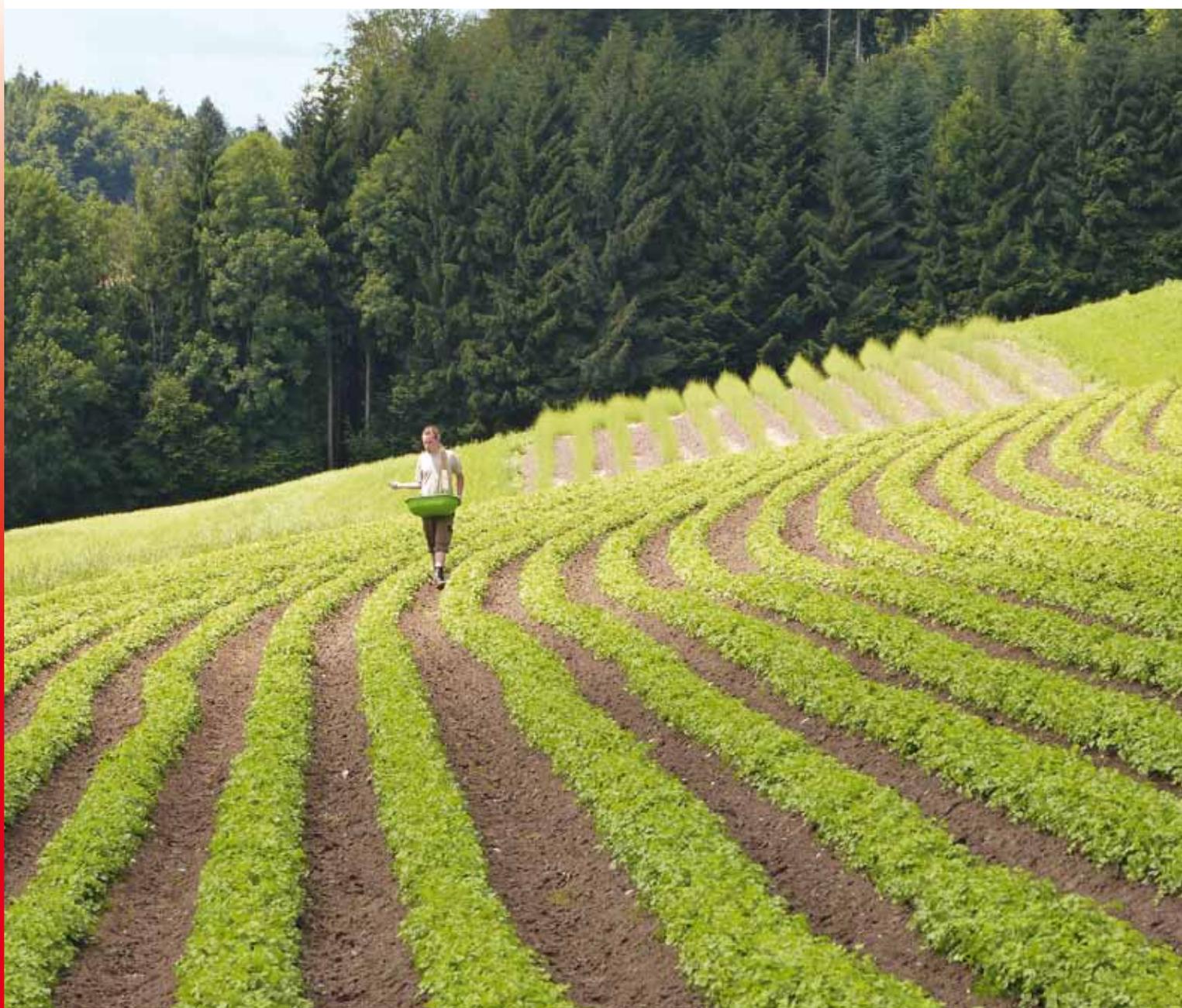


R E V U E S U I S S E D E

VITICULTURE ARBORICULTURE HORTICULTURE



S E P T E M B R E - O C T O B R E 2 0 1 5 | V O L . 4 7 | N ° 5



Agroscope | Agora | Agridea | AMTRA | CHANGINS

Viticulture

Mesurer l'acide malique dans les vins **Page 300**

**Protection
des végétaux**

Forme hivernale et estivale de *Drosophila suzukii* **Page 318**

Actualités

Les pommes sans résidus sont-elles rentables? **Page 324**



ETICOLLE
L'étiquette autocollante

Selbstklebeetiketten | Etichette autocollanti



la découpe

Du prêt-à-porter... sur mesure

L'étiquette adhésive affiche toutes les audaces, tous les formats, toutes les fantaisies. La forme d'une étiquette contribue fortement à sa personnalité. Que vous désiriez une étiquette en deux, trois parties ou plus, silhouettée etc... tout est possible!

alliancegraphique

027 452 25 26 - info@eticolle.ch - www.eticolle.ch - Sierre



Biosol

Engrais azoté organique

- Engrais longue durée
- Contre la fatigue du sol
- Riche en chitine



Andermatt
Biocontrol

Andermatt Biocontrol AG
Stahlermatten 6 · 6146 Grossdietwil
Telefon 062 917 50 05 · www.biocontrol.ch



Martin Auer Rebschulen Pépinières Viticoles

Lisiloostrasse, 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 vin pour 2016.

Sommaire

Septembre–Octobre 2015 | Vol. 47 | N° 5



Photographie de couverture:
Le boucage voyageur (*Pimpinella peregrina* L.) est cultivé pour les propriétés médicinales et aromatiques de ses racines (ici à Melchnau, BE). Des aspects agronomiques de cette culture sont présentés dans l'article de Carron *et al.* en p. 280. (Photo Claude-Alain Carron, 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.revuevitierbohorte.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

	Simple	Combiné	Tout compris
	Imprimé / En ligne / App	Imprimé + En ligne Imprimé + App	Imprimé + En ligne + App
Suisse	CHF 50.–	CHF 60.–	CHF 60.–
Etranger	CHF 57.–	CHF 67.–	CHF 67.–

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@revuevitierbohorte.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.revuevitierbohorte.ch, publications

277 Editorial

- 280 Plantes médicinales et aromatiques**
Densité de semis et date de récolte: effet sur le rendement et la qualité de *Pimpinella peregrina* L.
Claude-Alain Carron, Sará Kindlovits, Catherine Baroffio et Christoph Carlen

290 Horticulture

- Utilisation de la spectroscopie FT-NIR pour prédire l'élasticité superficielle et globale de la tomate lors de l'évolution en shelf-life**
Cédric Camps et Céline Gilli

300 Viticulture

- Evaluation d'appareils destinés à la pratique pour la mesure de l'acide malique dans les moûts et les vins**
Sandrine Belcher et Sevan Kuyumcuyan

- 310 Incidence de la fermentation malolactique sur le taux de composés carbonylés et le SO₂ combiné**
Marilyn Cléroux, Arnaud Pernet, Anik Riedo, Muriel Mertenat, Nick Jackowitz et Ramón Mira de Orduña Heidinger

318 Protection des végétaux

- Caractérisation et apparition des formes hivernale et estivale de *Drosophila suzukii***
Olivier Vonlanthen et Patrik Kehrl

324 Actualités

- La production de pommes sans résidus est-elle rentable?**
Esther Bravin, Sarah Perren et Andreas Naef
- 329 Hommage à Jean-Jacques Brugger**
Olivier Viret et Philippe Dupraz

331 Portrait

333 La page de CHANGINS

Le spécialiste de vos installations vinicoles

Distributeur officiel des marques:



DELLA TOFFOLA

KREYER

KIESEL



Découvrez les filtres tangentiels VINS + BOURBES et nos filtres traditionnels.

Thermorégulation

Pompes et flottateurs

Moeschle
Behälterbau GmbH

FIMER



AZZINI

bertolaso



molan

SIRIO ALBERTI



Cuverie de haute Qualité

Groupe de mise en bouteille

Etiqueteuse autocollante compacte



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



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: dutrui@lesfreresdutrui.ch

Notre ouvrage *Maladies fongiques* couronné par le prix de l'OIV 2015



Judith Auer, rédactrice en chef et directrice Amtra

judith.auer@agroscope.admin.ch

Eliane Rohrer, rédactrice

eliane.rohrer@agroscope.admin.ch

(Photo Carole Parodi, Agroscope)

Chères lectrices, chers lecteurs,

Nous avons le plaisir de vous informer, par le biais de cet éditorial, du succès remporté par notre dernier ouvrage *La Vigne vol. 1 Maladies fongiques* au prestigieux concours organisé par l'OIV.

L'OIV, Organisation internationale de la Vigne et du Vin

Cet organisme intergouvernemental à caractère scientifique et technique possède une compétence reconnue dans le domaine de la vigne et du vin en particulier. Chaque année, l'OIV récompense les nouvelles parutions dédiées à ces thèmes, notamment dans les domaines scientifique, technique, économique, historique et de la santé.

L'Amtra se lance à... l'eau

Confortée par la précédente distinction accordée à son livre *Cépages, Principales variétés de vigne cultivées en Suisse*, l'Amtra a présenté le premier volume de sa collection *La Vigne*, consacré aux maladies fongiques. En 2015, 55 ouvrages étaient en compétition pour le concours, représentant 17 pays viticoles. Chaque publication a été jugée par plusieurs spécialistes, professeurs, scientifiques, œnologues et autres provenant de différents pays. Ensuite, leur évaluation a été transmise au Jury des Prix de l'OIV, lui-même composé de personnalités scientifiques et techniques ayant présidé des commissions de l'OIV.

Maladies fongiques décroche le prix OIV de la catégorie viticulture

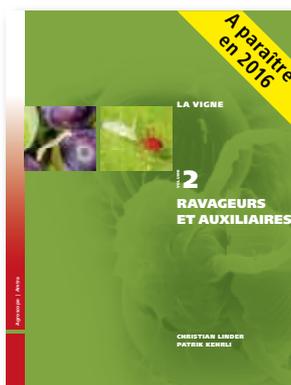
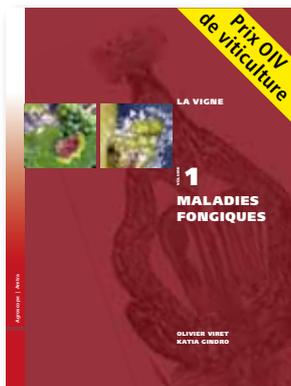
Confrontée ainsi à de grands éditeurs spécialisés, notre petite maison d'édition s'est hissée à leur niveau en obtenant **LE** prix OIV de la catégorie viticulture. Une distinction qui témoigne d'une reconnaissance internationale à l'égard de la recherche d'Agroscope et du savoir-faire éditorial de l'Amtra. Ce 19 octobre, auteurs et éditeurs sont conviés à Paris pour la remise des prix.

Notre prochain défi

Aujourd'hui, le second volume de la série *La Vigne*, *Ravageurs et auxiliaires*, occupe notre agenda jusqu'au début de 2016. Ce livre traite en une trentaine de chapitres de toutes les espèces nuisibles ou utiles qui visitent, habituellement ou occasionnellement, nos vignobles. Comme dans le premier volume, les symptômes sont richement illustrés et accompagnés des dernières connaissances disponibles sur la biologie des insectes, leur suivi et la prévision des dégâts sur la parcelle.

Notre site www.revuevitiarbohorti.ch fournira toutes les informations nécessaires en temps utile.

La rédaction de la *Revue suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture* remercie vivement ses lecteurs de leur fidélité à la revue et de leur intérêt pour ses ouvrages spécialisés.



