jeunes sans les échantillons de Galotta.

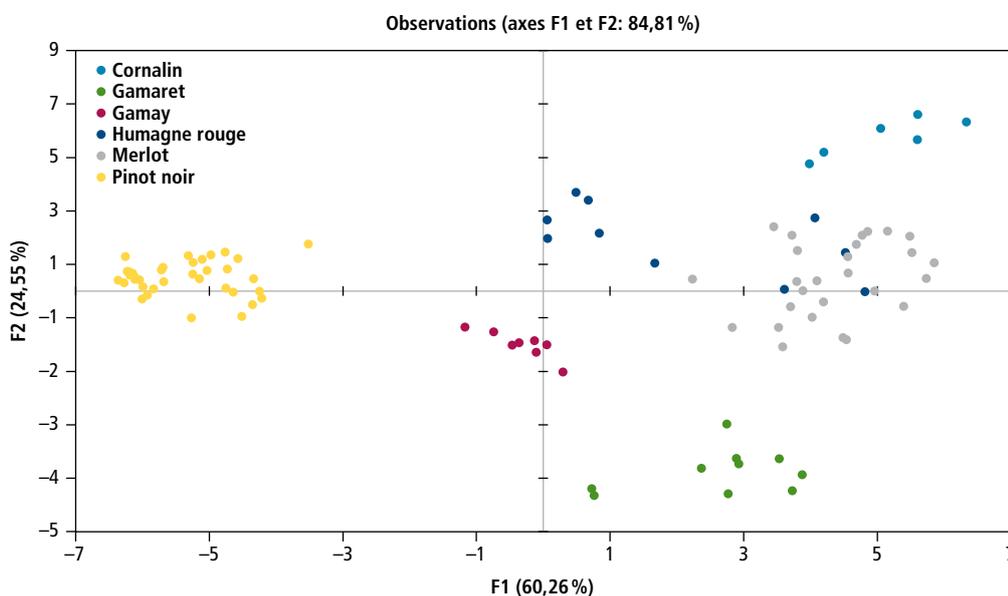
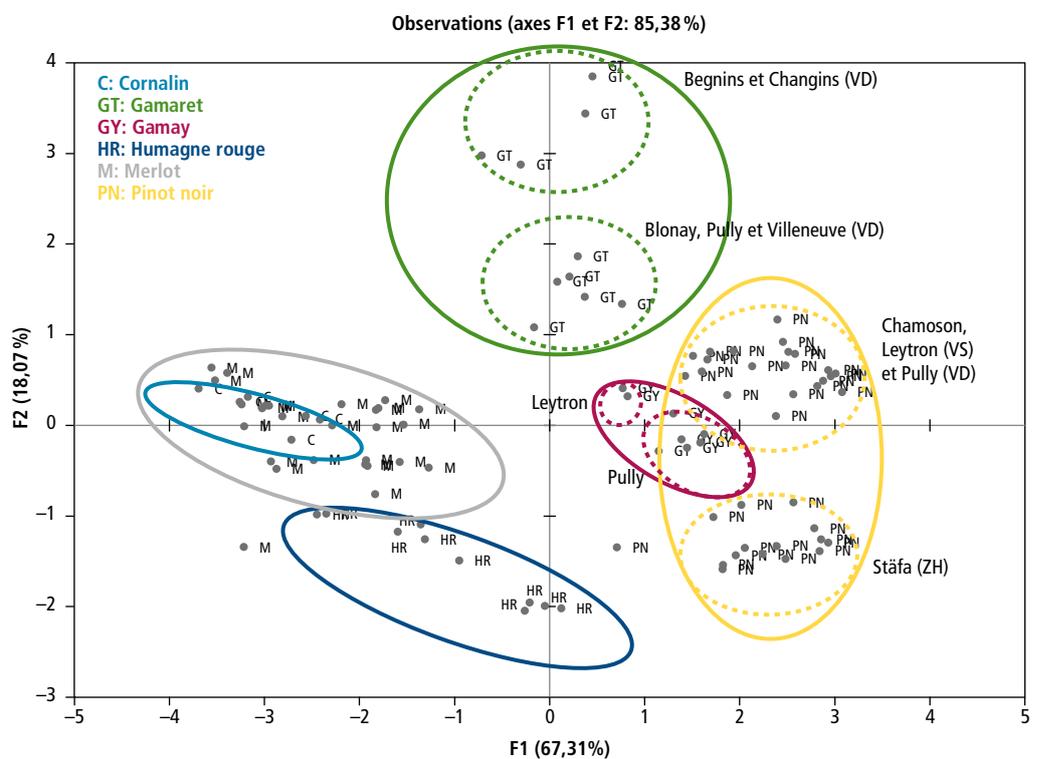


Figure 5 | Analyse factorielle discriminante (AFD) des résultats des profils d'anthocyanes libres des vins jeunes sans les échantillons de Galotta.

Pour accentuer la différenciation des cépages, une analyse discriminante a été réalisée sur ces mêmes vins (fig. 5). La distinction entre les Pinot noir, Gamay, Gamaret et Cornalin s'est améliorée tandis que les Humagne rouge ont toujours tendance à se confondre avec le groupe des Merlot. On peut donc conclure que le profil d'anthocyanes ne permet pas de différencier ces deux cépages en 2013, en admettant que cette classification pourrait s'avérer différente d'un millésime à l'autre, ce qui reste à vérifier.

Facteurs influençant le profil d'anthocyanes d'un vin

Les vinifications utilisées pour cette étude étaient relativement uniformes, ce qui a permis de différencier les cépages selon leurs profils. Cependant, les vins de Merlot issus de raisins passerillés (dont les grappes récoltées ou coupées ont été volontairement séchées pour concentrer les sucres avant la vinification) montrent un profil significativement différent de ceux issus de raisins non passerillés (tabl. 4). Ceci montre une première restriction de cette méthode de classification, mais une deuxième, très importante, est l'âge du vin. Des études préliminaires ont permis de voir qu'en un an, le profil d'un vin évolue significativement. Par exemple, dans des bouteilles de Pinot noir de 2012 apparaissent des anthocyanes acétylées qui sont absentes dans les vins jeunes. Or, celles-ci constituent

justement une des principales variables de discrimination de ce cépage. Dimitrovska *et al.* (2013) évoquent précisément ce changement de concentration et de composition des anthocyanes libres comme une source possible d'erreur dans leur étude de comparaison de vins balkaniques.

Conclusions

- La comparaison des profils des anthocyanes libres peut être un outil pour différencier des vins suisses jeunes (deux à six mois) selon le critère du cépage. Toutefois, certains cépages comme le Merlot et l'Humagne rouge ne peuvent pas être distingués par cette méthode.
- Cette technique ne fournit qu'une différenciation qualitative des cépages et ne permet, en aucun cas, d'obtenir des résultats quantitatifs pouvant être exploités dans des cas de mélange notamment.
- L'analyse montre un effet terroir avec les Pinot noir, Gamay et Gamaret, sans pour autant masquer les différences entre les cépages. L'effet du clone est aussi moins important que celui du terroir.
- La présence de vins plus âgés (> un an) ou des vinifications spéciales (passerillage) peuvent avoir une influence sur la classification des vins selon les profils d'anthocyanes libres. ■

Tableau 4 | Profils d'anthocyanes de vins de Merlot issus d'une vendange classique ou passerillée : moyenne des pourcentages (écart-type) des sept anthocyanes libres mesurées par HPLC-UV

	Delphinidine 3-O-glucoside	Cyanidine 3-O-glucoside	Pétunidine 3-O-glucoside	Péonidine 3-O-glucoside	Malvidine 3-O-glucoside	Anthocyanes acétylées	Anthocyanes coumarylées
Merlot classique	7,6 (1,2)	1,4 (0,4)	10,9 (1,4)	9,1 (1,4)	63,9 (3,4)	2,1 (0,3)	5,0 (0,4)
Merlot passerillé	12,3 (0,8)	1,8 (0,2)	11,9 (0,4)	11,8 (0,5)	57,9 (1,9)	1,4 (0,1)	2,9 (0,3)

Remerciements

Tous les collaborateurs des groupes de recherche viticulture et œnologie qui ont participé à la production des vins utilisés dans cette étude sont vivement remerciés pour leur collaboration.

Bibliographie

- Berente B., De la Calle García D., Reichenbacher M. & Danzer K., 2000. Method development for the determination of anthocyanins in red wines by high-performance liquid chromatography and classification of German red wines by means of multivariate statistical methods. *J. Chrom. A* **871** (1-2), 95–103.
- Bueno J. M., Sáez-Plaza P., Ramos-Escudero F., Jiménez A. M., Fett R. & Asuero A. G., 2012. Analysis and antioxidant capacity of anthocyanin pigments. Part II: Chemical structure, color, and intake of anthocyanins. *Crit. Rev. Anal. Chem.* **42** (2), 126–151.
- Burns J., Mullen W., Landrault N., Teissedre P.-L., Lean M. E. J. & Crozier A., 2002. Variations in the profile and content of anthocyanins in wines made from Cabernet Sauvignon and hybrid grapes. *J. Agric. Food Chem.* **50** (14), 4096–4102.
- Dimitrovska M., Tomovska E. & Bocevska M., 2013. Characterisation of Vranec, Cabernet Sauvignon and Merlot wines based on their chromatic and anthocyanin profiles. *J. Serb. Chem. Soc.* **78** (9), 1309–1322.
- Gómez-Ariza J. L., García-Barrera T. & Lorenzo F., 2006. Anthocyanins profile as fingerprint of wines using atmospheric pressure photoionization coupled to quadrupole time-of-flight mass spectrometry. *Anal. Chim. Acta* **570** (1), 101–108.
- He F., Liang N.-N., Mu L., Pan Q.-H., Wang J., Reeves M. J. & Duan C.-Q., 2012. Anthocyanins and their variation in red wines I. Monomeric anthocyanins and their color expression. *Molecules* **17** (2), 1571–1601. ▶

Summary

Free anthocyanins of wine, an analysis to differentiate Swiss grape varieties

The red wine color is due to anthocyanins, a class of molecules mainly found in grape skin. About ten different anthocyanins are present in grapes in their free forms, stabilized usually by a molecule of sugar. The total amount of those pigments may be determined with a spectrophotometer by measuring the absorption at 520 nm in grape extracts, for instance in order to know its phenolic maturity. Thanks to separation techniques like chromatography, those different free anthocyanins may also be characterized to establish the profile of a grape or a wine. In this study, wines made from the main red grape varieties cultivated in Switzerland (Pinot noir, Gamay, Gamaret, Merlot, Cornalin, Humagne rouge, Galotta) were analyzed and their anthocyanin profiles established. The results show the potential and the limits of the use of such profiles for the wine differentiation.

Key words: anthocyanin composition profiles, wine, grape variety, HPLC-UV, chemometrics.

Zusammenfassung

Freie Anthocyane im Wein, eine Analyse zur Unterscheidung von Schweizer Rebsorten

Die Farbe des Rotweins wird durch Anthocyane bestimmt, eine Gruppe von Molekülen, die sich hauptsächlich in der Traubenhaut befindet. Sie besteht aus ungefähr zehn verschiedenen Anthocyanen in freier Form, welche im allgemeinen mit einem Zuckermolekül stabilisiert sind. Die Gesamtmenge dieser Farbstoffe kann mit einem Fotospektrometer bestimmt werden, indem die Absorption eines Traubenextrakts bei 520 nm gemessen wird, um beispielsweise seine phenolische Reife zu ermitteln. Dank Trennmethoden wie der Chromatographie, können diese verschiedenen freien Anthocyane charakterisiert werden, um ein Profil der Trauben oder des Weins zu erstellen. In dieser Studie wurden Weine aus Schweizer Hauptsorten (Blauburgunder, Gamay, Gamaret, Merlot, Cornalin, Humagne rouge, Galotta) untersucht und ihr Anthocyanprofil erstellt. Die Resultate veranschaulichen das Potential und die Grenzen dieser Profile zur Unterscheidung der Weine.

Riassunto

Antociani liberi dei vini, un'analisi per differenziare i vitigni svizzeri

Il colore dei vini rossi proviene dagli antociani, una classe di molecole che si trova essenzialmente nell'epidermide degli acini. In questa vi si trovano una decina di diversi antociani in forma libera stabilizzati, in generale, da una molecola di zucchero. La quantità totale di questi coloranti può essere determinata con uno spettrofotometro misurando l'assorbimento a 520 nm nell'estratto dell'uva in modo da determinare, per esempio, la sua maturità fenolica. Grazie a delle tecniche di separazione come la cromatografia è anche possibile caratterizzare questi diversi antociani liberi per stabilire il profilo di un'uva o di un vino. In questo studio sono stati analizzati dei vini ottenuti dai principali vitigni rossi coltivati in Svizzera (Pinot noir, Gamay, Gamaret, Merlot, Cornalin, Humagne rouge, Galotta) definendone i loro profili antocianici. I risultati mostrano il potenziale e i limiti dell'uso di questi profili per la differenziazione dei vini.

- Organisation internationale du vin et de la vigne (OIV), 2007. Résolution OENO 22/2003 modifiée par OENO 12/2007, 1–12.
- Otteneder H., Marx R. & Zimmer M., 2004. Analysis of the anthocyanin composition of Cabernet Sauvignon and Portugieser wines provides an objective assessment of the grape varieties. *Aust. J. Grape Wine Res.* **10** (1), 3–7.
- Ribereau-Gayon J., Ribereau-Gayon P., Peynaud E. & Sudraud P., 1972. Dosage des anthocyanes dans les vins rouges. *Science et Technique du Vin*. Tome 1, 497–499.
- Ribereau-Gayon P., Glories Y., Maujean A. & Dubourdieu D., 2004. *Traité d'œnologie 2. Chimie du vin. Stabilisation et traitement*, Dunod, Paris, 184 p.
- Scotter M. J., 2011. Methods for the determination of European Union-permitted added natural colours in foods: a review. *Food Addit. Contam.* **28** (5), 527–596.
- Soares de Andrade R. H., Do Nascimento L. S., Pereira G. E., Hallwass F. & Paim A. P. S., 2013. Anthocyanin composition of Brazilian red wines and use of HPLC-UV-Vis associated to chemometrics to distinguish wines from different regions. *Microchem. J.* **110**, 256–262.

Pépinières viticoles

Pierre Richard
Route de l'Etraz 4
1185 Mont-sur-Rolle
Tél. 021 825 40 33
Fax 021 826 05 06
Natel 079 632 51 69
E-mail pepiniere.richard@hispeed

- Grand choix de cépages.
- Divers clones et portes-greffe.
- Production de plants en pots et traditionnels.
- Machine pilotée par GPS, pose la barbut et le tuteur.

Convient à **BIOLOGIQUE** l'agriculture

Plus de naturel ça coule de source!

MICROTHIOL SPÉCIAL®  **DISPERS**

SOUFRE EN MICROGRANULÉS HYPERDISPERSIBLES



DISPONIBLE DANS VOTRE **Landi**

Marque déposée de Cerexagri - Homologation n° W2675 - Teneur : 80% de soufre à l'état libre. Bien lire l'étiquette avant toute utilisation et bien respecter les précautions d'emploi.

 **cerexagri**
United Phosphorus Ltd

An-MSP2010/2012-13x-190 - Credit photo: Getty Images - Bruno Magnan

PRODUITS POUR LES PROFESSIONNELS : RESPECTER LES CONDITIONS D'EMPLOI

Sélection et production de clones, greffons et plants pour la viticulture

PÉPINIÈRES VITICOLES CLAUDE & JACQUES LAPALUD

PLANTATION À LA MACHINE

1163 ÉTOY

Atelier: tél. 021 808 76 91 - fax 021 808 78 40
Privé: tél. 021 807 42 11



Composés carbonylés: importance pour les taux de SO₂, analyse et présence dans les vins

Jordane HENRIET¹, Nick JACKOWETZ² et Ramón MIRA DE ORDUÑA HEIDINGER¹

¹CHANGINS | Haute école spécialisée de viticulture et œnologie, 1260 Nyon, Suisse

²Constellation Brands, Canandaigua, New York 14424, Etats-Unis

Renseignements: Ramón Mira de Orduña Heidinger, e-mail: ramon.mira@changins.ch, tél. +41 58 460 40 94, www.changins.ch



Le laboratoire de chimie du vin à Changins explore les composés carbonylés du vin, importants pour l'arôme et pour une utilisation raisonnée du SO₂. (Photo I. Huwig)

Introduction

Mis à part l'alcool, le dioxyde de soufre (SO₂) est le seul composé qui donne lieu à un avertissement sur les étiquettes de vin, même si la présence de protéines potentiellement allergènes dans le vin est signalée ou en voie de l'être dans certains pays. Le SO₂ possède plusieurs fonctions très utiles pour l'élaboration et la

conservation des vins ou d'autres nutriments. Il peut servir d'inhibiteur enzymatique pour prévenir le brunissement et l'oxydation des moûts, d'agent de contrôle microbologique dans les moûts et les vins et empêcher l'oxydation des vins finis. Il permet également de lier des composés volatils indésirables, tels que l'acétaldéhyde, réduisant ainsi leur impact sensoriel. Malheureusement, le SO₂ est aussi un agent irritant qui peut avoir

des effets négatifs sur la santé des consommateurs sensibles. L'US Food and Drug Administration estime qu'environ 1 % de la population américaine a une sensibilité accrue au bisulfite, en particulier des asthmatiques (Papazian 1996). D'autres études avancent que 5 % des asthmatiques pourraient s'exposer à des effets indésirables lors de l'ingestion de SO₂ (Snelten et Schaafsma 1992; Vally *et al.* 1999). Cependant, compte tenu de sa longue utilisation dans un certain nombre d'aliments, le nombre de publications disponibles liées aux effets secondaires des sulfites reste très limité. A cause de ces implications potentielles, de la perception des consommateurs vis-à-vis des sulfites et de l'orientation générale vers les vins avec peu d'intrants ou biologiques (Azabagaoglu *et al.* 2007; Magnusson *et al.* 2001; Smith 2002), les valeurs maximales de SO₂ ont été réduites dans quelques marchés. Le tableau 1 présente les limites légales dans quelques régions vitivinicoles du monde. Actuellement, l'Afrique du Sud a les limites les plus strictes pour les vins secs (< 5 g/l), suivie de la Suisse et de l'Europe, qui tolèrent une certaine flexibilité pour des appellations et types de vins particuliers, généralement riches en sucre.

La limitation des taux de SO₂ engendre déjà des défis dans quelques régions. L'Allemagne et l'Alsace, par exemple, à cause de mauvaises conditions météorologiques, ont demandé un réajustement des limites légales de SO₂ total pour le millésime 2006, qui fut accordé (CE 423/2008, Annexe XV, L 127/43) comme il l'avait déjà été pour le millésime 2000 allemand.

Les concentrations en SO₂ de plus de 15000 vins biologiques des millésimes 2005–2011 analysés dans le cadre de l'évaluation officielle des vins de qualité de Rhénanie-Palatinat en Allemagne montrent que 42 % des vins rouges secs (< 2 g/l SR) et 15 % des vins blancs secs (< 2 g/l SR) ne seraient plus conformes aux nouvelles limites maximales pour les vins biologiques (tabl. 1) entrées en vigueur depuis (J. Weiland, DLR Rheinpfalz Oppenheim, comm. pers.).

Ces exemples montrent que, en voulant atteindre le taux de SO₂ libre désiré, des taux de SO₂ totaux excessifs peuvent être générés dans certaines conditions. Pour une concentration de SO₂ libre souhaitée, le taux de SO₂ total va dépendre de la quantité de composés qui se combinent au SO₂. Grâce à leur groupe fonctionnel, les composés carbonyles se lient facilement avec le SO₂, et c'est leur présence qui déterminera donc de façon significative le taux de SO₂ total des vins.

Cet article présente une nouvelle méthode pour doser les principaux composés carbonyles ainsi qu'une analyse des concentrations retrouvées dans quelques centaines de vins étudiés. Des articles ultérieurs porte-

Résumé Les composés carbonyles comprennent les aldéhydes et cétones du vin, dont certains peuvent se lier fortement avec le SO₂. Le SO₂ est essentiel pour la stabilisation chimique et microbiologique des vins, mais sa combinaison exige des ajouts supplémentaires qui mènent à des taux de SO₂ total du vin plus hauts. Pour pouvoir diminuer les concentrations en SO₂, il est donc nécessaire de connaître et de contrôler les composés carbonyles. Cet article présente une méthode chromatographique améliorée pour analyser simultanément les composés carbonyles les plus importants du vin, qui évite l'oxydation des échantillons et permet une analyse rapide et précise. Des différences significatives ont été trouvées entre les profils de composés carbonyles de vins rouges et blancs. En moyenne, les blancs contiennent davantage d'acétaldéhyde, de glucose et d'acide pyruvique et les rouges plus d'acides galacturonique et α-cétoglutarique. L'acétaldéhyde est le principal carbonyle par les concentrations retrouvées et par sa capacité de se combiner fortement avec le SO₂. On estime qu'environ 70 % du SO₂ combiné dans les vins blancs et 55 % dans les vins rouges est lié à cette aldéhyde. L'analyse de plus de 400 vins de différentes régions du monde donne des valeurs moyennes d'acétaldéhyde très similaires: 20 mg/l pour les rouges et 40 mg/l pour les blancs peuvent être considérés comme des seuils de référence.

ront sur l'importance de la maîtrise de la fermentation alcoolique et de la fermentation malolactique pour la réduction des composés carbonyles, et donc des besoins en SO₂.