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

Suisse 

Plantes

Flours coupées



Bourse aux fleurs bernoise

Vos plus grands marchés spécialisés
pour plantes et fleurs coupées

**Nouveau point de vente
à Heimberg!**

Berner Blumenbörsen – Löchliweg 27 – 3014 Berne
Berner Blumenbörsen – Niesenstrasse 22 – 3627 Heimberg



Blumig
Besonders
Beeindruckend

**Votre partenaire
pour la qualité**

THE LINDE GROUP

PanGas

La glace carbonique de PanGas pour les vigneron.
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

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

Densité de semis et date de récolte: effet sur le rendement et la qualité de *Pimpinella peregrina* L.

Claude-Alain CARRON¹, Sará KINDLOVITS², Catherine BAROFFIO¹ et Christoph CARLEN¹

¹Agroscope IPV, 1964 Conthey

²Faculty of Horticultural Science, Corvinus University of Budapest

Renseignements: claude-alain.carron@agroscope.admin.ch, tél. +41 27 345 35 11, www.agroscope.ch



Figure 1 | Vue générale de l'essai de densité de semis de *Pimpinella peregrina* à Conthey (VS); première date de récolte.

Introduction

Le boucage voyageur (*Pimpinella peregrina* L.) est une plante médicinale bisannuelle appartenant à la famille des *Apiaceae*. Originaires d'Europe du Sud, d'Asie mineure et d'Égypte, cette espèce xérophile est utilisée pour ses racines. Elle est communément appelée pimprenelle par les producteurs francophones, ce qui prête malheureusement à confusion avec la vraie pimprenelle (*Sanguisorba minor* et *S. officinalis*), et Bibernelle

par les alémaniques. Parmi les trois espèces du genre *Pimpinella* (*P. saxifraga*, *P. major* et *P. peregrina*) acceptées par la Pharmacopée allemande (DAB 6) pour la production de racines (*Pimpinellae radix*), *P. peregrina* est la plus cultivée dans le sud de l'Allemagne et en Suisse (Wichtl et Anton 2003).

Le boucage voyageur affectionne les sols légers, profonds et drainants. En Suisse, il est rare à l'état spontané, contrairement à ses deux cousines botaniques, *P. saxifraga* et *P. major*, fréquentes dans tout

le pays. L'espèce n'est signalée que dans les cantons d'Argovie, Bâle et Zurich (Lauber et Wagner 2000). Cependant, son caractère rudéral fait considérer le boucage voyageur comme une nouvelle adventice (ALIEN) dans le nord de l'Europe, notamment en Allemagne (Gerstberger 1985), en Belgique (Verloove 2001), aux Pays-Bas (Koelink *et al.* 2008) et en Suède (Svenson et Anderberg 1994).

L'espèce atteint une hauteur de 50–100 cm. Sa tige rameuse est glabre ou pubescente. Ses feuilles basales sont indivises et cordées, les caulinaires pennatiséquées et dentées. Les ombelles blanches à nombreux rayons grêles, sans involucre ni involucelle, portent des fleurs blanches (Lauber et Wagner 2000).

La racine est utilisée pour ses propriétés antispasmodiques, stomachiques, diurétiques et émoullientes. La médecine traditionnelle la prescrit principalement dans les cas de toux, de bronchites, d'angines et d'affections des voies respiratoires. En Suisse, le boucage voyageur est cultivé essentiellement pour l'industrie agroalimentaire, en particulier pour la confection de bonbons aux herbes.

Les racines de *P. peregrina* contiennent une huile essentielle (0,2 à 0,4 %) et des coumarines (pimpinelline et isopimpinelline) avec un profil chimique très semblable à celles de *P. saxifraga* et de *P. major* (Kubeczka et Bohn 1985). Les racines renferment également des saponines, des flavonoïdes et des tannins.

En Suisse, le boucage voyageur est cultivé en annuelle, de l'étage collinéen à montagnard (500 à 1200 m). Le semis direct en plein champ s'effectue d'avril à début mai, à une densité préconisée de 1 et 1,2 kg/ha (Agridea 2010). La récolte a lieu généralement durant la première quinzaine d'octobre. Avec ce calendrier cultural, le rendement moyen en racines sèches atteint 150 à 250 g/m². Une expérience menée à Conthey en 2013 a démontré qu'une plantation à haute densité (jusqu'à 40 plantes/m²), bien que très productive (<400 g/m²), était difficile à mettre en place techniquement et trop onéreuse pour être recommandée aux praticiens (Carron *et al.* 2014).

Les deux essais commentés ci-dessous ont été conduits à Bruson en 2004 et à Conthey en 2014. Ils avaient pour objectif de définir la densité optimale de semis, de comprendre la formation de la biomasse des racines et de fixer la fenêtre optimale de récolte en fonction du rendement, de la qualité et de la perte en eau des racines au séchage. En 2014, à Conthey, le rendement et la qualité de cinq densités de semis, de 6 à 30 g de semences/a, ont été évalués hebdomadairement durant huit semaines, du 2 septembre au 21 octobre (fig. 1).

Résumé Le boucage voyageur (*Pimpinella peregrina* L.) est une plante médicinale bisannuelle appartenant à la famille des *Apiaceae*, cultivée en Suisse pour ses racines. En 2014, un essai de densité de semis a été mis en place par Agroscope à Conthey (VS) pour suivre la formation de la biomasse en racines et définir la fenêtre optimale de récolte en fonction du rendement, de la qualité et de la perte en eau au séchage. Le rendement en racines a été influencé significativement par la densité de semis jusqu'à 12 g/a. Les densités plus élevées n'ont pas augmenté le rendement. La production en racines a crû régulièrement jusqu'à fin septembre puis s'est stabilisée, tandis que le poids moyen des racines et le diamètre des collets ont augmenté durant toute la saison. La teneur en huile essentielle, de 0,10 à 0,16 %, est demeurée faible et relativement stable, sans relation apparente avec la densité de semis. Cependant, cette teneur a fléchi après le 15 octobre. L'analyse de la teneur en matière sèche soluble (°Brix), également retenue comme critère de qualité, a montré que les plus grosses racines en contiennent davantage. La perte de poids au séchage (21 à 22 % de la matière sèche) est également demeurée constante durant toute l'expérimentation. Dans les conditions de l'étage collinéen suisse, les recommandations pratiques actuelles de semer à une densité supérieure à 12 g/a (faculté germinative >80 %) et de récolter la première quinzaine d'octobre restent d'actualité.

Matériel et méthodes

Le premier essai réalisé en 2004 au domaine d'Agroscope à Bruson (VS, 1060 m d'altitude) était situé sur une parcelle en pente (≥ 10 %) exposée au nord-est, à sol morainique, caillouteux, légèrement acide (pH 6,5) et riche en matière organique (3,5 %). Le semis a été réalisé au semoir Precision Garden Seeder 1001B le 28 avril à une densité unique de 70 g/a, puis éclairci manuellement le 14 juin afin d'obtenir une quantité de racines simulant un semis de 3, 4, 6, 12 et 70 g de semences/a. Les vingt parcelles élémentaires disposées en quatre répétitions étaient constituées d'une plate-bande de quatre lignes espacées de 30 cm avec un chemin de 70 cm, chaque parcelle mesurant 3 m de longueur, soit une surface de 4,8 m².

L'essai 2014 a été mené au domaine d'Agroscope à Conthey (VS, 480 m d'altitude) sur une parcelle à très faible déclivité (<2 %) exposée au sud, à sol alluvial, peu caillouteux, légèrement calcaire (pH 7-8) et moyennement riche en matière organique (1,5 à 2,0 %). Le semis a été effectué le 12 mai avec un semoir de précision à pousser Sembdner-HS. Les cinq densités testées étaient 6, 12, 18, 24 et 30 g de semences/a, soit, en fonction de la faculté germinative ($\approx 80\%$), respectivement de 120 à 600 semences viables/m². Les 20 parcelles élé-



Figure 2 | Récolte des racines de *Pimpinella peregrina*. Après comptage, les racines étaient séparées du feuillage et les deux parties pesées et séchées séparément.

mentaires disposées en quatre répétitions se composaient d'une plate-bande de quatre lignes espacées de 25 cm avec un chemin de 75 cm, chaque parcelle mesurant 6 m de longueur, soit une surface de 9 m². En raison d'un accident d'irrigation, les mesures n'ont été effectuées que sur trois répétitions. Huit récoltes ont été faites chaque semaine sur 0,75 m² avec une bêche à dents, entre le 2 septembre et le 21 octobre.

Dans les deux essais, une fumure organique azotée de 110 kg de N/ha a été appliquée à raison de 60 unités lors de la préparation du terrain et de 50 unités à la mi-juillet. Une irrigation bihebdomadaire par aspersion (15–20 mm par apport) a assuré la bonne germination et croissance de l'essai. La lutte contre les adventices a été faite à la main. La biomasse fraîche et sèche des racines et du feuillage (fig. 2), le nombre, la longueur et le diamètre des racines ont été mesurés. En outre, durant l'essai 2004, le temps de main-d'œuvre à la récolte a été chronométré. Juste après les récoltes, les racines ont été lavées (fig. 3), afin d'éliminer la terre, à grande eau au brise-jet, puis séchées avec de l'air pulsé à 35 °C durant quarante-huit heures dans un séchoir en inox.

La teneur en huile essentielle a été déterminée par hydrodistillation sur 70 g de racines séchées finement coupées en lamelles de 2 à 3 mm, ainsi que sur 50 g des feuilles séchées. La durée de distillation était de deux heures à un débit de 2 à 3 ml/h. Afin d'éviter la formation de mousse dans le ballon de distillation, 3 ml d'huile de paraffine ont été ajoutés au litre d'eau distillée.

La mesure du pourcentage de la matière sèche soluble (°Brix) a été réalisée à l'aide d'un refractomètre digital numérique ATAGO Pal-1 sur le jus des racines fraîches broyées par un broyeur à couteaux IKA-A11; les valeurs correspondent à la moyenne de six mesures.

Les analyses statistiques ont été faites avec XLSTAT 2014 (one way ANOVA et Tukey-test).



Figure 3 | Racines de *Pimpinella peregrina* lavées avant le séchage. Effets de la densité de semis sur le nombre de racines récoltées lors de la semaine 39.

Résultats et discussion

Germination

La germination a été régulière dans les deux essais. Logiquement, le nombre des racines récoltées a été fortement influencé par la densité de semis. En revanche, le ratio de racines récoltées par rapport au nombre de semences viables n'a pas été influencé par la densité de semis. A Bruson, il était de 24,5 % lors de la récolte sur la variante non éclaircie. A Conthey, il était en moyenne légèrement plus important lors des premières récoltes (30,1 % la semaine 36), plus faible par la suite (25,3 % la semaine 42) et même inférieur à 20 % lors de la dernière récolte (tabl. 1). Cette diminution en cours de saison peut s'expliquer par la concurrence spatiale qui entraîne la disparition des racines les plus faibles, ainsi que par l'arrachage de racines durant la culture lors de la lutte contre les adventices.

Dynamique du feuillage

L'évolution des parties aériennes du boucage voyageur en cours de saison a été mesurée à chaque collecte de racines. La biomasse en feuilles fraîches et sèches a diminué au fil de l'avancement de la saison. Cette perte est particulièrement flagrante à la dernière récolte

(tabl. 2). Le plus faible volume du feuillage a été mesuré avec la densité de semis de 6 g et le plus élevé avec celle de 12 g. Au-delà de cette densité, la surface foliaire ne varie plus significativement, ce qui indique que l'occupation de l'espace atteint un optimum. Le ratio de racines récoltées par rapport au poids de la biomasse totale (racine + feuillage) a crû au fil de la saison de 18,4 à 32,4 %, probablement en raison du ralentissement de la croissance des organes végétatifs aériens et de la formation de réserves dans les organes souterrains (fig. 4). Les densités de semis élevées ont aussi bénéficié à la part de racines dans la biomasse totale. Les différences notables de tendance de ce facteur observées lors des semaines 39 et 42 correspondent à des jours de récoltes pluvieux. Le feuillage était maculé de terre, qui l'a rendu proportionnellement plus lourd.

Rendements en racines

A Bruson, la longueur, le diamètre, la forme et le poids des racines ont été nettement liés à la densité de plantes. La variante éclaircie à 3 g/a présentait les racines les plus grosses et les plus ramifiées (tabl. 3). La matière sèche a augmenté significativement à partir de la densité de 6 g/a par rapport à celle de 3 g/a. Les temps

Tableau 1 | Taux des racines récoltées de *Pimpinella peregrina* par rapport au nombre de semences viables semées (faculté germinative 80 %) à cinq densités différentes. Moyenne de trois répétitions, Conthey 2014

Densité de semis (g/are)	Semaine 36 02.09.2014 (%)	Semaine 37 09.09.2014 (%)	Semaine 38 16.09.2014 (%)	Semaine 39 23.09.2014 (%)	Semaine 40 30.09.2014 (%)	Semaine 41 07.10.2014 (%)	Semaine 42 14.10.2014 (%)	Semaine 43 21.10.2014 (%)
6 g	26,9	28,6	24,4	26,1	26,4	31,9	23,3	17,8
12 g	38,6	35,1	23,3	29,4	27,2	22,6	26,4	25,6
18 g	27,0	31,6	19,0	23,3	21,4	23,3	22,8	17,3
24 g	28,2	29,3	25,6	30,2	31,7	19,7	28,4	18,6
30 g	30,0	31,1	20,6	22,9	25,8	26,8	25,7	18,8
Moyenne	30,1	31,1	22,6	26,4	26,5	24,9	25,3	19,6

Les différences ne sont pas significatives ($P > 0,05$ test de Tukey).

Tableau 2 | Biomasse des parties aériennes sèches avec cinq densités de semis de *Pimpinella peregrina*. Moyenne de trois répétitions, Conthey 2014

Densité de semis (g/are)	Semaine 36 02.09.2014 (g/m ²)	Semaine 37 09.09.2014 (g/m ²)	Semaine 38 16.09.2014 (g/m ²)	Semaine 39 23.09.2014 (g/m ²)	Semaine 40 30.09.2014 (g/m ²)	Semaine 41 07.10.2014 (g/m ²)	Semaine 42 14.10.2014 (g/m ²)	Semaine 43 21.10.2014 (g/m ²)
6 g	434	472	476	500	372	578	490	312
12 g	715	607	624	728	542	455	798	392
18 g	597	760	600	636	553	534	709	369
24 g	592	594	584	676	564	485	637	324
30 g	651	646	475	533	523	534	656	360

Les différences ne sont pas significatives ($P > 0,05$ test de Tukey).

de travail et de lavage des racines étaient aussi fortement corrélés au nombre de racines collectées (tabl. 4).

A Conthey, en moyenne, la production en racines a augmenté au fil des semaines, puis s'est stabilisée à mi-septembre après le quatrième prélèvement (tabl. 5). La légère diminution de rendement observée à la dernière récolte est attribuée au faible nombre de racines récoltées à cette date. Même si les différences de rendement en racines n'ont été significatives que pour la 4^e et la 8^e récolte (tabl. 5), des tendances assez claires se profilent: comme pour le feuillage, la densité de semis la plus basse, de 6 g/a, a fourni les rendements les plus faibles en racines, tandis que la meilleure production en moyenne a été obtenue avec la densité de 30 g/a. Celle-ci permet d'atteindre un rendement moyen su-

périeur à 200 g/m² dès la mi-septembre. Le pourcentage de racines sèches après séchage est demeuré stable en cours de saison (20,7 à 25,7 % de MS) (tabl. 6).

Les caractéristiques morphologiques des racines ont été analysées. Le nombre de racines récoltées a augmenté logiquement avec la densité de semis, tandis que la longueur moyenne des racines n'a été influencée ni par la date de récolte, ni par la densité de semis. A Conthey, la profondeur et la texture du sol semblent donc avoir été des facteurs limitants pour ce paramètre. En revanche, le diamètre et le poids moyens des racines ont été corrélés à la densité de semis, comme à Bruson. Les plus grosses racines ont été obtenues avec la plus faible densité de semis (tabl. 7). Pour toutes les densités de semis, le poids moyen des racines a pra-

Tableau 3 | Effet de la densité de semis sur la longueur, le diamètre, la forme et le poids des racines de *Pimpinella peregrina*. Moyenne de 50 racines et de quatre répétitions, Bruson 2004

Densité de semis (g/are)	Longueur des racines (cm)	Diamètre des racines (cm)	Nombre de ramifications	Poids frais d'une racine (g)
3 g	23,9 a	1,62 a	1,7 a	26,6 a
4 g	24,3 a	1,40 b	0,8 b	19,7 b
6 g	23,2 a	1,16 c	0,7 b	16,9 b
12 g	20,1 b	0,99 c	0,6 b	11,5 bc
70 g*	17,7 b	0,73 d	0,1 b	6,0 c
Erreur standard	0,63	0,052	0,219	1,698

*Semis non éclairci.

Les lettres différentes indiquent les différences significatives ($P > 0,05$ test de Tukey).

Tableau 4 | Rendements et temps de travail à la récolte avec cinq densités de semis de *Pimpinella peregrina*. Moyenne de quatre répétitions, Bruson 2004

Densité de semis (g/are)	Distance entre les racines (ø cm)	Nombre de racines récoltées (m ²)	Poids des racines sèches (g/m ²)	Temps de travail manuel/are	
				Récolte	Lavage
3 g	6,0	43	278 b	3h30	1h10
4 g	4,0	63	354 ab	3h40	1h30
6 g	3,0	91	375 a	5h00	1h50
12 g	1,5	171	421 a	8h10	2h10
70 g*	1,0	240	410 a	9h40	2h20

*Semis non éclairci.

Les lettres différentes indiquent les différences significatives ($P > 0,05$ test de Tukey).

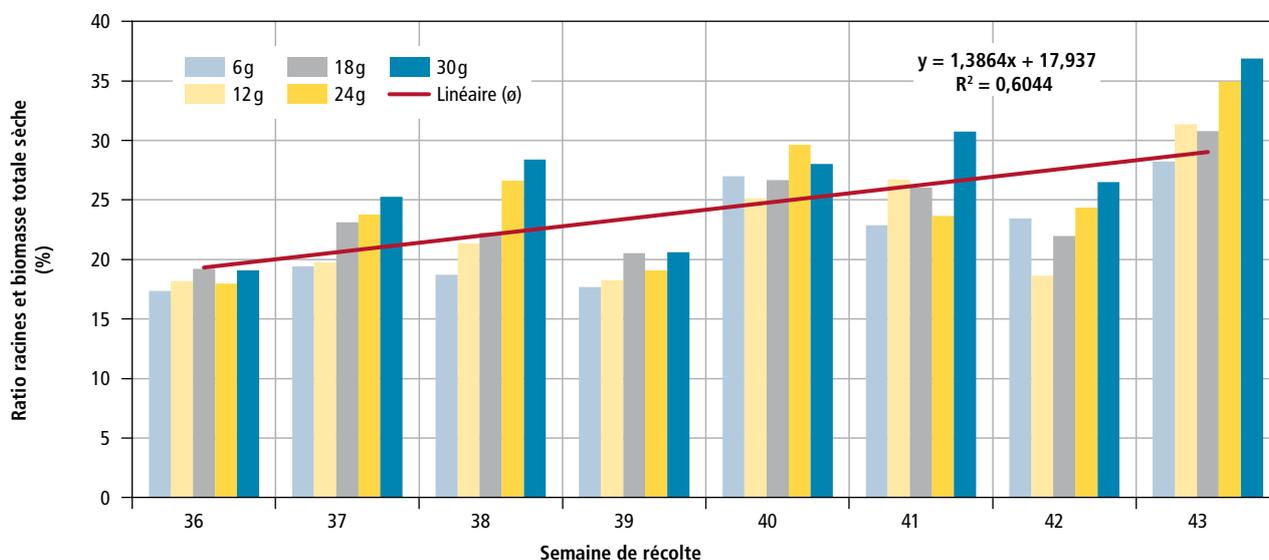


Figure 4 | Ratio de racines sèches en % par rapport à la biomasse totale (racines + parties aériennes) avec la moyenne exprimée par la courbe de tendance linéaire. Moyenne de trois répétitions.

Tableau 5 | Production de racines sèches avec cinq densités de semis de *Pimpinella peregrina*. Moyenne de trois répétitions, Conthey 2014

Densité de semis (g/are)	Semaine 36 02.09.2014 (g/m ²)	Semaine 37 09.09.2014 (g/m ²)	Semaine 38 16.09.2014 (g/m ²)	Semaine 39 23.09.2014 (g/m ²)	Semaine 40 30.09.2014 (g/m ²)	Semaine 41 07.10.2014 (g/m ²)	Semaine 42 14.10.2014 (g/m ²)	Semaine 43 21.10.2014 (g/m ²)
6 g	91	114	110	120 b	138	172	150	123 b
12 g	159	149	169	192 ab	182	166	183	179 ab
18 g	142	228	172	209 ab	202	188	200	164 ab
24 g	130	185	212	219 ab	237	150	205	174 ab
30 g	153	219	188	241 a	204	237	236	210 a

Les lettres différentes indiquent les différences significatives ($P > 0,05$ test de Tukey).

Tableau 6 | Taux de matière sèche de racines fraîches récoltées avec cinq densités de semis de *Pimpinella peregrina*. Moyenne de trois répétitions, Conthey 2014

Densité de semis (g/are)	Semaine 36 02.09.2014 (%)	Semaine 37 09.09.2014 (%)	Semaine 38 16.09.2014 (%)	Semaine 39 23.09.2014 (%)	Semaine 40 30.09.2014 (%)	Semaine 41 07.10.2014 (%)	Semaine 42 14.10.2014 (%)	Semaine 43 21.10.2014 (%)
6 g	21,8	22,8	21,5	21,5	23,1	22,8	22,0	21,2
12 g	20,8	22,2	22,9	22,1	22,1	21,1	21,3	21,5
18 g	22,3	24,4	23,4	25,7	23,9	22,4	22,2	22,4
24 g	21,6	23,2	23,6	23,6	23,3	22,3	21,3	22,2
30 g	22,1	23,1	23,5	23,6	22,6	22,5	22,4	22,8

Les différences ne sont pas significatives ($P > 0,05$ test de Tukey).