Matériel et méthodes

Les composés carbonyles ont été analysés par hydrolyse des hydroxysulfonates en milieu basique suivie d'une dérivatisation à la dinitrophénylhydrazine (DNPH) en milieu acide et d'une chromatographie en phase liquide (Jackowetz et Mira de Orduña 2013a). L'oxydation des échantillons pendant l'hydrolyse a été évitée par ajout d'EDTA. La séparation et la quantification des dérivés ainsi préparés ont été assurées par un système

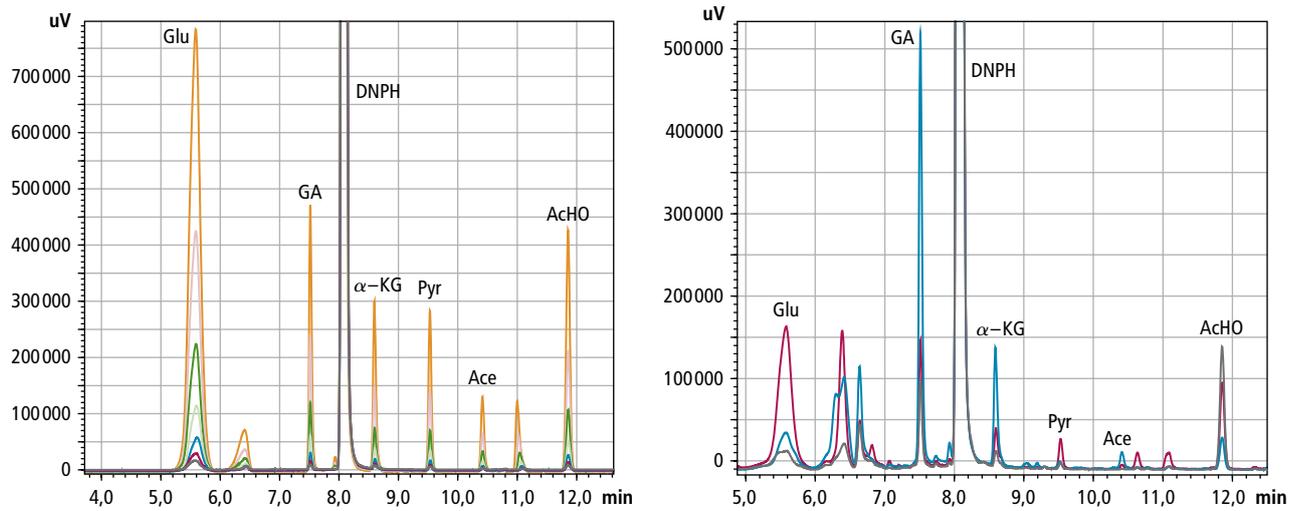


Figure 1 | Chromatogrammes obtenus après séparation sur colonne C18 (100 x 4,6 mm, Phenomenex Kinetex solid core) et détection en UV de composés carbonylés combinés. Analyse de standard (gauche) et vins (droite). Elution dans l'ordre suivant: Glu, glucose; GA, ac. galacturonique; DNP, agent dérivatisateur non réagi; α-KG, acide α-cétoglutarique; Pyr, acide pyruvique; Ace, acétoïne; AcHO, acétaldéhyde. Les couleurs différentes représentent des standards de concentration différents.

Tableau 1 | Limites légales du SO₂ total dans les principaux marchés vitivinicoles (mg/l).

Marché	Type de vin, SR	Limite	Référence légale/Description
Etats-Unis	Tous	350	27 CFR 4.22(b)(1)
Australie	< 35 g/l sucres	250	ANZFSC 4.5.1: Clause 5(5)(a)
	> 35 g/l sucres	300	
Nouvelle-Zélande	< 35 g/l sucres	250 ¹	
	> 35 g/l sucres	400 ¹	
Europe	Vins conventionnels		EC N° 606/2009, Annexe I B Par exemple: Spätlese, Bordeaux Sup., Côtes de Bordeaux, C. de Bergerac, Navarra, Penedès, plusieurs VdP français, et quelques vins doux hongrois et grecs Par exemple: Auslese, vins doux de Roumanie, Rép. tchèque, Slovaquie et Slovénie Par exemple: Beerenauslese, TBA, vins de glace, vins doux français tels que Sauternes, Barsac, etc., quelques vins grecs avec > 45 g/l sucres UE N° 203/2012 Annexe VIII bis L71/46
	Blanc/rosé < 5 g/l	200	
	Rouge < 5 g/l sucres	150	
	Blanc/rosé > 5 g/l	250	
	Rouge > 5 g/l sucres	200	
	Vins spécifiques	300	
	Vins spécifiques	350	
	Vins spécifiques	400	
	Vins biologiques		
	Blanc/rosé < 2 g/l	150	
Rouge < 2 g/l sucres	100		
Blanc/rosé < 5 g/l	170		
Rouge < 5 g/l sucres	120		
Blanc/rosé > 5 g/l	220		
Rouge > 5 g/l sucres	170		
CH	Blanc/rosé < 5 g/l	200	Ordonnance du DFI sur les boissons alcooliques 817.022.110 Ch. 2, Art. 7, Annexe 2 Appendice 9
	Rouge < 5 g/l sucres	150	
	Blanc/rosé > 5 g/l	250	
	Rouge > 5 g/l sucres	200	
	Doux naturels	400	
Canada	Tous	420 ²	Canadian Food & Drug Reg. B.02.100
Inde	Tous	450	Prevention of Food Adulteration Act & Rules, Appendix C, Table 3
Japon	Tous (> 1% abv)	350 ¹	Japan's Specifications and Standards for Food Additives
Afrique du Sud	Blanc < 5 g/l sucres	160	Liquor Products Act 60 of 1989 Regulations Regulation 32 (Table 8)
	Rouge < 5 g/l sucres	150	
	Tous > 5 g/l sucres	200	
	Vins spécifiques	300	
			Par exemple: vendanges tardives

¹En mg/kg. ²Le Canada impose un maximum de 70 mg/l de SO₂ libre ou 350 mg/l de SO₂ combiné.

Source: Base de données FIVS-Abridge (www.fivs-abridge.com).

de chromatographie liquide à ultra-haute performance utilisant un gradient d'eau acidifié à pH 2,5 avec de l'acide perchlorique et de l'acétonitrile. 5,0 µl d'échantillon ont été séparés en phase stationnaire C18 (Phenomenex Kinetex 100x3,0mm avec des particules de 2,6 µm) maintenue à 37 °C avec un flux de 0,75 ml/min. Les analytes ont été quantifiés à 365 nm avec des standards externes par une analyse de régression linéaire. Le résultat de la séparation est indiqué dans la figure 1.

Résultats et discussion

Les composés portant une fonction carbonylée (principalement les aldéhydes et cétones du vin) peuvent se combiner au SO₂ pour former des hydroxysulfonates. Les plus importants dans les vins sont le glucose, l'acétoïne, les acides galacturonique, α-cétoglutarique et pyruvique ainsi que l'acétaldéhyde. Leur capacité de lier le SO₂ est déterminée par les constantes de dissociation des sulfonates pertinents présentées dans le tableau 2.

Plusieurs méthodes ont été publiées pour leur dosage (de Azevedo *et al.* 2009; Elias *et al.* 2008; Lea *et al.* 2000). Leur analyse individuelle, par exemple par voie enzymatique, serait longue et fastidieuse. Pour cela, une méthode capable de doser simultanément les composés carbonylés principaux est préférable. Récemment,

nous avons amélioré la méthode par dérivation avec DNPH (Elias *et al.* 2008), ce qui permet d'analyser simultanément les principaux composés carbonylés et de réduire les faux positifs en évitant l'oxydation des échantillons. L'analyse est rapide (fig. 1) avec une très bonne précision (tabl. 3). Une évaluation approfondie de la méthode a été publiée dans Food Chemistry (Jackowitz et Mira de Orduña 2013a).

Le tableau 4 présente les concentrations moyennes de composés carbonylés dans des vins achetés dans l'Etat de New-York en fonction de la couleur du vin

Tableau 2 | Liste de composés qui se lient avec le SO₂ et constantes de dissociation (Kd) des adduits avec SO₂.

Composé	Constante de dissociation	Source
Glucose	6,4–9,0 x 10 ⁻¹	3, 4
Acétoïne	8,0 x 10 ⁻²	1
Acide galacturonique	1,6–2,0 x 10 ⁻²	2, 3, 4
Acide α-cétoglutarique	4,9–6,6 x 10 ⁻⁴	2, 3, 4
Pyruvate	1,4–2,0 x 10 ⁻⁴	2, 3, 4
Acétaldéhyde	1,5–2,4 x 10 ⁻⁵	2, 3, 4

Sources: (1) Blouin. Annales de technologie agricole: 1966, 15, 223. (2) Burroughs et Sparks. Journal of the Science of Food and Agriculture: 1973, 24, 187; (3) Ribéreau-Gayon *et al.* Traité d'œnologie I. 1998, Vol. 1. (4) Würdig et Woller. Wine Chemistry-Handbook of Food Technology. 1998. Stuttgart.

Tableau 3 | Paramètres chromatographiques d'analyses de vins (5 rouges et 5 blancs) dopés avec des composés carbonylés. Moyennes ± erreur type.

Composé	Temps de rétention (min)	Plage de calibration (mg/l)	Dopage (mg/l)	Taux de récupération moyen	Plage de récupération	Résolution (Rs)	Limite de détection dans le vin blanc (mg/l)	Limite de détection dans le vin rouge (mg/l)	% CV
Glucose	5,587	200–25,000	6250	102,4 ± 0,7%	102–103%	1,530 ± 0,173	3,2 ± 1,3	87,1 ± 29,9	1,5 ± 0,3
Acétoïne	10,415	2–50	50	96,5 ± 2,5%	94–99%	5,074 ± 0,900	0,1 ± 0,1	0,1 ± 0,1	0,6 ± 0,2
Ac. galacturonique	7,516	30–2,000	500	104,4 ± 3,5%	98–108%	1,717 ± 0,400	9,3 ± 3,8	14,7 ± 9,8	0,5 ± 0,2
Ac. α-cétoglutarique	8,595	3–100	100	98,1 ± 5,8%	91–102%	2,162 ± 0,317	0,4 ± 0,1	4,0 ± 0,9	0,9 ± 0,2
Pyruvate	9,530	3–100	100	93,3 ± 1,6%	88–99%	2,453 ± 0,129	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,1	0,4 ± 0,1
Acétaldéhyde	11,858	3–100	68	93,2 ± 4,1%	88–99%	2,476 ± 0,382	0,5 ± 0,2	0,1 ± 0,1	0,3 ± 0,1

Tableau 4 | Valeurs moyennes (± erreur type) de composés carbonylés dans des vins commerciaux

Composé carbonylé	Vins rouges (mg/l)		Vins blancs (mg/l)		Valeur-p
	Moyenne	Fourchette	Moyenne	Fourchette	
Glucose	1400 ± 770	nd–69110	4750 ± 648	nd–38362	0,0033
Acétoïne	11 ± 1	1–57	10 ± 1	1–50	0,7897
Acide galacturonique	810 ± 51	7–2274	267 ± 13	19–768	< 0,0001
Acide α-cétoglutarique	74 ± 4	7–208	31 ± 3	6–202	< 0,0001
Acide pyruvique	14 ± 2	nd–113	25 ± 2	5–92	< 0,0001
Acétaldéhyde	25 ± 3	nd–211	40 ± 3	7–240	0,0002

N = 110 vins rouges et 127 vins blancs; nd = non déterminé.

(Jackowetz et Mira de Orduña 2013b). Sauf pour l'acétoïne, des différences statistiquement significatives ont été trouvées pour les moyennes de tous les carbonyles dans les vins blancs et rouges. Les vins blancs présentaient 240 % de plus de glucose, 79 % de plus d'acide pyruvique et 60 % de plus d'acétaldéhyde par rapport aux rouges. Inversement, les rouges contenaient 203 % de plus d'acide galacturonique et 139 % de plus d'acide α -cétoglutarique. La figure 2 illustre la distribution des concentrations mesurées dans tous les vins. Dans les vins rouges, les concentrations d'acides galacturonique et α -cétoglutarique étaient distribuées plus largement, tandis que les vins blancs présentaient un regroupement serré. La plage de concentrations était cependant plus large pour le glucose, l'acide pyruvique et l'acétaldéhyde dans les vins blancs.