Tableau 7 | Longueur, diamètre et poids des racines sèches avec cinq densités de semis de *Pimpinella peregrina*. Moyenne de trois répétitions, Conthey 2014

a) Longueur des racines								
Densité de semis (g/are)	Semaine 36 02.09.2014 (cm)	Semaine 37 09.09.2014 (cm)	Semaine 38 16.09.2014 (cm)	Semaine 39 23.09.2014 (cm)	Semaine 40 30.09.2014 (cm)	Semaine 41 07.10.2014 (cm)	Semaine 42 14.10.2014 (cm)	Semaine 43 21.10.2014 (cm)
6 g	23,40	22,73	21,60	25,50	22,93	24,17	23,10	23,33
12 g	23,73	24,33	25,63	25,37	23,20	24,70	23,03	23,57
18 g	23,07	23,70	24,07	25,63	23,57	24,27	23,23	23,77
24 g	20,63	23,30	23,70	24,90	23,37	23,47	23,83	24,27
30 g	22,37	23,83	24,93	26,30	23,87	23,27	24,17	23,87
b) Diamètre des racines								
	(cm)							
6 g	1,19 a	1,07	1,19 a	1,27 a	1,13 a	1,10 a	1,29 a	1,25 a
12 g	0,91 b	0,97	0,93 ab	1,05 ab	0,93 ab	0,98 ab	0,86 b	1,05 b
18 g	0,76 bc	0,94	0,81 b	0,91 bc	0,86 b	0,85 abc	0,86 b	0,92 b
24 g	0,63 c	0,77	0,68 b	0,79 bc	0,81 b	0,74 bc	0,75 b	0,83 b
30 g	0,63 c	0,76	0,67 b	0,70 c	0,72 b	0,63 c	0,69 b	0,79 b
c) Poids moyens des racines								
	(g)							
6 g	11,0 a	10,5 a	13,4 a	13,6 a	14,6 a	15,2 a	18,4 a	21,0 a
12 g	7,0 ab	7,2 ab	10,9 ab	9,7 ab	9,6 b	11,2 ab	10,1 b	10,1 b
18 g	4,9 b	6,4 ab	8,2 bc	7,4 bc	8,2 bc	7,5 ab	8,3 bc	9,1 bc
24 g	3,4 b	4,3 b	5,5 c	5,1 c	5,3 cd	5,4 ab	5,3 c	6,8 c
30 g	3,0 b	3,9 b	4,9 c	5,6 c	4,4 d	5,0 b	5,2 c	6,3 c

Les lettres différentes indiquent les différences significatives ($P > 0,05$ test de Tukey).



tiquement doublé au fil des huit semaines d'expérimentation. Contrairement au rendement, le poids moyen des racines et le diamètre des collets a augmenté durant toute la saison de manière quasi linéaire. La diminution du nombre de racines récoltées explique la différence d'évolution entre le rendement en matière sèche et le poids moyen des racines. Dans les deux essais, le temps de travail à la récolte et de lavage a été inversement proportionnel au nombre de racines collectées.

Teneur en huile essentielle et en matière sèche soluble

Dans ces expériences, les teneurs en huile essentielle mesurées sont toujours demeurées relativement basses par rapport aux exigences de la Pharmacopée helvétique (min. 0,2 % de la matière sèche). L'effet de la den-

sité de semis ou de la date de récolte sur la formation de l'huile essentielle n'a pas pu être établi. En moyenne, le pourcentage d'huile augmente très légèrement, et de manière non significative, jusqu'en octobre, puis tend à diminuer (tabl. 8). Des analyses effectuées tardivement en saison (en décembre) sur des racines classées par diamètre ont confirmé cette tendance. Sept semaines après la dernière récolte de l'essai, la teneur était inférieure à 0,12 %.

Différentes parties de la racine (a. tissus vascularisés centraux; b. périderme et cortex; c. racines latérales et fines: $\varnothing < 0,25$ cm) ont été analysées séparément (fig. 5). L'huile essentielle se localise presque exclusivement dans le périderme et le cortex (tabl. 9). Les racines fines et le centre des racines ont une teneur inférieure à

Tableau 8 | Teneur en huile essentielle des racines sèches de cinq densités de semis de *Pimpinella peregrina*. Moyennes de trois répétitions, Conthey 2014

Densité de semis (g/are)	Semaine 36 02.09.2014 (%)	Semaine 37 09.09.2014 (%)	Semaine 38 16.09.2014 (%)	Semaine 39 23.09.2014 (%)	Semaine 40 30.09.2014 (%)	Semaine 41 07.10.2014 (%)	Semaine 42 14.10.2014 (%)	Semaine 43 21.10.2014 (%)
6 g	0,131	0,162	0,146	0,147	0,162	0,178	0,137	0,128 ab
12 g	0,136	0,139	0,137	0,155	0,145	0,156	0,147	0,141 a
18 g	0,152	0,145	0,116	0,137	0,137	0,159	0,161	0,103 ab
24 g	0,13	0,137	0,132	0,137	0,137	0,151	0,158	0,088 b
30 g	0,138	0,105	0,129	0,139	0,15	0,145	0,142	0,128 ab

Les lettres différentes indiquent les différences significatives ($P > 0,05$ test de Tukey).



Figure 5 | Racines de *Pimpinella peregrina* décortiquées pour analyser séparément les tissus centraux vascularisés (à gauche) et ceux du périderme et du cortex (à droite).

Tableau 9 | Teneur en huile essentielle et °Brix de trois classes de diamètre de racine de *Pimpinella peregrina*. Moyenne de trois répétitions, Conthey 2014

Parties de la racine analysée	Huile essentielle (%)	Brix (%)
Tissus vascularisés centraux	0,017 b	9,4 a
Périderme et cortex	0,114 a	8,7 b
Racines fines ($\varnothing < 0,25$ cm)	0,010 b	7,2 c

Les lettres différentes indiquent les différences significatives ($P > 0,05$ test de Tukey).

Tableau 10 | Teneur en huile essentielle et °Brix de différentes parties de la racine de *Pimpinella peregrina*. Moyenne de quatre répétitions, Conthey 2014

Diamètre des racines	Huile essentielle (%)	Brix (%)
$\varnothing < 0,5$ cm	0,119 a	8,3 b
$\varnothing 0,5$ à $1,0$ cm	0,110 ab	8,8 ab
$\varnothing > 1,5$ cm	0,096 b	9,7 a

Les lettres différentes indiquent les différences significatives ($P > 0,05$ test de Tukey).

0,02 %, ce qui explique la faible différence entre les variantes. En effet, dans les faibles densités de semis, la teneur en huile essentielle est pénalisée par les grosses racines, qui ont une proportion plus élevée de tissus centraux vascularisés (14,1 à 17,7 % de la biomasse des racines), tandis que les hautes densités de semis produisent davantage de racines fines pauvres en huile essentielle (tabl. 9 et 10).



Mesure du diamètre du collet de *Pimpinella peregrina*.

Des mesures d'huile essentielle dans les parties aériennes ont montré que les feuilles n'en contiennent qu'une infime quantité, de 0,046 à 0,070 ml/100g de MS.

La teneur en matière sèche soluble (°Brix) a également été analysée dans les différentes parties de la racine et en fonction de son diamètre (tabl. 9 et 10). Bien qu'elle ait été retrouvée en quantité (7,2 à 9,4 %) dans toutes les parties de la racine, les grosses racines et les tissus centraux vascularisés se distinguent significativement par leurs meilleures teneurs.

Conclusions

- Pour la Suisse, l'époque optimale de récolte des racines de *Pimpinella peregrina* est la première moitié du mois d'octobre. Le rendement en racines n'augmente plus significativement à partir de début octobre. Les densités de semis préconisées sont 12 g et 18 g/a car, au-delà, elles entraînent un surcroît de travail dû au nombre élevé de racines à récolter et à laver.
- La perte en eau au cours du séchage est demeurée stable durant la saison (en moyenne 22,3 % de la MS). Aucun effet de la densité de plantation ou de la date de récolte n'a été observé sur ce paramètre.
- La teneur en huile essentielle tend à diminuer en fin de saison. Dans cet essai, elle est toujours demeurée en dessous de 0,2 % de la matière sèche. La matière sèche soluble (°Brix) est corrélée au diamètre des racines. Les plus grosses d'entre elles et les tissus vascularisés centraux des racines en contiennent davantage. ■

Bibliographie

- Agridea, 2010. Plantes aromatiques et médicinales. Classeur de fiches techniques.
- Carron C.-A., Vouillamoz J. & Baroffio C., 2014. Rapport annuel 2013 Plantes médicinales et aromatiques. C. Editions Agroscope, Conthey, 75 p.
- Carron C.-A., Rey C., Michel V. & Carlen C., 2004. Rapport d'activité 2004. C. Editions Agroscope, Conthey, 56 p.
- Gerstberger P., 1985. *Pimpinella peregrina* L. – eine neue Adventivpflanze für die Bundesrepublik Deutschland. *Ber. Bayer. Bot. Ges.* **56**, 89–93
- Koelink J., Adams J. & Ploumen N., 2008. De Vreemde bevernel, een nieuwe plant voor Limburg. *Natuurhist. Maandbl.* **97**, 1–3.
- Kubeczka K. H. & Bohn I., 1985. *Radix Pimpinellae* und ihre aktuellen Verfälschungen. *Deutsche Apotheker Zeitung* **125**, 399–402.
- Lauber K. & Wagner G., 2000. Flora Helvetica. Flore illustrée de Suisse. Editions Haupt, 1616 p.
- Sassela A., Jermini M. & Rey C., 2006. Essais culturaux de *Pimpinella peregrina* L. au Tessin. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **38** (2), 123–127.
- Svenson A. & Anderberg A., 1994. Lång bockrot, *Pimpinella peregrina*, ny för Sverige – etablerad från insådd ängsfröblandning. *Svensk Bot. Tidskr.* **88**, 357–360.
- Verloove F., 2001. *Pimpinella peregrina* L., nieuw voor de Belgische flora in Ieper. *Dumortiera* **78**, 18–19.
- Wichtl M. & Anton R., 2003. Plantes thérapeutiques. Editions Tec & Doc, 692 p.

Summary

Effect of seeding density and harvest date on *Pimpinella peregrina* L. yield and quality

Pimpinella peregrina L. is a biennial herb belonging to the *Apiaceae* family cultivated in Switzerland for its roots. In 2014, a seeding density trial was set up at Agroscope in Conthey (VS) to monitor the biomass formation in roots and to define the optimum harvest window for yield, quality and of water loss on drying. The root yield was significantly influenced by seeding rate up to 12 g/are. Higher densities did not increase the yield. The root production grew steadily until the end of September and was then stabilized, while the average weight of roots and collar diameters increased throughout the season. The essential oil content, ranging between 0.10 and 0.16 %, remained low and relatively stable, with no apparent relation to the seeding density. However, this content declined after October 15th. The analysis of the soluble solids content (°Brix), also retained as a quality criterion, showed that larger roots contain more. The weight loss on drying (21 to 22 % of dry matter) also remained constant throughout the experiment. Under the conditions of the Swiss hill level, current practical recommendations of seeding to a density greater than 12 g/are (faculty of germination > 80 %) and of an optimal harvesting period at the first half of October are still valid.

Key words: burnet, *Apiaceae*, yield, sowing density, essential Oil, °Brix.

Zusammenfassung

Einfluss der Saatchichte und des Erntetermins auf den Ertrag und die Qualität von *Pimpinella peregrina* L.