Les hautes concentrations en acide galacturonique dans les vins rouges sont dues à la macération pelliculaire qui amène à l'extraction de ce composé du raisin. Les concentrations présentées dans ce travail se conforment largement à celles de la littérature. Les grandes variations des concentrations en acide galacturonique observées sont liées au cépage, au degré de maturité, à l'efficacité et à la durée de l'extraction et à l'applica-

tion d'enzymes pectolytiques. Les plages de concentrations en acide α -cétoglutarique coïncident aussi avec les indications de la littérature (Ribéreau-Gayon *et al.* 1998). Les hautes concentrations (deux fois plus que dans les vins blancs) sont aussi liées à l'extraction pelliculaire (Watanabe *et al.* 1979).

Par rapport à l'acétaldéhyde, les larges variations observées ici (fig. 2) sont aussi rapportées dans d'autres travaux (Sponholz 1982). Les bactéries lactiques sont capables de dégrader des composés carbonylés pendant la fermentation malolactique (Flamini *et al.* 2002; Osborne *et al.* 2000). Dans notre étude, les concentrations les plus hautes en acide pyruvique et acétaldéhyde ont été mesurées dans des vins contenant moins de 1 g/l d'acide lactique, dont la plupart étaient des blancs.

Dans cette étude, les teneurs moyennes en acide pyruvique atteignaient moins de 50 % de celles mentionnées par Rankine (1968). L'ajout de nutriments, et notamment de thiamine, réduit la production d'acide pyruvique des levures (Ribéreau-Gayon *et al.* 1998). Donc, les valeurs plus basses rapportées ici témoignent probablement de l'application plus généralisée de compléments nutritionnels en œnologie aujourd'hui.

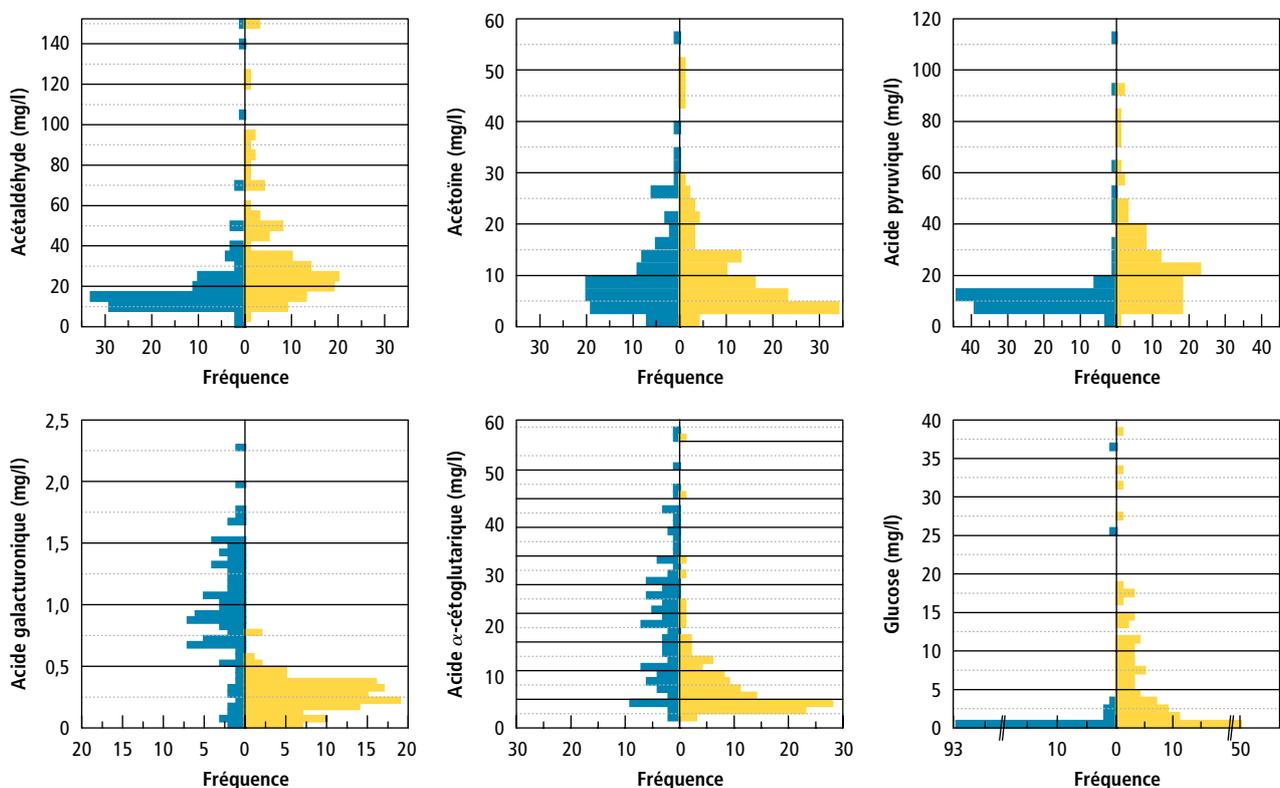


Figure 2 | Graphiques de fréquence de plusieurs composés carbonylés en fonction de la concentration du composé et de la couleur du vin. Gauche: vins rouges ■; droite: vins blancs ■.

Les valeurs moyennes des composés carbonylés déterminées dans cette étude ont été utilisées pour estimer la contribution relative des différents sulfonates au taux de SO₂ combiné. Pour ce calcul, nous avons utilisé les constantes de dissociation publiées (tabl. 2) et fixé un taux de SO₂ libre de 30 mg/l. Les résultats de cette estimation donnés dans le tableau 5 montrent que la contribution relative de l'acétaldéhyde au taux de SO₂ combiné dans les vins blancs est presque de 75 %. Les acides pyruvique et α -cétoglutarique y contribuent dans une moindre mesure. Dans les vins rouges, l'acétaldéhyde est aussi combiné à la majorité du SO₂, mais les autres composés carbonylés jouent un rôle plus important que pour les blancs (tabl. 5).

Vu l'importance de ce composant, il est possible d'estimer le potentiel d'un vin à lier le SO₂ en dosant l'acétaldéhyde. Récemment, une analyse de 213 vins européens a fourni une moyenne de 34 mg/l d'acétaldéhyde avec une plage de concentrations de 0–210 mg/l (Lachenmeier et Sohnius 2008). En regroupant nos données des vins rouges et blancs, une moyenne de 33,3 mg/l est obtenue (plage 0–240 mg/l). Cependant, il est utile de séparer les valeurs des vins rouges et blancs et la moyenne obtenue est alors respectivement de

25 et 40 mg/l pour les rouges et les blancs analysés dans l'Etat de New York (tabl. 4). Une étude de 92 vins canadiens réalisée en 2006 par notre laboratoire avait donné des moyennes de 19,9 et 40,1 pour les vins rouges et blancs. Finalement, une étude avec 92 vins internationaux a pu une fois encore confirmer ces moyennes (21 et 40 mg/l; fig. 3). En se basant sur ces plus de 400 analyses, des concentrations d'environ 20 et 40 mg/l peuvent être considérées comme des valeurs de référence pour les taux d'acétaldéhyde dans les vins rouges et blancs en ce moment. Ces concentrations équivalent à une moyenne d'environ 30 et 60 mg/l de SO₂ combiné dû à ce seul composé carbonylé.

De façon individuelle, l'acétaldéhyde peut facilement être analysé sans application d'un chromatographe liquide, par exemple par une analyse enzymatique à la portée de laboratoires ayant accès à un spectrophotomètre. Cette analyse est d'ores et déjà offerte par le service analytique de CHANGINS pour assister le contrôle de l'acétaldéhyde et donc du SO₂ combiné. Des projets commenceront en 2014 pour caractériser les composés carbonylés dans les vins suisses.

Tableau 5 | Estimation de la contribution relative (moyenne \pm erreur type) des différents composés carbonylés au SO₂ combiné dans des vins rouges et blancs. Données basées sur les concentrations moyennes des composés carbonylés quantifiées dans 237 vins rouges et blancs, les constantes de dissociation des sulfonates pertinents et sur un taux estimé de SO₂ libre de 30 mg/l

Carbonyle	Part de SO ₂ liée à certains composés carbonylés (%)	
	Rouge	Blanc
Acétaldéhyde	55,4 \pm 4,3	71,5 \pm 4,3
Acide pyruvique	11,6 \pm 1,6	16,7 \pm 1,6
Acide α -cétoglutarique	22,6 \pm 1,2	7,6 \pm 0,9
Acide galacturonique	10,4 \pm 0,6	2,7 \pm 0,2
Glucose	–	1,5 \pm 0,3

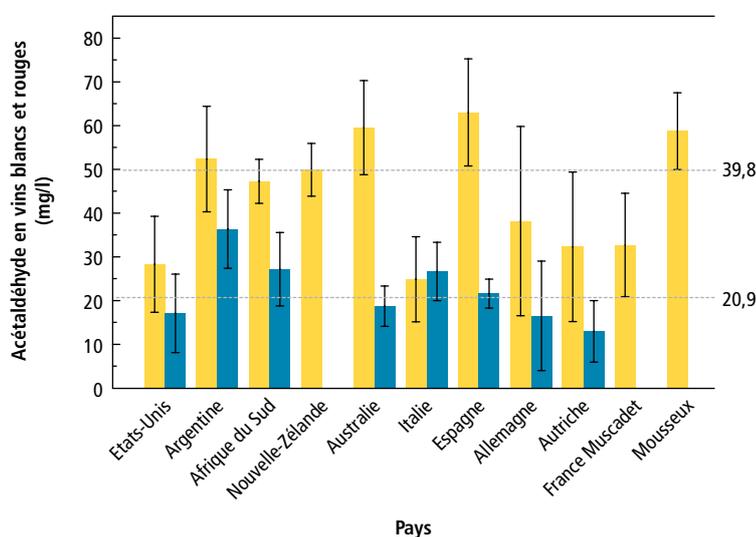


Figure 3 | Concentrations moyennes d'acétaldéhyde dans des vins blancs et rouges en fonction du pays ou du type de vin. N = 92.

Conclusions

- Le SO₂ joue plusieurs rôles importants dans la production et la conservation du vin et reste essentiel dans l'œnologie.
- La diminution des taux de SO₂ totaux passe par la connaissance et le contrôle des composés carbonylés capables de se combiner avec le SO₂ et qui augmentent ainsi les quantités à ajouter.
- L'hydrolyse en milieu basique en présence d'EDTA suivie d'une dérivatisation au DNPH et l'analyse par UHPLC permettent de doser simultanément des composés carbonylés importants, dont l'acétaldéhyde et les acides pyruvique, galacturonique et α-cétoglutarique.
- Sauf pour l'acétoïne, les concentrations moyennes de différents composés carbonylés diffèrent significativement entre les vins rouges et les blancs. L'acétaldéhyde et les acides α-cétoglutarique, pyruvique et galacturonique sont les plus importants dans les vins rouges. Dans les vins blancs, l'acétaldéhyde et l'acide pyruvique constituent la quasi-totalité des composés responsables de la combinaison avec le SO₂.
- Vu son rôle dans les vins rouges et blancs, le dosage de l'acétaldéhyde permet d'estimer le besoin en SO₂. Dans l'état actuel des analyses, des taux d'acétaldéhyde de 20 mg/l pour les rouges et de 40 mg/l pour les blancs constituent des valeurs de référence. ■

Bibliographie

- Azabagaoglu M. O., Akyol A. & Ozay A., 2007. The demand for organic wines and organic wine marketing. *J. Environ. Protect. Ecol.* **8** (1), 171–178.
- de Azevedo L. C., Reis M. M., Pereira G. E., da Rocha G. O., Silva L. A. & de Andrade J. B., 2009. A liquid chromatographic method optimization for the assessment of low and high molar mass carbonyl compounds in wines. *J. Sep. Sci.* **32** (20), 3432–3440.
- Elias R. J., Laurie V. F., Ebeler S. E., Wong J. W. & Waterhouse A. L., 2008. Analysis of selected carbonyl oxidation products in wine by liquid chromatography with diode array detection. *Anal. Chim. Acta* **626** (1), 104–110.
- Flamini R., de Luca G. & di Stefano R., 2002. Changes in carbonyl compounds in Chardonnay and Cabernet Sauvignon wines as a consequence of malolactic fermentation. *Vitis* **41** (2), 107–112.
- Jackowetz J. N. & Mira de Orduña R., 2013a. Improved sample preparation and rapid UHPLC analysis of SO₂ binding carbonyls in wine by derivatization to 2,4-dinitrophenylhydrazine. *Food Chem.* **139**, 100–104.
- Jackowetz J. N. & Mira de Orduña R., 2013b. Survey of SO₂ binding carbonyls in 237 red and white table wines. *Food Control* **32** (2), 687–692.
- Lachenmeier D. W. & Sohnius E. M., 2008. The role of acetaldehyde outside ethanol metabolism in the carcinogenicity of alcoholic beverages: Evidence from a large chemical survey. *Food Chem. Toxicol.* **46** (8), 2903–2911.
- Lea A. G. H., Ford G. D. & Fowler S., 2000. Analytical techniques for the estimation of sulphite binding components in ciders and wines. *Int. J. Food Sci. Technol.* **35** (1), 105–112.
- Magnusson M., Arvola A., Hursti U., Aberg L. & Sjoden P., 2001. Attitudes towards organic foods among Swedish consumers. *Brit Food J.* **103** (3), 209–226.
- Osborne J. P., Mira de Orduña R., Liu S.-Q. & Pilone G. J., 2000. Acetaldehyde metabolism by wine lactic acid bacteria. *FEMS Microbiol. Lett.* **191** (1), 51–55.
- Papazian R., 1996. Sulfités: safe for most, dangerous for some. *FDA Consumer Magazine* **30** (10), 10–15.
- Rankine B. C., 1968. Formation of alpha-ketoglutaric acid by wine yeasts and its oenological significance. *J. Sci. Food Agric.* **19** (11), 624–627.
- Ribéreau-Gayon P., Dubourdieu D., Donèche B. & Lonvaud-Funel A., 1998. *Traité d'œnologie I.* Dunod, Paris.
- Smith F., 2002. Organic wine heads for the big time. *Aust. N.-Z. Grapegrower Winemaker* (464), 17–18.
- Snelten H. J. & Schaafsma G., 1992. Health aspects of oral sulphite, and sulphite in wine. *Voeding* **53** (4), 88–90.
- Sponholz W. R., 1982. Analysis and occurrence of aldehydes in wines. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* **174** (6), 458–462.
- Vally H., Carr A., El Saleh J. & Thompson P., 1999. Wine-induced asthma: A placebo-controlled assessment of its pathogenesis. *J. Allergy Clin. Immunol.* **103** (1), 41–46.
- Watanabe M., Otoguro C. & Ogino S., 1979. Winemaking conditions affecting the formation of acetaldehyde, pyruvate and alpha-ketoglutarate. II. Red winemaking. *J. Soc. Brew. Japan* **74** (11), 74.

Summary**Carbonyl compounds: their relevance for SO₂ concentrations, analysis and occurrence in wines**

Carbonyl compounds include aldehydes and ketones some of which are able to strongly bind to SO₂. Being essential for the chemical and microbiological stabilization of wines, the binding of SO₂ requires increased additions and, hence, causes higher total SO₂ concentrations in wine. The reduction of SO₂ concentrations thus requires the knowledge and control of carbonyl compounds. This article presents an improved chromatographic method for the simultaneous analysis of wine relevant carbonyl compounds. This method prevents sample oxidation and allows for a fast and precise analysis. Significant differences were found between carbonyl profiles of red and white wines. By average, more acetaldehyde, glucose and pyruvic acid is found in whites, and more galacturonic and α-ketoglutaric in reds. Because of its concentrations and ability to strongly bind to SO₂, acetaldehyde is the most important carbonyl. It is estimated that approximately 70 % of the combined SO₂ in white wines and 55 % in red wines is caused by this aldehyde. The analysis of over 400 wines from various world regions revealed very similar average acetaldehyde levels: 20 mg/l in reds and 40 mg/l in whites can be considered benchmark levels.

Key words: wine, carbonyls, SO₂, sulfites, acetaldehyde, analysis, HPLC.

Zusammenfassung**Karbonylverbindungen: Relevanz für SO₂-Werte, Analyse und Vorkommen im Wein**

Karbonylverbindungen umfassen Weinaldehyde und -ketone, die SO₂ sehr stark binden können. Da SO₂ essentiell für die chemische und mikrobiologische Stabilität von Weinen ist, erfordert die Abbindung von SO₂ grössere Zusätze und verursacht höhere Gesamtsulfitkonzentrationen im Wein. Die eventuelle Verringerung der SO₂-Konzentrationen setzt daher die Kenntnis und Kontrolle von Karbonylverbindungen voraus. In diesem Artikel ist eine verbesserte chromatographische Methode zur simultanen Analyse von Karbonylverbindungen vorgestellt. Diese Methode verhindert die Oxidation von Proben und ermöglicht eine schnelle und präzise Analyse. Signifikante Unterschiede des Karbonylprofils wurden zwischen Rot- und Weissweinen festgestellt. Im Mittel wurden in Weissweinen mehr Acetaldehyd, Glukose und Brenztraubensäure gefunden, während mehr Galakturon- und α-Ketoglutarinsäure in Rotweinen vorhanden war. Acetaldehyd war aufgrund der vorgefundenen Konzentrationen und der Bindungsstärke das wichtigste Karbonyl. Es wurde geschätzt, dass 70 % des gebundenen Schwefels in Weissweinen und 55 % in Rotweinen durch dieses Aldehyd verursacht wird. Die Analyse von über 400 Weinen verschiedener Anbauggebiete hat sehr ähnliche Mittelwerte für Acetaldehyd offenbart: 20 mg/l für Rot- und 40 mg/l für Weissweine, die als Referenzwerte betrachtet werden können.

Riassunto**Composti carbonilici: l'importanza per i tassi in SO₂, analisi e presenza nei vini**

I composti carbonilici comprendono aldeidi e chetoni del vino tra cui certi possono legarsi saldamente con la SO₂. Questa legazione, essenziale per la stabilizzazione chimica e microbiologica dei vini, necessita degli apporti supplementari di SO₂, all'origine di tassi accresciuti nei vini. Per poter diminuire le concentrazioni in SO₂ è dunque necessario conoscere e controllare i composti carbonilici. Questo articolo presenta un metodo cromatografico migliorato per analizzare contemporaneamente i composti carbonilici più importanti del vino, evitando l'ossidazione dei campioni e permettendo un'analisi rapida e precisa. Tra i profili dei composti carbonilici di vini rossi e bianchi si sono riscontrate differenze significative. Mediamente i bianchi contengono più acetaldeide, acido piruvico e glucosio, mentre i rossi più acido galatturonico e α-chetoglutarico. Per le concentrazioni ritrovate e per la sua capacità di abbinarsi fortemente con la SO₂, l'acetaldeide è il composto carbonilico principale. Si stima che circa il 70 % di SO₂ contenuto nei vini bianchi, rispettivamente il 55 % nei vini rossi siano legati da questo aldeide. L'analisi di oltre 400 vini provenienti da diverse regioni del mondo fornisce dei valori medi d'acetaldeide molto simili: 20 mg/l per i rossi e 40 mg/l per i bianchi possono essere considerati come soglie di riferimento.


VALAIS SA

LISTE D'OCCASIONS JUILLET 2014

Prix h.t.

Filtre à plaques 40/40 combi, vins/bourbes, chassis inox	6500.-
Filtre à terre Cadalpe 3 m ² , à bougies, tout inox	3500.-
Filtre tangentiel Cadalpe 20 m ² , 2011, semi-automatique, machine de location	19500.-
Filtre à plaques 40/40 chassis inox, plaques en noryl (40)	3350.-
Filtre rotatif sous vide Cadalpe 4 m ² , révisé	9350.-
Filtre Friedrich 40, 25 plaques, plaque de dérivation, vannes inox 1"	1500.-
Filtre tangentiel Filtrix 20 m ² , 2 membranes neuves, révisés	22500.-
Filtre (policier) Carter inox pour 3 carters, raccords Friedrich 40	2800.-
Flotation KIESEL B 80, 50/80 hl/h, neuf, modèle d'exposition, 2013 (2)	4545.-
Tapis vendange BUCHER, 2011, longueur 6 mètres, étanche, sur 4 roues	9000.-
Centrifugeuse Westphalia SC 35, très bon état	prix à discuter
Egrappoir, fouloir, Amos 10-15 t/h, tout inox, très bon état	7500.-
Egrappoir Toscana Eno, état neuf	3500.-
Egrappoir Zambelli Travasdama inox (3)	1500.-
Tireuse/boucheuse semi-automatique, Clemens, 14 becs, chassis inox	5000.-
Tireuse/boucheuse GAI 12 becs, tout inox, révisé (disponible novembre 2014)	14500.-
Tireuse GAI 8 becs, tribloc, tireuse, boucheuse, visseuse, niveleur, révisé	18500.-
Visseuse semi-automatique Marchisio (Prix neuf 5800.-)	2500.-
Tireuse Bag in box, tout inox, 2013 (machine de location)	8500.-
Osomoseur BUCHER Indagro, 300 litres/heure	12800.-
Pompe Liverani 1-70 hl/h, commande à distance, variateur de vitesses	1500.-
Pompe mono Netsch 2 vitesses, 50/100 hl/h	2500.-
Pompe Liverani 2 vitesses, 50/100 hl/h	1500.-
Pompe Mono Unitech, 5-70 hl/h, variateur mécanique, raccords F 40 (2011)	3200.-
Pompe Mono Unitech, 20/100 hl/h, variateur mécanique (2011)	4550.-
Pompe à piston Unitech, 2 vitesses, 140/240 hl/h, corps inox	8800.-
Etiqueteuse ENOS Miriam, autocollante, étiquette et contre-étiquette, thermo, 2004	4500.-
Etiqueteuse ENOS PIU, autocollante, 2 postes	7850.-
Etiqueteuse ENOS PIU, autocollante, 1 poste, lisseuse, repérage par encoche, (01.09.2014)	5700.-
Pressoir BUCHER 5 hl, neuf, modèle d'exposition 2014	15000.-
Pressoir DELLA TOFFOLA 17 hl	11500.-
Pressoir BUCHER 15 hl, 2003, cage ouverte	17500.-
Pressoir Siprem 20 hl, sous vide, lavage automatique, tout inox, réhausseuses inox (62000)	39000.-
Cuve inox de fermentation, 5000 litres, toutes options	7500.-
Cuve inox fermentation 3000 litres, sur pieds, porte rectang., diverses options (diam. 1350 mm)	4850.-
Cuve inox fermentation 3000 litres, sur pieds, fond con., porte ronde diam. 300	3900.-
Cuve inox de stockage 4000 litres (5 pces), sur pieds (diam. 1600 mm)	2400.-
Cuve inox stockage 5000 litres (diam. 1600)	3600.-
Cuve inox stockage 10 000 litres (diam. 1800)	5000.-
Cuve inox chapeau flottant 5000 litres, double manteau, diverses options	7250.-
Cuve inox chapeau flottant 1500 litres (2), sur pieds, cuvage, porte rect.	2000.-
Cuve inox rectangulaire 1000 litres, sur pieds, porte rect., fond plat incliné, dégustateur	
2 vannes Friedrich 40 (5 pces) largeur 90 cm, prof. 80 cm, hauteur totale 190 cm	1500.-
1 cuve idem 550 litres, vannes 1"	1100.-
Cuves inox rectangulaire 1500 litres idem, sans pieds (2), largeur 80 cm	1850.-
Cuve inox rectangulaire 1450 litres, idem	1100.-
Cuve inox rectangulaire 1300 litres, idem	2400.-
Cuves inox rectangulaires, 1200 litres, idem (2)	2320.-
Cuves inox rectangulaires, 1000 litres, idem	2080.-
Cuve inox rectangulaire, 850 litres	1920.-
Cuve en acier revêtu, 8500 litres, rect., vinification, bon état (12)	1700.-
Cuve inox chapeau flottant, fond plat, vannes 1", 600 litres (2)	1700.-
Cuve inox chapeau flottant, fond plat, vannes 1", 400 litres	600.-
Cuve inox chapeau flottant, fond plat, vannes 1", 300 litres (6)	400.-
Prix par pièce	350.-