Die Fremde Bibernelle (*Pimpinella peregrina* L.) ist eine zweijährige Medizinalpflanze, die zur Familie der *Apiacea* gehört und die in der Schweiz für ihre Wurzeln angebaut wird. Im 2014 hat Agroscope in Conthey einen Versuch über die Saatchichte durchgeführt, um den Aufbau der Wurzel-Biomasse zu untersuchen und das optimale Erntefenster, in Abhängigkeit von Qualität und Wasserverlust bei der Trocknung, zu bestimmen. Der Ertrag an Wurzeln ist durch die Saatchichte bis zu einer Dichte von 12 g/a signifikant beeinflusst worden. Höhere Saatchichten haben den Ertrag nicht beeinflusst. Die Wurzelproduktion hat bis Ende September regelmässig zugenommen und ist danach stabil geblieben, während Durchschnittsgewicht und Schaftdurchmesser während der gesamten Saison angestiegen sind. Der Gehalt an ätherischen Ölen lag zwischen 0,10 und 0,16 %, er blieb gering und ziemlich stabil, ohne sichtbaren Zusammenhang mit der Saatchichte. Nach dem 15. Oktober hat dieser Gehalt jedoch nachgelassen. Die Analyse der löslichen Trockenstoffe (°Brix), welche ebenfalls als Qualitätskriterium gelten, hat gezeigt, dass die dicksten Wurzeln am meisten davon enthalten. Der Wasserverlust bei der Trocknung (21 bis 22 % Trockenmasse) ist während des gesamten Versuchs ebenfalls konstant geblieben. Für die Bedingungen der Hügellzone in der Schweiz bleiben die Empfehlungen der gängigen Praxis gültig, d.h. eine Saatchichte von über 12 g/a (Keimfähigkeit > 80 %) und optimaler Erntezeitpunkt während der ersten zwei Oktoberwochen.

Riassunto

Effetto della densità di semina e della data di raccolta sulla resa e sulla qualità di *Pimpinella peregrina* L.

Pimpinella peregrina L. è una pianta biennale appartenente alla famiglia delle *Apiaceae* coltivata in Svizzera per le sue radici. Nel 2014, uno studio di densità di semina è stato istituito presso la Agroscope a Conthey (VS) per monitorare la formazione della biomassa nelle radici e per definire la finestra ottimale di raccolta per la resa, la qualità e la perdita d'acqua dopo l'essiccamento. La resa di radici è stata significativamente influenzata fino ad una densità di semina di 6 g/are. Densità più elevate non hanno aumentato la resa. La produzione di radici è cresciuta costantemente fino alla fine di settembre e si è poi stabilizzata, mentre il peso medio delle radici e i diametri collare sono aumentati in tutta la stagione. Il contenuto di olio essenziale, tra 0,10 e 0,16 %, è rimasto basso e relativamente stabile, senza alcun apparente legame con la densità di semina. Tuttavia, questo contenuto è diminuito dopo il 15 ottobre. L'analisi del contenuto di solidi solubili (°Brix), mantenuto anche come criterio di qualità, ha dimostrato che le radici più grandi ne contengono di più. La perdita di peso dopo l'essiccamento (sostanza secca da 21 a 22 %) è rimasta costante durante l'esperienza. Nelle condizioni del livello collinare svizzero, le raccomandazioni pratiche attuali di una densità di semina superiore a 12 g/are (potere germinativo > 80 %) e d'un periodo di raccolta ottimale la prima metà di ottobre sono ancora valide.

mazout

Chauffage

refroidissement

Ventilation

climatisation

Sanitaire

Un seul partenaire

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

Actifs sur la partie vaudoise de l'Arc lémanique, nous vous conseillons et vous assistons très volontiers. Nous proposons notre service d'entretien en fonction de vos exigences.

Chez **Von Auw SA**, vous trouverez 85 professionnels attentifs à vos besoins de chaud, de froid ou d'installations sanitaires.



bureau technique • installations • entretien

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

bois

air

eau

gaz

géothermie

solaire

Utilisation de la spectroscopie FT-NIR pour prédire l'élasticité superficielle et globale de la tomate lors de l'évolution en shelf-life

Cédric CAMPS et Céline GILLI, Agroscope, 1964 Conthey, Suisse

Renseignements: e-mail: cedric.camps@agroscope.admin.ch, tél. +41 58 481 35 30, www.agroscope.ch



Introduction

L'étude des pratiques culturales sur la qualité des tomates nécessite des centaines d'analyses. Celles-ci sont consommatrices de temps de main-d'œuvre et détruisent les échantillons. Le développement d'une méthode d'analyse non destructive s'avère donc nécessaire.

La spectroscopie proche infrarouge est largement utilisée pour développer des modèles de prédiction de la qualité de diverses espèces de fruits (Camps et Christen 2009a, 2009b; Camps *et al.* 2007; Christen *et al.* 2012) et de la tomate en particulier (Baranska *et al.*

2006; Clement *et al.* 2008a, 2008b; De Nardo *et al.* 2009; Flores *et al.* 2009; Kusumiyati *et al.* 2008; Pedro et Ferreira 2005, 2007).

Récemment, Ecartot *et al.* (2013) ont démontré la faisabilité de prédire la qualité des tomates de la variété Micro-Tom dans le cadre d'une étude de phénotypage. Dans cette étude, des paramètres tels que la teneur en matières solubles (SSC), l'acidité (TA) ou encore la fermeté ont été prédits avec un certain succès.

L'analyse de la texture des fruits fournit des données très intéressantes pour les attentes des consommateurs ou pour la capacité d'un fruit à être stocké et

transporté. Des études, notamment sur pommes, ont identifié des paramètres de texture issus de mesures de pénétration ou de compression uniaxiale (Camps *et al.* 2005; Jourjon *et al.* 2007; Mehinagic *et al.* 2003; Mehinagic *et al.* 2004). L'approche suivie dans ce travail vise à extraire de ces méthodes de mesure de la texture les paramètres relatifs à l'élasticité des fruits, au niveau superficiel et global. Ces paramètres ont été suivis sur des tomates exposées à température ambiante durant une puis deux semaines afin de simuler leur évolution dans le commerce et chez les consommateurs. Enfin, des modèles de prédiction de ces paramètres par spectroscopie proche infrarouge à transformée de Fourier ont été établis et leur pertinence est discutée.

Matériel et méthodes

Fruits

Pour cette expérimentation, des tomates de la variété grappe Endeavour issues d'une culture hors-sol ont été choisies dans les serres du centre de recherche d'Agroscope à Conthey en 2014. Afin d'optimiser la variabilité de la texture, 90 fruits ont été analysés au travers d'une expérience d'entreposage dite en «shelf-life». Les fruits ont ainsi été divisés en trois lots de 30, le premier étant analysé le jour de la récolte et les deux suivants après respectivement sept et quatorze jours d'entreposage à température ambiante.

Analyse des propriétés physiques de la texture

L'analyse des propriétés physiques relatives à l'élasticité des tomates a été réalisée en deux étapes. Un test de pénétration a d'abord été effectué afin de mesurer l'élasticité de surface (ou locale) des fruits. Dans un deuxième temps, l'élasticité globale du fruit a été mesurée par un test de compression uniaxiale.

Analyse par pénétration

La mesure a été réalisée à l'aide d'un texturomètre de type QTS25 (texture analyser, Brookfield, Royaume-Uni) portant une sonde métallique cylindrique, d'un diamètre de 1 mm. La mesure a consisté à faire pénétrer cette sonde à une vitesse de 10 mm/s dans le fruit jusqu'à une profondeur de 10 mm. A la suite de ce test, une courbe numérisée des forces en fonction de la distance parcourue par la sonde est récupérée et analysée. Cette courbe forme une matrice $\mathbf{P}_{n,2}$ de n lignes (nombre de mesures) et deux colonnes, la première contenant les valeurs de déplacement de la sonde et la seconde les valeurs de forces mesurées pour chaque pas de distance considéré (Camps *et al.* 2005). De cette courbe numérisée, la valeur du module d'élasticité ex-

Résumé

La texture des fruits est un critère de qualité encore peu exploité dans la chaîne d'approvisionnement, malgré l'importance qu'il revêt dans la description sensorielle par les consommateurs. L'élasticité du fruit, une des composantes de la texture, est aussi pertinente pour déterminer la capacité d'un fruit à supporter un itinéraire post-récolte incluant des manipulations par les opérateurs, le transport et des durées d'exposition variables sur les étals du commerce et chez les consommateurs *in fine*. Mesurer l'élasticité d'un fruit est invasif et parfois destructif. Dans la présente étude, des modèles de prédiction utilisant la mesure par spectroscopie proche infrarouge à transformée de Fourier ont été développés pour évaluer la faisabilité de cette mesure sans porter atteinte aux propriétés physiques et chimiques du fruit. Les modèles établis sont prometteurs, avec des valeurs de R^2 comprises entre 0,75 et 0,88 ainsi que des erreurs relatives de prédiction inférieures ou égales à 11 %. Deux modèles sur trois ont pu être validés du point de vue statistique (ISO 12099) sur la base de l'évaluation du biais, de la pente et de l'erreur aléatoire de prédiction (SEP).

périmental (E_p) et celle relative au déplacement de la sonde jusqu'à rupture de l'épiderme du fruit (D_p) ont été extraites. Cette analyse des courbes de force/déplacement a été réalisée avec le logiciel Matlab R2013a.

Analyse par compression uniaxiale

Un test de compression uniaxiale comprenant un seul cycle de charge et de décharge a été réalisé sur les fruits entiers. Pour ce test, l'analyseur de texture précédemment décrit a été utilisé (QTS25) mais avec une sonde de forme cylindrique, plate et d'un diamètre de 50 mm. La mesure a consisté à comprimer le fruit à hauteur de 5 % de son calibre. Cette courbe numérisée forme une matrice $\mathbf{C}_{n,2}$ de n lignes (nombre de mesures) et deux colonnes, la première contenant les valeurs de déplacement de la sonde et la seconde les valeurs de forces mesurées pour chaque pas de distance considéré. De cette courbe numérisée, la valeur du module d'élasticité expérimental (E_c) a été extraite (Camps *et al.* 2005). Cette analyse des courbes de force/déplacement a été réalisée avec le logiciel Matlab R2013a.

Analyse des données de texture

Les paramètres extraits des courbes numérisées de pé-nétrométrie et de compression ont été analysés par ANOVA et les valeurs moyennes de chaque modalité comparées à l'aide d'un test HSD à un niveau de signification de 5%. Avant l'analyse de variance, la distribution des valeurs a été examinée afin de s'assurer de la normalité ou quasi-normalité des distributions. Trois

tests ont servi à vérifier la distribution des données: Shapiro-Wilk, Anderson-Darling et Lilliefors. Toutes ces analyses ont été effectuées avec le logiciel Matlab R2013a.