Tous nos prix sont hors taxes, départ Salgesch.

Gemmistrasse 147
3970 Salquenen/Salgesch
Tél. 027 456 33 05
Fax 027 456 33 07
e-mail:
avidorvs@bluewin.ch
www.avidorvalais.ch

Nouveau!



AUTEURS
ÉDITEUR
PRIX

Olivier Viret et Katia Gindro, Agroscope
AMTRA, 255 pages, 360 illustrations
CHF 65.– (+ frais de port). Dès 10 ex. CHF 59.–. Ecoles CHF 55.–

Toutes les maladies de la vigne sont illustrées de nombreuses photographies originales:

- de l'apparition des symptômes aux dégâts économiques
- cycles épidémiologiques et description des organismes responsables
- prévision des infections, lutte préventive, mécanismes de défense de la vigne
- glossaire, index thématique

COMMANDE AMTRA, M^{me} Antoinette Dumartheray, route de Duillier 50, 1260 Nyon 1
Tél. 079 659 48 31 / antoinette.dumartheray@agroscope.admin.ch / www.revuevitiarbohorti.ch

Prédiction de la charge des pommiers

Simon SCHWEIZER¹, Lena NEUMANN³, Peter BRAUN³, Sonja KUTTIG², Daniel BAUMGARTNER² et Albert WIDMER¹
 Agroscope, ¹Institut des sciences en production végétale IPV et ²Institut des sciences en denrées alimentaires IDA, 8820 Wädenswil, Suisse

³Hochschule Geisenheim, Institut für Obstbau, 65366 Geisenheim, Allemagne

Renseignements: Simon Schweizer, e-mail: simon.schweizer@agroscope.admin.ch, tél. +41 58 460 61 91, www.agroscope.ch



Figure 1 | Première mesure du diamètre du fruit de la variété Nicoter, le 14 mai 2013.

Introduction

L'éclaircissage est l'un des procédés culturaux les plus importants en arboriculture. La rentabilité de la production de l'année en cours et de la suivante dépend principalement de la régulation optimale de la charge. Une surcharge implique un plus grand investissement en temps et en main-d'œuvre lors de l'éclaircissage manuel, les fruits ne sont pas de bonne qualité et les variétés sensibles à l'alternance ont une mauvaise floraison l'année suivante. En cas de charge trop faible, la production et la qualité sont amoindries: les fruits sont trop gros, des taches amères et un brunissement de sénescence peuvent apparaître et les fruits se conservent mal.

L'une des difficultés de l'éclaircissage est que l'évolution de la charge en fruits est difficile à évaluer au moment même de l'éclaircissage. La chute naturelle des fruits comme l'efficacité des mesures d'éclaircissage sont très variables et influencées par différents

facteurs qui ne peuvent être gérés que partiellement. De bonnes connaissances de la variété, du système de culture, de la parcelle et des différentes stratégies d'éclaircissage sont essentielles à une bonne évaluation de la charge. Toutefois, des incertitudes demeurent. C'est pourquoi les producteurs ont absolument besoin de pouvoir planifier au mieux l'évolution de la charge. Agroscope, en collaboration avec des membres du groupe de travail international pour la conduite des cultures de fruits à pépins (Lena Neumann, Hochschule Geisenheim; Michael Clever, OVA Jork; Gottfried Lafer, Versuchsstation Haidegg; Philipp Brunner, Versuchszentrum Laimburg), s'est penché sur trois techniques de prédiction de la charge: la mesure de la croissance du fruit de Duane W. Greene, la modélisation du bilan d'hydrates de carbone (MaluSim) d'Alan N. Lakso ainsi que la mesure non destructive de détermination des éléments par spectroscopie proche infrarouge (NIR).

Méthode de Greene

Duane W. Greene, du Massachusetts, a observé la croissance des jeunes fruits après l'éclaircissage. Il a constaté que les fruits qui étaient destinés à chuter en juin avaient ralenti leur croissance quelques jours déjà après l'éclaircissage chimique. En se basant sur cette observation, il a développé une méthode permettant de prédire la charge qui restera en fonction des mesures de la croissance du fruit, à un stade où un éclaircissage peut encore être effectué efficacement, soit jusqu'à un calibre d'environ 12 mm (Greene *et al.* 2005). La méthode de Greene a été testée et développée sur plusieurs parcelles en Europe de 2007 à 2012, en collaboration avec le groupe de travail pour la conduite des cultures. En dépit des nombreuses adaptations apportées au modèle de calcul (Gölles *et al.* 2012), les résultats n'ont pas été probants. Ainsi, la méthode américaine ne peut être adaptée de façon satisfaisante aux conditions européennes. Une analyse plus détaillée devrait éclaircir la situation.

En 2013, des mesures détaillées de la croissance du fruit ont été effectuées à Wädenswil sur Nicoter (Kanzi®) et Golden Delicious (travail de bachelor V. Leschenne). En

l'espace de vingt-quatre jours, le calibre a été mesuré dix fois sur le même fruit, avec des calibres de 4 à 15 mm (fig. 1).

Les résultats ont montré que les fruits se développaient de façon hétérogène (fig. 2), ce qui confirmait en premier lieu l'observation de Greene. Mais, ensuite, des fruits qui s'étaient très bien développés jusqu'au stade souhaité (calibre = 12 mm) sont tout de même tombés. Lorsque la prévision a été établie, aucun lien entre la croissance de ces fruits et la probabilité de chute n'avait été perceptible. Une comparaison avec de précédents résultats a montré que, malgré un bon développement initial, la quantité de fruits tombés pouvait fortement varier. Cependant, aucun rapport avec un facteur d'influence connu n'a pu être déterminé. Ainsi, une adaptation adéquate de cette méthode de prévision n'était pas possible.

Spectroscopie proche infrarouge (NIR)

Les fruits qui chuteront subissent des modifications physiologiques. Greene essaie de déceler ces modifications dès que possible en fonction de la croissance du fruit. En se basant sur le même principe, des essais ont été menés afin de déterminer si la chute physiologique peut être repérée le plus tôt possible en mesurant les composants du fruit par la méthode NIR.

Cette technique se base sur des interactions spécifiques entre la lumière et les composants du fruit. L'appareil de mesure (fig. 3) émet un rayonnement sur le fruit et le spectre (NIR) est réfléchi. Chaque fruit a donc sa propre empreinte, qui est ensuite analysée (Baumgartner *et al.* 2007; Nicolai *et al.* 2007). L'avantage de cette méthode sur celle de Greene est que les mesures

peuvent être effectuées rapidement et sans grands investissements. Les bouquets de fruits ne doivent pas être marqués puisqu'une mesure par fruit est suffisante.

Après avoir calibré le procédé avec plus de 1000 fruits, des différences ont été perçues entre les fruits qui devaient chuter et ceux qui devaient poursuivre leur maturation. Pourtant, avec un taux de seulement 58 %, des prévisions de la charge n'étaient pas possibles. L'interprétation des résultats est rendue plus difficile par les facteurs externes – comme l'année de récolte, les conditions météorologiques, la situation ou la position du fruit sur l'arbre –, qui exercent une plus grande influence sur le spectre NIR que les modifications physiologiques conduisant à la chute. La différence entre les fruits destinés à chuter et ceux poursuivant leur maturation était plus marquée lorsque la chute effective du fruit était très proche. Les prévisions étaient



Figure 3 | Utilisation de l'appareil NIR. Pour cette étude, les fruits ont été mesurés avec le spectromètre proche infrarouge Phazir (PZ1018, Polychromix). Cet appareil permet d'obtenir un spectre d'absorption de 930 à 1800 nm.

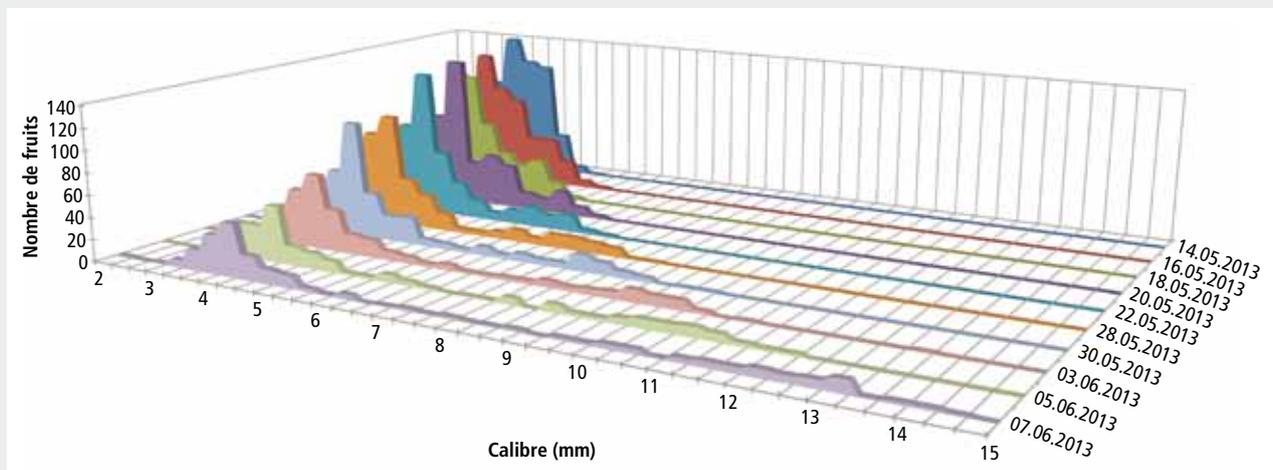


Figure 2 | Mesures du calibre sur Nicoter (Kanzi®), après application de naphtylacétamide (NAD), en 2013. Echantillon n = 529 fruits (1^{re} mesure). Dix mesures en vingt-quatre jours, toujours sur les mêmes fruits. Pleine floraison le 11 mai, application de NAD le 13 mai.

d'autant meilleures lorsque seuls les fruits destinés à chuter dans les deux semaines ou ceux à atteindre la maturité étaient pris en considération (75 %).