Spectroscopie FT-NIR

Les spectres de tomates ont été acquis en mode réflexion diffuse à l'aide d'un spectromètre proche infrarouge à transformée de Fourier (FT-NIR, MPA, Bruker). Les

Tableau 1 | Paramètres calculés pour l'évaluation des modèles de prédiction PLS

Paramètre calculé	Formule algébrique	Annotations des formules algébriques
Coefficient de détermination	$Q^2 \text{ or } R^2 = R_{cv}^2 = 1 - \frac{PRESS}{TSS}$	$PRESS = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$ $TSS = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$
Ratio de la déviation sur la performance	$RPD = \frac{SD}{SECV \text{ or } RMSECV}$	Avec SD la déviation standard: $SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{TSS}{n-1}}$
Ratio de la distance interquartile sur la performance	$RPIQ = \frac{(Q_3 - Q_1)}{SECV \text{ or } RMSECV}$	Q_1 et Q_3 : valeurs des premier et troisième quartiles des valeurs de référence
Résidus	$e_i = y_i - \hat{y}_i$	y_i est la i^e valeur de référence \hat{y}_i est la i^e valeur prédite
Biais	$\bar{e} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i$	e_i : résidu
Limites de confiance du biais (Le calcul des limites de confiance du biais déterminent l'acceptation ou le rejet des performances des équations sur l'échantillon de validation).	$T_b = \frac{\pm t_{(1-\alpha/2)*SEP}}{\sqrt{n}}$	α : probabilité d'erreur de type I t : valeur de Student appropriée pour un test bilatéral avec des degrés de liberté associés à la SEP et la probabilité choisie d'une erreur de type I n : nombre d'échantillons indépendants SEP: erreur type de prédiction
Erreur quadratique (RMSE)	$RMSEP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n}}$ $RMSEP = \sqrt{\frac{(n-1)}{n} * SEP^2 + \bar{e}^2}$	Cette valeur peut être comparée à SEC et/ou SECV. Elle comprend l'erreur aléatoire (SEP) et l'erreur systématique (biais). Elle comprend également l'erreur des méthodes de référence (tout comme SEC et SECV).
Erreur type de prédiction (SEP)	$SEP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (e_i - \bar{e})^2}{n-1}}$	La SEP peut être reliée à la SEC et/ou la SECV pour vérifier la validité du modèle d'étalonnage pour l'ensemble de validation choisi.
Limites de confiance d'erreur inexpliquée (SEP)	$T_{UE} = SEC * \sqrt{F(\alpha, \vartheta, M)}$	$\vartheta = n - 1$: degrés de liberté du numérateur associé à SEP de l'ensemble de validation $M = n_c - p - 1$: degrés de liberté du dénominateur associé à SEC n_c : nombre d'échantillons de l'étalonnage p : le nombre de termes (dimensions) du modèle de prédiction PLS
Pente (b)	$y = a + b\hat{y}$ $b = \frac{S_{\hat{y}y}}{S_{\hat{y}}^2}$	$S_{\hat{y}y}$: covariance entre les valeurs de référence et les valeurs prédites $S_{\hat{y}}^2$: variance des n valeurs prédites
Evaluation de la pente	$t_{obs} = b - 1 \sqrt{\frac{S_{\hat{y}}^2(n-1)}{S_{res}^2}}$	La pente est considérée comme $\neq 1$ lorsque $t_{obs} \geq t^{(1-\alpha/2)}$ S_{res} : écart type résiduel $S_{res} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - a - b\hat{y}_i)^2}{n-2}}$
Ordonnée à l'origine (a)	$a = \bar{y} - b\bar{\hat{y}}$	$\bar{\hat{y}}$: moyenne des valeurs prédites \bar{y} : moyenne des valeurs de référence b : pente

spectres sont des moyennes de 32 scans enregistrés à une résolution de 8 nm de 12000 cm⁻¹ jusqu'à 4000 cm⁻¹. Une collection de 180 spectres (deux spectres par fruit) a été constituée. Afin de minimiser les effets incontrôlés d'intensités et les problèmes liés à la ligne de base, les spectres ont subi des prétraitements tels que SNV, dérivées 1^{re} ou 2^e, MSC, etc. (Barnes *et al.* 1989; Moons et Sinnaeve 2000).

Modèles quantitatifs

Les spectres ont été compilés dans une matrice $X_{n,p}$ dans laquelle n est le nombre de spectres ($n = 180$) et p le nombre de pas de nombre d'ondes ($p = 3000$). Les valeurs de références de texture (E_p , D_p et E_c) sont quant à elles compilées dans des vecteurs colonnes $y_{n,1}$. Les modèles sont élaborés en trois étapes: 1) la détermination du nombre optimal de variables latentes (LV) à introduire dans le modèle, 2) l'étalonnage du modèle et 3) sa validation par un jeu de spectres test.

La première étape s'appuie sur deux méthodes. Premièrement, il s'agit de trouver le nombre de LV pour lequel la valeur de coefficient de détermination est maximale et la valeur de l'erreur quadratique minimale. Cette étape utilise une procédure classique dite de «leave-one-out». Deuxièmement, une méthode visant à analyser la covariance de la matrice X et des vecteurs y est appliquée (Roger *et al.* 2011). Pour l'étape 3, environ 10 % des échantillons ont été placés dans un jeu test de manière aléatoire.

Evaluation des modèles de prédiction

La précision et l'évaluation des paramètres des modèles doivent être examinées d'après des indicateurs calculés. Ces paramètres sont regroupés dans le tableau 1.

La précision est d'abord évaluée par les paramètres mettant en lumière la linéarité du modèle et sa pré-

sion: le coefficient de détermination (R^2), l'erreur quadratique ($RMSEC/P$), l'erreur standard de prédiction (SEP), le biais ($e\bar{b}$) ou encore la pente (b). Le biais correspond à l'erreur systématique du modèle alors que SEP correspond à l'erreur aléatoire. $RMSEC/P$ regroupe les deux types d'erreurs (tabl. 1).

L'évaluation du modèle est possible par le calcul de deux paramètres qui permettent de comparer la variabilité du jeu de données de référence analysé à l'erreur du modèle. Ces paramètres sont notés RPD et RPIQ (tabl. 1; Bellon-Maurel *et al.* 2010). RPD est pertinent si la distribution des données est normale, tandis que RPIQ permet l'analyse des données de référence qui s'écartent de la normalité.

Enfin, il est possible de calculer les limites de confiance du biais ($e\bar{b}$), de SEP et de la pente (b) (tabl. 1). Toutes les analyses de données ont été effectuées avec les logiciels Matlab R2013a et OPUS (Bruker).

Résultats et discussion

Analyse de la texture des fruits

La distribution des données de texture (E_p , D_p et E_c) a été testée du point de vue de la loi normale (tabl. 2). Les valeurs p des différents tests indiquent une distribution parfaitement «normale» pour D_p et proche de la normale pour les deux autres paramètres. La figure 1 illustre les distributions empiriques et normales des données de texture.

Tableau 2 | Valeur «p» des tests de normalité

	Shapiro-Wilk	Anderson-Darling	Lillefors
E_p	2,87 10 ⁻⁴	5,0 10 ⁻⁴	1,0 10 ⁻³
D_p	0,287	0,485	0,382
E_c	8,64 10 ⁻⁶	5,0 10 ⁻⁴	1,0 10 ⁻³

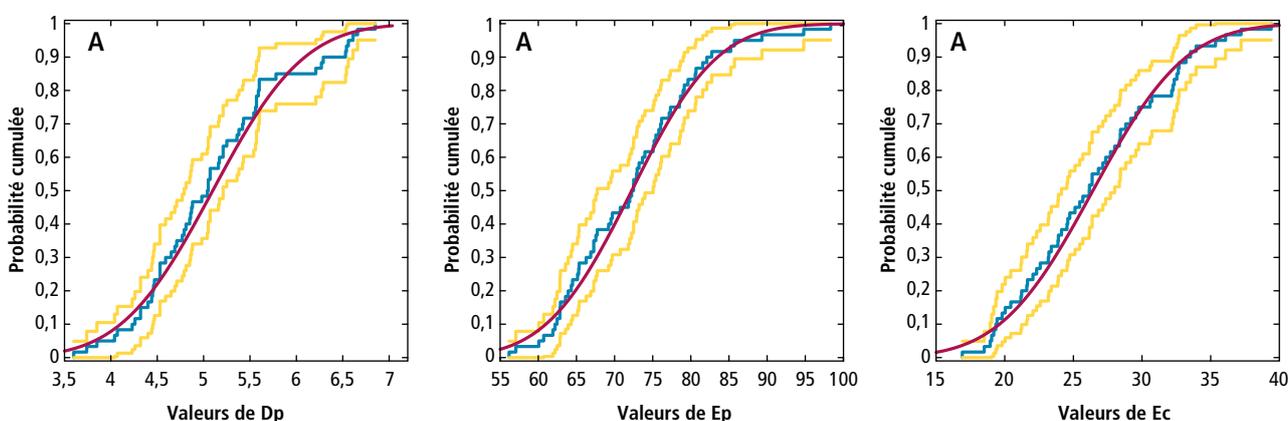


Figure 1 | Distribution des valeurs de texture. « D_p » (A), « E_p » (B) et « E_c » (C). Distribution normale théorique (—) et empirique (—). Les lignes jaunes indiquent l'intervalle de confiance à 5%.

Au cours de l'exposition à température ambiante (shelf-life), les propriétés de texture relatives à l'élasticité des fruits ont varié significativement (tabl. 3). L'élasticité de surface du fruit a diminué de 24 % après sept jours et de 34 % après quatorze jours. De même, l'élasticité globale a diminué de 28 % et de plus de 40 % après les mêmes intervalles à température ambiante. Le paramètre D_p , lié à l'élasticité de surface, a uniquement augmenté au cours des sept premiers jours de shelf-life (+29 %).

E_p (le module d'élasticité expérimental ou module de Young) et D_p (la déformation à la rupture de l'épiderme du fruit) ne sont donc pas corrélés durant l'évolution de la texture en shelf-life. Par conséquent, ils pourraient apporter des informations complémentaires sur l'évolution physiologique et/ou physique de la texture du fruit. Des travaux sur pommes ont déjà établi cette complémentarité (Camps *et al.* 2005). Cette absence de corrélation fait des paramètres d'élasticité de bons candidats pour la construction de modèles basés sur les données spectrales mesurées par FT-NIR.

Tableau 3 | Moyennes des valeurs de texture lors de l'exposition en «shelf-life»

Paramètres de texture	A la récolte	Après 7 jours de shelf-life	Après 14 jours de shelf-life	Valeur de p
E_p (surface)	224,4A	170,3B	147,6C	$7,4 \cdot 10^{-16}$
D_p (surface)	2,4a	3,1b	3,1b	$5,4^{10-7}$
E_c (global)	98,1*	71,1**	58,5***	$1,3 \cdot 10^{-21}$

Elaboration des modèles FT-NIR

Les modèles établis fournissent de bonnes précisions pour les trois paramètres D_p , E_p et E_c . Lors de la validation, la bonne linéarité des modèles est confirmée par les valeurs de R^2 , respectivement 0,78, 0,78 et 0,88 pour D_p , E_c et E_p (tabl. 4). En termes d'erreur relative (Rel_SEP), les paramètres sont estimés avec une précision de l'ordre de 10 à 11 %. Les valeurs de RPD et RPIQ, entre 1,66 et 3,18, sont prometteuses. Concernant ces deux

Tableau 4 | Valeurs des modèles PLS pour les paramètres D_p , E_p , E_c mesurés sur les fruits laissés à température ambiante

	E_p		D_p		E_c	
	CV	VAL	CV	VAL	CV	VAL
Ecart-type	30,76	34,76	0,52	0,50	18,96	17,79
Moyenne	176,30	190,51	2,84	2,81	75,72	76,42
Biais	-2,26E-03	5,88E+00	1,32E-05	1,72E-01	7,04E-04	2,88E+00
RMSEV	21,14	21,08	0,18	0,34	6,84	8,12
SEP	21,21	20,95	0,18	0,31	6,86	7,87
LV	7	7	11	11	8	8
Covariance	946,53	1233,51	0,27	0,28	359,49	349,64
Variance	952,80	1294,79	0,28	0,27	361,71	340,88
R^2	0,68	0,75	0,90	0,78	0,88	0,88
Rel_RMSEV	0,12	0,11	0,06	0,12	0,09	0,11
Rel_SEP	0,12	0,11	0,06	0,11	0,09	0,10
RPD	1,45	1,66	2,94	1,64	2,76	2,26
RER	7,99	6,44	15,38	8,53	14,67	10,53
RPIQ	2,54	2,74	4,72	1,62	3,68	3,18
Tb	3,421	11,531	0,029	0,168	1,065	4,513
Tb x SEP	72,553	241,595	0,005	0,052	7,306	35,532
$F(\alpha, \nu, M)$:	1,310	1,759	1,308	1,758	1,297	1,781
TUE :	24,276	28,123	0,204	0,236	7,815	9,159
Pente	0,993	0,953	0,993	1,030	0,994	1,026
t	1,976	2,131	1,976	2,131	1,975	2,145
tOBS	0,007	0,016	0,008	0,011	0,010	0,009
Ord. Orig.	1,159	14,894	0,019	0,088	0,464	0,918
Evaluation de:						
Biais		OK		NO		OK
Pente		OK		OK		OK
SEP		OK		NO		OK



Prise de mesure au spectromètre NIR sur tomates.

derniers paramètres, des valeurs encore légèrement trop faibles ($RPD < 2$) sont notées pour les prédictions de D_p et E_p ($RPD \sim 1,6$). Afin de renforcer ces modèles, il serait souhaitable d'ajouter des mesures de texture effectuées sur des fruits dont les propriétés d'élasticité sont significativement différentes. Pour cela, de nouvelles conditions post-récolte des mêmes variétés de tomate ou l'ajout de nouvelles variétés pourraient

constituer des pistes intéressantes. La figure 2 illustre l'expression des résidus sur les valeurs prédites afin de s'assurer de l'absence de données aberrantes (outliers). Quel que soit le modèle de prédiction (D_p , E_p ou E_c), aucune valeur de texture ne dépasse les seuils limites positifs ou négatifs à 99 % ($\pm 3\sigma$) ou 95 % ($\pm 2\sigma$). Il n'est donc pas nécessaire d'éliminer des données des jeux de validation.

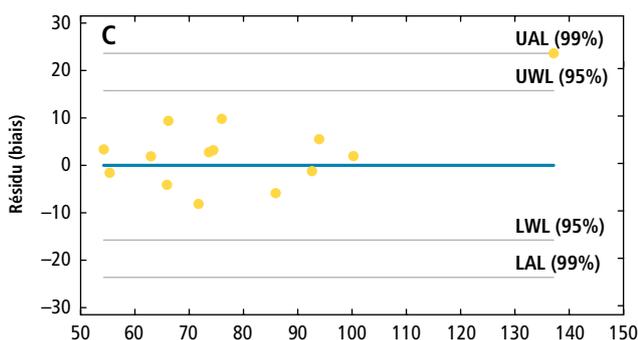
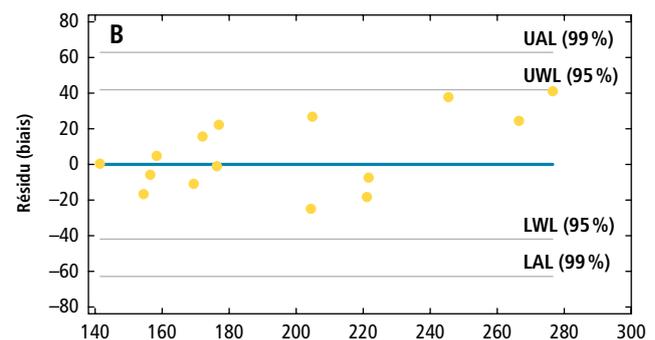
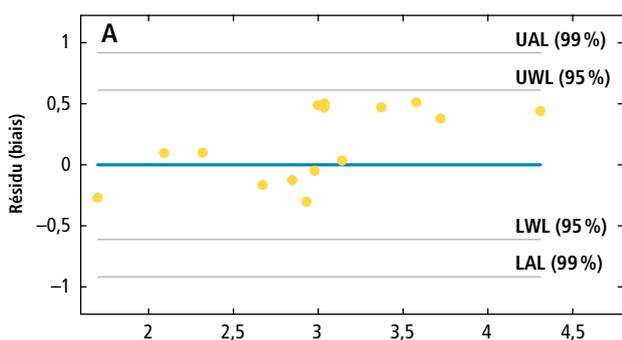


Figure 2 | Expression des résidus calculés lors de la validation des modèles PLS sur les paramètres de texture.

Modèles D_p (A), E_p (B), E_c (C).

UAL: *Upper Action limit* (limite supérieure d'action),

LAL: *Lower action limit* (limite inférieure d'action),

UWL: *Upper Warning Limit* (limite supérieure d'alerte),

LWL: *Lower Warning Limit* (limite inférieure d'alerte).

L'évaluation des paramètres de biais (erreur systématique), de pente ou encore d'erreur de prédiction (SEP) permet d'évaluer la robustesse des modèles (tabl.4). Concernant la prédiction d' E_p et E_c , les tests statistiques utilisés ont donné des réponses positives pour les trois paramètres. Les biais calculés ne sont pas significativement différents de 0, la pente n'est pas significativement différente de 1 et la SEP est statistiquement acceptable pour un échantillon de validation de $n = 15$ individus. Concernant la prédiction de D_p , l'erreur aléatoire mesurée (SEP) est acceptable pour un jeu de validation de quinze individus. En revanche, la valeur du biais (0,172) étant supérieure à celle de $T_b \times SEP$ (0,052), nous devons considérer que celle-ci est différente de 0 et donc encore inacceptable au stade de développement actuel du modèle. De même, la limite d'acceptation de la SEP (erreur de prédiction) est de 0,236 mm. La SEP calculée étant de 0,31 mm, même si ces deux valeurs sont relativement proches, il n'est statistiquement pas possible de valider l'acceptabilité de la SEP pour le modèle de prédiction D_p .

Conclusions

- La présente étude visait à évaluer la possibilité de prédire certaines valeurs de texture par spectrométrie FT-NIR, s'appliquant à l'évolution des tomates à température ambiante (shelf-life).
- Les paramètres de texture testés sont représentatifs de l'élasticité du fruit, au niveau local (superficiel) ou global, et permettent de discriminer la texture des fruits en fonction de la durée de shelf-life. Leur pertinence est donc établie.
- Les modèles de prédiction développés utilisant la spectrométrie FT-NIR sont prometteurs. En particulier, les paramètres des modèles PLS de prédiction des modules d'élasticité (E_p et E_c) ont pu être validés du point de vue statistique.
- Toutefois, cet essai reste préliminaire car l'analyse repose sur moins de 200 spectres et une modélisation robuste demanderait quelques centaines d'individus. L'étape d'étalonnage doit donc se poursuivre avant la validation complète des modèles. ■

Bibliographie

- Baranska M., Schütze W. & Schulz H., 2006. Determination of lycopene and beta-carotene content in tomato fruits and related products: Comparison of FT-Raman, ATR-IR, and NIR spectroscopy. *Analytical Chemistry* **78** (24), 8456-8461. doi: 10.1021/ac061220j
- Barnes R. J., Dhanoa M. S. & Lister S. J., 1989. Standard normal variate transformation and de-trending of near-infrared diffuse reflectance spectra. *Applied Spectroscopy* **43** (5), 772-777.
- Bellon-Maurel V., Fernandez-Ahumada E., Palagos B., Roger J. M. & McBratney A., 2010. Critical review of chemometric indicators commonly used for assessing the quality of the prediction of soil attributes by NIR spectroscopy. *Trac-Trends in Analytical Chemistry* **29** (9), 1073-1081. doi: 10.1016/j.trac.2010.05.006
- Camps C. & Christen D., 2009a. Non-destructive assessment of apricot fruit quality by portable visible-near infrared spectroscopy. *Lwt-Food Science and Technology* **42** (6), 1125-1131.
- Camps C. & Christen D., 2009b. On-tree follow-up of apricot fruit development using a hand-held NIR instrument. *Journal of Food, Agriculture & Environment* **7** (2), 394-400.
- Camps C., Guillermin P., Mauget J. & Bertrand D., 2005. Data analysis of penetrometric force/displacement curves for the characterization of whole apple fruits. *Journal of Texture Studies* **36** (4), 387-401.
- Camps C., Guillermin P., Mauget J. & Bertrand D., 2007. Discrimination of storage duration of apples stored in cooled room and shelflife by visible-near infrared spectroscopy. *Journal of near Infrared Spectroscopy* **15** (3), 169-177.
- Christen D., Camps C., Besse S., Guelat L.-M., Coutant C., Ducruet J. & Rossier J., 2012. Outils d'aide à la décision pour la récolte des abricots Luizet à distiller. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **44** (2), 114-119.
- Clement A., Dorais M. & Vernon M., 2008a. Multivariate approach to the measurement of tomato maturity and gustatory attributes and their rapid assessment by Vis-NIR Spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **56** (5), 1538-1544. doi: 10.1021/jf072182n
- Clement A., Dorais M. & Vernon M., 2008b. Nondestructive Measurement of Fresh Tomato Lycopene Content and Other Physicochemical Characteristics Using Visible-NIR Spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **56** (21), 9813-9818. doi: 10.1021/jf801299r
- De Nardo T., Shiroma-Kian C., Halim Y., Francis D. & Rodriguez-Saona L. E., 2009. Rapid and Simultaneous Determination of Lycopene and beta-Carotene Contents in Tomato Juice by Infrared Spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **57** (4), 1105-1112. doi: 10.1021/jf802920z
- Ecartot M., Baczyk P., Tessarotto L. & Chervin C., 2013. Rapid phenotyping of the tomato fruit model, Micro-Tom, with a portable VIS-NIR spectrometer. *Plant Physiol. Biochem.* **70**, 159-163.
- Flores K., Sanchez M. T., Perez-Marin D., Guerrero J. E. & Garrido-Varo A., 2009. Feasibility in NIRS instruments for predicting internal quality in intact tomato. *Journal of Food Engineering* **91** (2), 311-318. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2008.09.013
- Jourjon F., Mehinagic E., Camps C., Guillermin P., Bertrand D., Laurens F. & Vigouroux B., 2007. Différentes approches de la mesure de la texture des pommes et raisins. Paper presented at the Colloque Végétal et Semences.
- Kusumiyati A., Akinaga T., Tanaka M. & Kawasaki S., 2008. On-tree and after-harvesting evaluation of firmness, color and lycopene content of tomato fruit using portable NIR spectroscopy. *Journal of Food Agriculture & Environment* **6** (2), 327-332.
- Mehinagic E., Royer G., Bertrand D., Symoneaux R., Laurens F. & Jourjon F., 2003. Relationship between sensory analysis, penetrometry and visible-NIR

Summary

Using FT-NIR spectroscopy to predict surface and overall elasticity of tomato during shelf-life

The texture of fruit is a quality criterion largely untapped in the supply chain despite its importance from the point of view of sensory description by consumers. The elasticity, a component of the texture, is also relevant in determining the ability of a product to support a postharvest itinerary that includes handling by operators, transport and various durations of exposure on stalls trade and at home among consumers. Measuring the elasticity of a fruit is invasive and sometimes destructive. In this study, prediction models using measurement by near infrared spectroscopy have been initiated to assess the possibility of this measure without affecting the physical and chemical properties of the fruit. Established models are promising with R^2 values between 0.75 and 0.88, a relative prediction error lower than or equal to 11 %. Two out of three models have been statistically validated (ISO 12099) on the basis of the assessment of bias, slope and SEP-values.

Key words: texture, FT-NIR, PLS, elasticity, tomato, shelf-life.