MaluSim

La chute physiologique et l'efficacité d'un éclaircissage chimique sont fortement influencées par la disponibilité en assimilats (bilan d'hydrates de carbone). Lorsque la production des assimilats (photosynthèse) ne permet pas de couvrir les besoins des fruits et des pousses, les fruits sont plus enclins à chuter. MaluSim permet de calculer le bilan d'hydrates de carbone au moyen des données météorologiques et du stade phénologique de l'arbre. Le modèle a été développé aux Etats-Unis par Lakso *et al.* (Lakso et Johnson 1990; Lakso *et al.* 2001) et adapté ces dernières années aux conditions européennes par l'Institut d'arboriculture de la Haute Ecole de Geisenheim. L'extension de ce bilan avait pour but la prédiction de la chute des fruits. La figure 4 présente l'évolution de la charge pour un arbre Gala standard à Zornheim (travail de Master T. Pfeifer 2012). Des essais complémentaires ont été menés sur des vergers à Wädenswil et Jork. Les résultats étaient assez bons, c'est-à-dire que les simulations correspondaient à la réalité. Toutefois, puisque la simulation dépend des données météorologiques, des prévisions plus précoces ne sont pas possibles.

MaluSim pourrait ainsi très bien servir à une prédiction de l'efficacité d'un éclaircissage chimique. Aux Etats-Unis, de telles estimations sont déjà pratiquées dans le domaine du conseil. De plus amples informa-

tions sont présentes dans la publication de Robinson et Lakso (2011) ainsi que sur la page internet de Cornell University (2014) et de Penn State (2014). La simulation a pu être adaptée de façon satisfaisante aux conditions européennes. Une prédiction de l'efficacité, et donc une aide à l'application de l'éclaircissage similaire à celle pratiquée aux Etats-Unis, pourrait probablement être appliquée aux vergers européens, après des recherches plus approfondies.

Conclusions

- Une prédiction exacte et fiable de la charge après la chute de juin n'est, à ce stade de la recherche, pas possible. En tout cas, pas au moment souhaité, soit lorsque les fruits ont un diamètre d'environ 12 mm.
- Les trois méthodes de prédiction testées présentaient bien des différences entre les fruits destinés à chuter ou à arriver à maturité, mais aucune ne permettait d'obtenir des résultats fiables plus tôt qu'une à deux semaines avant la chute effective du fruit.
- Il semblerait que la chute physiologique puisse être sans cesse induite depuis la floraison jusqu'à la chute de juin, contrairement aux conclusions des publications précédentes (Handschar 1997; Greene *et al.* 2003; McCartney et Obermiller 2010), qui présentent la croissance du fruit et son calibre comme bases pour la prédiction de la chute. Les facteurs d'influence tels que la situation, le système de culture, la variété ou l'année de culture peuvent expliquer ces différences. ■

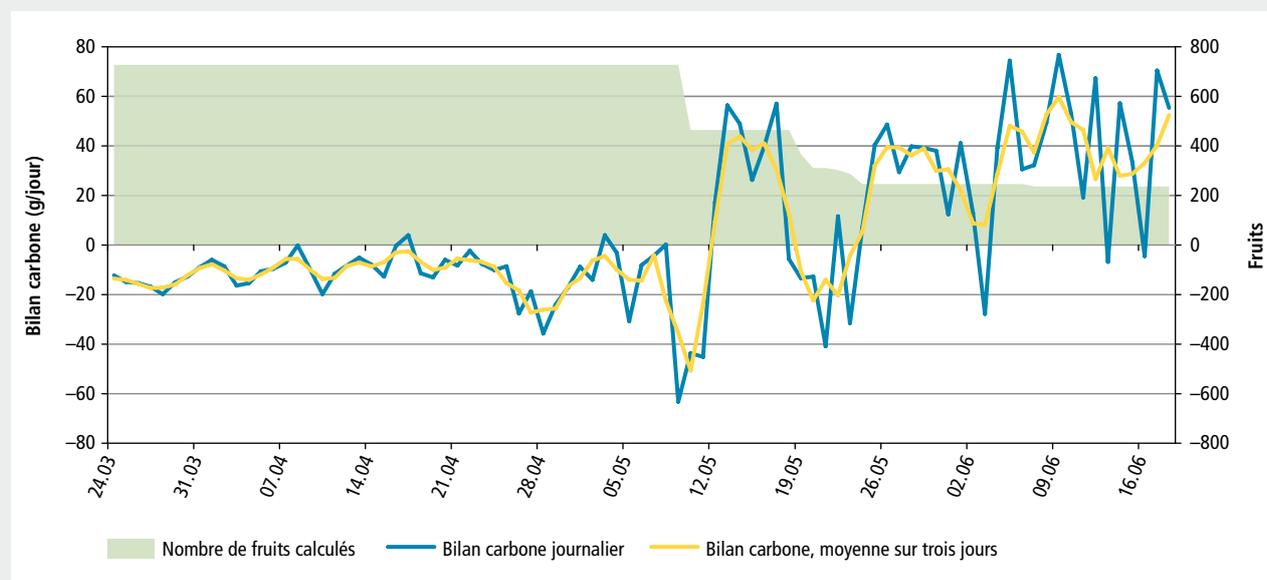


Figure 4 | Simulation du bilan d'hydrates de carbone et de la chute des fruits avec MaluSim sur un arbre Gala standard à Zornheim en 2012 (727 fleurs/arbre, débournement le 24 mars, période de floraison 17 avril–3 mai, pleine floraison le 25 avril).

Remerciements

Charles Amstein, Antoine et Christophe Betrisey, Luc Magnollay, Adrien Mettaz, Reynald Pasche, Peter Widmer et Thomas Zimmermann pour les mesures sur leurs parcelles, l'Union fruitière lémanique, le Strickhof et le canton du Valais sont vivement remerciés pour leur collaboration.

Bibliographie

- Baumgartner D., Gabioud S., Gasser F. & Höhn E., 2007. Zerstörungsfreie Messung innerer Qualitätsmerkmale beim Apfel. *Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau* **143** (12), 10–13.
- Cornell University, 2014. Cornell Apple Carbohydrate Thinning Model. Accès: <http://nwa.cornell.edu/index.php?page=apple-thin> [26.05.2014].
- Gölles M., Widmer A. & Baumgartner D., 2012. Pomme: prédire la fructification pour paramétrer la régulation chimique de la charge. *Recherche Agronomique Suisse* **3** (10), 478–485.
- Greene D. W., Krupa J., Vezina M. & Lakso A. N., 2005. A Method to Predict Chemical Thinner Response on Apples. *FruitNotes* **70** (2), 12–17.
- Greene D. W., Lakso A. N. & Robinson T. L., 2003. Development and Testing of a model to Rapidly Predict Apple Thinner Response. University of Massachusetts.
- Handschak M., 1997. Fruchtfall beim Apfel. *Obstbau* **6**, 286–290.
- Lakso A. N. & Johnson R. S., 1990. A simplified dry matter production model for apple using automatic programming simulation software. *Acta Horticulturae* **276**, 141–148.
- Lakso A. N., White M. D. & Tustin D. S., 2001. Simulation modelling of the effects of short and long-term climatic variations on carbon balance of apple trees. *Acta Horticulturae* **557**, 473–480.
- McArtney S. J. & Obermiller J. D., 2010. Evaluation of a Model to Predict the Response of 'Gala' Apples to Chemical Thinners. XIth IS on Plant Bioregulators in Fruit Production. *Acta Horticulturae* **884**, 581–586.
- Nicolai B., Beullens K., Bobelyn E., Peirs A., Saeys W., Theron K. & Lammertyn J., 2007. Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: A review. *Postharvest Biology and Technology* **46**, 99–118.
- Penn State, 2014. Cornell MaluSim Model. Accès: <http://extension.psu.edu/plants/tree-fruit/news/2012/a-new-tool-for-apple-cropland-management-cornell-malusim-model-for-determining-carbon-balance-in-apple-trees> [26.05.2014].
- Robinson T. L. & Lakso A. N., 2011. Predicting Chemical Thinner Response with a Carbohydrate Model. *Acta Horticulturae* **903**, 743–750.

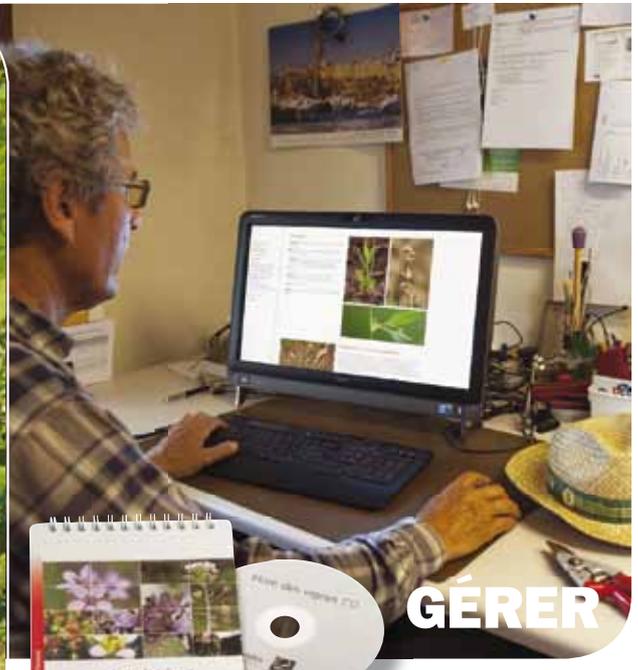


Flore des vignes

Ce petit livre de terrain présente les 33 plantes les plus fréquemment observées et leur impact (favorable, neutre ou indésirable) sur le vignoble. Le CD joint aborde la gestion écologique de cette flore.

Français, allemand ou italien, 72 pages, CHF 50.-

Tél. +41 79 659 48 31 | antoinette.dumartheray@agroscope.ch



AMTRA
ASSOCIATION POUR
LA MISE EN VALEUR DES TRAVAUX
DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
www.revuevitiarbohorti.ch

Pépinières viticoles



FAVRE Daniel

Des plants de vignes soignés
pour vous satisfaire !

Ch. de LAPRA 17 1170 Aubonne

Tel. 021 808 72 27 Fax. 021 807 43 39 E-mail: favre.vitipep@bluewin.ch

REVUE SUISSE DE

VITICULTURE ARBORICULTURE HORTICULTURE



Publicité

Inédit Publications SA
Serge Bornand
Avenue Dapples 7, case postale 900
1001 Lausanne
Tél. +41 21 695 95 67
serge.bornand@inedit.ch

www.inedit.ch

AgriTechno

TOUS LES COMPTEURS, CONTRÔLEURS, RÉGULATEURS.
POUR UNE AGRICULTURE DE PRÉCISION.



Contrôleur de semis
Régulateur DPA pulvérisateur
Groupe de vanne avec débitmètre
Remplissage, débit, volume
Vitesse, surface, temps de travail
Capteur de vitesse GPS, rotation pdf
Pesée de véhicule, pesée sur chargeur
Pesée de récolte et balance de comptoir
Doseur humidité grain + minibatteuse
Contrôle et régulation de température

NOUVEAUTÉ

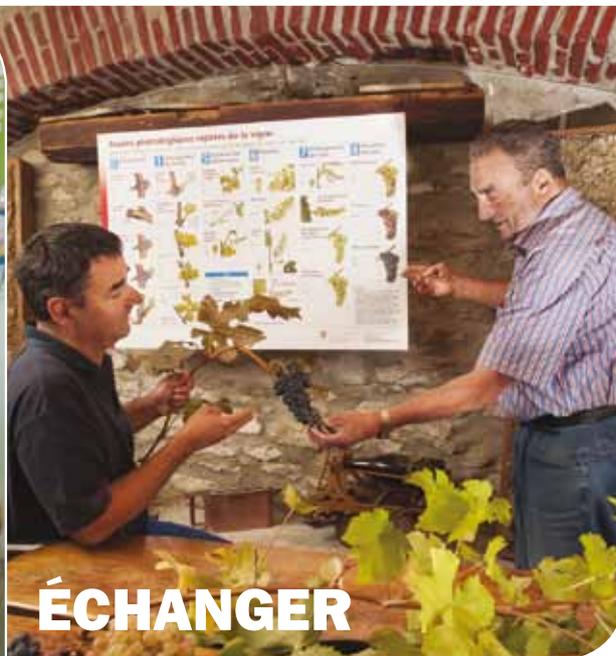
pompe à graisse électrique
«intelligente»

AgriTechno

Z.I. En Publoz 11 – CH-1073 Savigny
Tél. 021 784 19 60 – Fax 021 784 36 35
E-mail: info@agritechno.ch



APPRENDRE



ÉCHANGER

Poster Stades phénologiques de la vigne

Tout le cycle végétatif de la vigne en grand format:
une décoration attractive et intéressante pour vos caves, carnotzets, salles de réunion etc.
Français, allemand ou italien, 100 x 70 cm, CHF 30.- (port inclus)

Tél. +41 79 659 48 31 | antoinette.dumartheray@agroscope.ch



AMTRA

ASSOCIATION POUR
LA MISE EN VALEUR DES TRAVAUX
DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
www.revuevitiarbohorti.ch

Olivier Schumpp: le virus de la recherche

Alsacien, Olivier Schumpp grandit en milieu rural près de Strasbourg. Si, enfant, il rêve de devenir berger, sa vocation précoce évolue sous l'impulsion de sa prof de biologie: il se passionne pour les sciences naturelles. Les dés sont jetés, il sera chercheur!

A l'Université Louis Pasteur de Strasbourg, il passe tout naturellement de l'échelle grandeur nature au microscope. Il précise: «Pour moi, il n'y a pas de distinguo: j'ai le même intérêt pour la nature dans son environnement que lorsque je l'analyse dans mon laboratoire.» En 1994, il décroche sa licence/maîtrise en biochimie. Il part à Grenoble pour remplir ses obligations militaires au CNRS. Pendant ses dix-huit mois de civilisme, il travaille sur la dégradation de la lignine par des champignons pour la pâte à papier – et découvre le milieu de la recherche. C'est avec son DEA à l'INRA de Montpellier qu'il réalise que la physiologie végétale moléculaire, «c'est son truc»!

L'interaction comme objet d'étude

Les interactions entre plantes et micro-organismes, les projets interdisciplinaires, les relations entre instituts, toutes les interfaces le séduisent: «C'est là qu'il se passe quelque chose.» Pour sa thèse, il quitte la France et intègre l'Université de Berne. Travaillant sur les réactions de pommes de terre génétiquement modifiées face aux agressions microbiennes, il vient souvent à Changins pour rencontrer Eric Droz, qui travaille sur des sujets analogues. C'est aussi l'époque où il entre dans les réseaux universitaires suisses («J'ai beaucoup coopéré et circulé»). Il travaille en anglais, s'installe à Berne puis à Bienne avec sa compagne graphiste, qui donne naissance à leur premier enfant. Après le doctorat et l'arrivée du second, il opte pour un post-doc sur la symbiose rhizobienne à l'Université de Genève, qui durera six ans. A cette époque, il cherche à créer une start-up qui utiliserait les micro-organismes pour améliorer la production de métabolites secondaires par les plantes. C'est sur ce chemin qu'il rencontre Katia Gindro, qui lui propose d'améliorer la production de métabolites secondaires... des champignons. Il rejoint ainsi l'équipe qu'elle a formée pour un post-doc de trois ans à Changins, en mycologie.

De plain pied à Agroscope

Lorsqu'un poste se libère en virologie dans la même division de recherche, il saute sur l'occasion d'aller à la rencontre de ces organismes «pas tout à fait vivants»,



Olivier Schumpp (photo Carole Parodi, Agroscope)

attiré une nouvelle fois par la nécessaire interaction qu'entretiennent les virus avec leurs hôtes pour se multiplier. Aujourd'hui, il navigue entre des projets interdisciplinaires alliant les domaines fondamentaux et appliqués, et retrouve également avec bonheur le terrain et le monde paysan. Les sujets d'étude ne manquent pas. Passer de la recherche fondamentale au développement de procédés industriels parle également à l'entrepreneur qui est en lui, à l'exemple du test viral ELISA, bientôt remplacé par un diagnostic moléculaire qui permettra d'analyser 400 000 tubercules de pomme de terre chaque année.

L'ultime étape d'un projet – le faire accepter dans la pratique – intéresse aussi Olivier Schumpp, concerné par les aspects sociétaux de son activité: «L'agronomie est un très beau métier; c'est grâce à lui qu'une société peut maintenir sa véritable autonomie.»

Eliane Rohrer, Revue suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture

CHANGINS présente ses vins au cœur du château de Nyon

Capitale suisse de la formation en viticulture et œnologie avec ses trois écoles*, CHANGINS dispose d'un vignoble et d'une cave expérimentale. Les futurs œnologues et vigneron se forment et produisent des vins de grande qualité. Pour les présenter, CHANGINS a investi, le jeudi 19 juin dernier, le Château de Nyon, au cœur de la ville.



Parce qu'ils sont produits en grande partie dans le cadre de l'enseignement de nos futurs œnologues, les vins de CHANGINS sont d'une qualité digne de figurer sur les meilleures tables.

Julie Roeslé-Fuchs,
professeure en œnologie, responsable de la Cave

Des étiquettes au design sobre et élégant et des notes de dégustation subtiles en ont surpris plus d'un: connaisseurs, clients, étudiants, amateurs, curieux, professionnels et voisins, personne ne cache son enthousiasme en découvrant ces vins diversifiés et de grande qualité. Encadrés par des professeurs, œnologues confirmés et exigeants, ces vins sont élaborés par les étudiants de CHANGINS dans la cave didactique, d'une grande performance et équipée des technologies dernier cri.



Les vins de CHANGINS primés

- Médaille d'or au concours international Vino Ljubljana: Sève d'or
- Médaille d'argent aux sélections des vins de Genève: Sauvignon blanc
- Label Terravin: Chasselas, Mont-sur-Rolle, Sève d'or, Gamay et Gamaret.

Plus d'informations sur www.changins.ch

Parmi les neuf vins présentés, citons:

- Le **Sauvignon blanc**, issu de Chouilly (Genève), possède un bouquet intense, ainsi qu'une puissance vive en bouche.
- Assemblage de vins suisses, le **Pas de trois** marie du Merlot tessinois, du Cabernet franc genevois, de la Syrah valaisanne et du Gamaret vaudois, donnant un vin de garde élégant, souple et délicatement boisé.
- Le **Solaris**, primé à plusieurs reprises, est complexe et équilibré et possède une bouche soyeuse et aromatique, un nez intense et charmeur aux notes marquées de confiture de coings et de goyave.
- La **Sève d'or**, obtenue par passerillage en cagettes et cryosélection de Gewurztraminer, offre un vin liquoreux aux accents floraux exceptionnels. Typicité, tendresse et intensité.
- Pour la première fois, un **Rosé de Gland** (La Côte) dans une délicate robe corail, donnant un beau volume en bouche aux notes framboisées.
- Un nouveau-né de la gamme **Point du jour**, issu d'une vinification spécialement inspirée des étudiants. Ce vin est élaboré au gré des millésimes, selon l'inspiration de l'équipe de la cave. Unique et original. Une petite idée de liberté et d'audace. ■

Denise Cugini, responsable communication

* Une haute école, une école supérieure et l'école du vin.



mazout

Chauffage

refroidissement

bois

air

Ventilation

climatisation

eau

Sanitaire

gaz

géothermie

Un seul partenaire

solaire

Depuis 1853, nous concevons et réalisons des systèmes thermiques et des réseaux d'eau dans les bâtiments répondant à toutes les attentes.

De la villa à l'immeuble en passant par les commerces et les industries, notre équipe relève tous les défis. Actifs sur la partie Vaudoise de l'arc lémanique, nous vous conseillons et vous assistons très volontiers.

Nous gérons tous les types d'énergies quel que soit le projet. Chez **Von Auw SA**, vous trouverez 75 professionnels attentifs à vos besoins de chaud, de froid ou d'installations sanitaires.

Von auw SA

bureau technique • installations • entretien

1028 PRÉVERENGES • Route de Genève 3 • Tél. 021 804 83 00 • Fax 021 804 83 01 • www.vonauw.ch

Les Formes du passé

associées aux matières du futur

Cuvage
Macération
carbonique
Elevage
Assemblage
Collage
Affinage
Stockage

Refroidir-réchauffer
sans choc thermique
(le soleil ou le vent
du nord)

Tracé selon le
Nombre d'Or

La dynamique
des jus est
favorisée en
période de
fermentation

Les lies sont
maintenues en
suspension

Micro
oxygénation

Pied
indépendant
avec passage
«palettes»

Fabrication
suisse

Matière synthétique neutre PEHD (sans bisphénol)
Couvercle et robinetterie inox 316L
Vanne de vidange 11/2"
Nettoyage simple
Déplaçable plein (transpalette)

Poids: env. 40kg (à vide)

Volume: 580 litres

Dimension: hauteur avec pieds 180 cm

Encombrement au sol: 99 x 99 cm

Option: Ceinture de basculage

Cuve Ovoïde Serex™

Poids plume pour un œuf



Construction Plastique

CH-1070 Puidoux [t] 021 946 33 34

www.ovoide.ch cs@serex-plastics.ch