Zusammenfassung

FT-NIR Spektroskopie zur Messung der oberflächlichen und globalen Elastizität von Tomaten während dem «shelf-life»

Die Textur von Früchten und Gemüse wird in der Versorgungskette noch sehr wenig als Qualitätsmerkmal genutzt, obwohl sie für Konsumenten ein wichtiges sensorisches Kriterium darstellt. Die Elastizität, eine der Komponenten der Textur, ist auch von grosser Bedeutung um die Fähigkeit einer Frucht zu bestimmen, Nachernteprozesse intakt zu überstehen, wie Manipulationen entlang der Versorgungskette, Transporte, sowie unterschiedliche Verweildauer in den Verkaufsläden und beim Konsumenten. Die Elastizität einer Frucht wurde bisher vor allem auf invasive oder destruktive Art gemessen. In der vorliegenden Studie, wird die nicht destruktive Methode mittels Fourier-Transform-Nahinfrarotspektroskopie getestet, um die Entwicklung der Elastizität während dem «shelf-life» zu verfolgen. Die aufgestellten Modelle sind vielversprechend mit R^2 Werte zwischen 0,75 und 0,88 und einem relativen Vorhersagefehler unter oder gleich 11 %.

Riassunto

Utilizzazione della spettroscopia FT-NIRS per predire l'elasticità superficiale e globale del pomodoro durante un'esposizione in shelf-life

Nonostante la sua importanza nella descrizione sensoriale da parte dei consumatori, la consistenza dei frutti è un criterio di qualità in gran parte inutilizzato nella catena d'approvvigionamento. L'elasticità del frutto, una delle componenti della consistenza, è altrettanto pertinente per determinare la capacità di un frutto a sopportare un itinerario post-raccolta che include le manipolazioni degli operatori, i trasporti e le durate variabili d'esposizione sugli scaffali di vendita e, infine, presso i consumatori. Misurare l'elasticità di un frutto è invasivo e, a volte, distruttivo. Per poter valutare la possibilità di effettuare questa misurazione senza alterare le proprietà fisiche e chimiche del frutto, nel presente studio sono stati sviluppati dei modelli previsionali utilizzando la misura per spettroscopia nel vicino infrarosso a trasformata di Fourier. I modelli stabiliti sono promettenti con dei valori di R^2 compresi tra 0,75 e 0,88 e un errore relativo di previsione inferiore o uguale all'11 %. Dal punto di vista statistico in base alla valutazione dello scostamento, della pendenza e dell'errore aleatorio di previsione (SEP), due modelli su tre hanno potuto essere validati (ISO 12099).

spectroscopy of apples belonging to different cultivars. *Food Quality and Preference* 14 (5–6), 473–484. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0950-3293\(03\)00012-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0950-3293(03)00012-0)

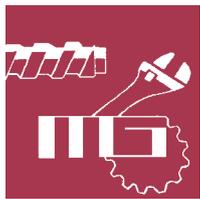
- Mehinagic E., Royer G., Symoneaux R., Bertrand D., & Jourjon F., 2004. Prediction of the sensory quality of apples by physical measurements. *Postharvest Biology and Technology* 34 (3), 257-269. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.05.017>
- Moons E. & Sinnaeve G., 2000. Non destructive Vis and NIR spectroscopy measurement for the determination of apple internal quality. *Acta Hort.* 517, 441–448.

- Pedro A. M. K. & Ferreira M. M. C., 2005. Nondestructive determination of solids and carotenoids in tomato products by near-infrared spectroscopy and multivariate calibration. *Analytical Chemistry* 77 (8), 2505–2511. doi: [10.1021/ac048651r](https://doi.org/10.1021/ac048651r)
- Pedro A. M. K. & Ferreira M. M. C., 2007. Simultaneously calibrating solids, sugars and acidity of tomato products using PLS2 and NIR spectroscopy. *Analytica Chimica Acta* 595 (1–2), 221–227. doi: [10.1016/j.aca.2007.03.036](https://doi.org/10.1016/j.aca.2007.03.036)
- Roger J. M., Palagos B., Bertrand D. & Fernandez-Ahumada E., 2011. CovSel: Variable selection for highly multivariate and multi-response calibration: Application to IR spectroscopy. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 106, 216–223.

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 barbuie et le tuteur.



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**

RUBI c'est du liège, une chimie douce et rien d'autre...

Bouchon micro grains composé de pulpe de liège fabriqué par moulage individuel

- Fraîcheur des arômes
- Finesse
- Neutralité
- Sécurité
- Pas de goût de bouchon

JEAN-PAUL GAUD SA
 Rue Antoine-Jolivet 7
 CP 1212 - 1211 Genève 26
 Tél. +41 (0) 22 343 79 42

www.gaud-bouchons.ch

DUVOISIN Puidoux

Tracteurs HOLDER viticoles

Importateur - Vente - Réparation - Pièces détachées
DUVOISIN & Fils SA - Machines viticoles - 1070 Puidoux
 Tél. 021 946 22 21 duvoisin.puidoux@bluewin.ch

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 nous demander une offre!

Jean-François Kilchherr

Grand-Rue 8 – 1297 Founex
Tél. 022 776 21 86 – Fax 022 776 86 21
Natel 079 353 70 52

Evaluation d'appareils destinés à la pratique pour la mesure de l'acide malique dans les moûts et les vins

Sandrine BELCHER et Sevan KUYUMCUYAN, Agroscope, Institut des sciences en denrées alimentaires (IDA), 1260 Nyon
Renseignements: Sandrine Belcher, e-mail: sandrine.belcher@agroscope.admin.ch, tél. +41 58 460 43 36, www.agroscope.ch



Introduction

Avec l'acide tartrique, l'acide malique est l'un des principaux acides du raisin, présent essentiellement sous la forme L-malique (isomère gauche). Leur balance avec le cation majoritaire du raisin K^+ est responsable de 90 % de cette acidité. Accumulé par biosynthèse dans la baie au cours de la croissance herbacée jusqu'à la véraison, l'acide malique, contrairement à l'acide tartrique qui évolue plus faiblement, diminue pendant la maturation par la dilution due au grossissement de la baie, mais aussi par combustion (respiration). Sa dégradation est d'autant plus rapide que les températures sont élevées.

La gestion des rapports sucres/acides et des équilibres malique/tartrique/ K^+ est un paramètre important pour la qualité de la vendange, tant du point de vue sensoriel (équilibre, arôme, couleur) que pour la stabilité du vin. Lorsque les sucres ont disparu (fermentation alcoolique), l'acide malique peut en effet être fermenté par les bactéries, soit de façon spontanée, soit de façon volontaire, et être transformé en acide lactique, qui donne un caractère plus «souple» et moins «vert» au vin. Cette fermentation malolactique, qui augmente également la stabilité microbienne des vins, est d'usage courant pour les vins rouges et, en Suisse, pour la plupart des vins blancs.

Il est donc important de pouvoir mesurer ce paramètre lors de la maturation, de même que lors de la deuxième fermentation (pour contrôler son bon déroulement ou pour l'éviter afin de préserver le caractère et l'arôme d'un cépage particulier).

Les sucres et l'acidité totale sont relativement faciles à mesurer pour la majorité des praticiens, viticulteurs ou œnologues, mais l'opération est plus délicate pour l'acide malique. Les méthodes officielles font généralement appel à un appareillage coûteux et à des techniques d'analyse de laboratoire rigoureuses et pointues. Ces méthodes officielles reposent, d'une part, sur la chromatographie liquide à haute pression (HPLC), qui peut également doser simultanément les autres acides organiques, les sucres et les alcools et, d'autre part, sur les mesures spectrométriques réalisées après réaction quantitative du L-malate (sel de l'acide L-malique) avec des enzymes spécifiques.

L'objectif de cette étude était de tester des alternatives à ces méthodes complexes, proposées à l'usage des praticiens par certains fabricants sous forme de kits et d'appareils peu coûteux, prêts à l'emploi et ne nécessitant pas ou peu d'expérience technique particulière. Ces instruments ont été examinés sur le plan pratique et analytique, en privilégiant le rapport fiabilité/praticité plutôt que la seule précision analytique, lors d'un suivi de maturation du raisin de même qu'en cours de fermentation malolactique.

Matériel et méthodes

Instrumentation

Trois appareils présents sur le marché ont été retenus¹:

- **MegaQuant® de Megazyme International Ireland Limited**

Ce kit se compose de cinq flacons numérotés prêts à l'emploi, d'un mini-spectromètre portable (piles) et de tubes de réaction/lecture de 10 ml à fond plat, le tout pouvant être facilement transporté sur le terrain dans une petite mallette ad hoc. Le mode d'emploi est très simple et guide l'utilisateur pas à pas (flacon 1, flacon 2, etc.). Le principe repose sur une réaction d'oxydation du L-malate par des enzymes spécifiques, légèrement modifiée par rapport à la réaction habituelle pour pouvoir lire l'absorbance dans le domaine visible (505 nm), grâce à l'ajout d'une troisième enzyme, et augmenter la stabilité des réactifs. Ceux-ci se présentent sous forme de liquides, suspensions ou pastilles contenant déjà des conservateurs (sodium azide, dessicant) et

¹Les fabricants cités ont tous acceptés la mention explicite de leur marque dans le présent rapport.

Résumé ■ Trois appareils peu coûteux, simples à utiliser et orientés vers la pratique ont été testés et comparés avec une méthode de référence d'Agroscope pour la mesure de l'acide malique pendant la maturation du raisin et lors d'un suivi de fermentation malolactique à la cave. Moyennant un minimum de formation, de rigueur expérimentale et de prise en main, ces appareils, par leur facilité d'utilisation et leur fiabilité analytique, offrent la précision souhaitée pour un usage vitivinicole classique, notamment en Suisse romande, où l'acide malique dépasse rarement 10 g/l à la vendange.

sont garantis stables pendant plus de deux ans. Après avoir respecté les étapes de la procédure, l'appareil fournit en près de cinq minutes une absorbance proportionnelle à la concentration en acide malique, jusqu'à concurrence de 0,75 g/l. Au-delà, des dilutions sont nécessaires. Au besoin, Megazyme met à disposition un fichier de type Excel pour le calcul direct des concentrations (dilution + facteur) et la présentation d'un tableau de synthèse des essais.

- **Biolan® de Biolanmb**

Il s'agit d'un biocapteur enzymatique avec détection ampérométrique, transportable, mais destiné à être installé sur une table (prise 220V). Il est composé d'une électrode de référence Ag/AgCl démontable, d'une électrode auxiliaire fixe et d'une électrode de travail (*Biotest*) à connecter sur laquelle sont immobilisés les enzymes spécifiques à l'analyte brevetés par le fabricant. En appliquant un potentiel, on crée des réactions *RedOx* successives, le courant circulant entre les électrodes étant proportionnel à la concentration. Le protocole est prévu pour deux domaines de mesures, 0–1 g/l ou 2–4 g/l. Un calibrage avec une solution étalon est indispensable à chaque activation du *Biotest* et des dilutions sont nécessaires en dehors de ces domaines. Les électrodes de travail sont prévues pour des séries de 15, 30 ou 50 mesures (calibrages compris) et se conservent une dizaine de jours au réfrigérateur après hydratation (un mois non hydraté). Le montage, l'hydratation et l'activation du biocapteur ainsi que l'étalonnage sont des étapes assez longues, mais cinq minutes par échantillon (signal acoustique) suffisent ensuite pour lire le résultat dans la bonne unité si l'on a pris soin de respecter les rapports de volumes préconisés pour chaque gamme de calibrage. L'appareil peut garder en

Tableau 1a | Comparatif des paramètres analytiques

	Méthode de référence Agroscope Changins (analyseur séquentiel)	WineScan® (Foss)	MegaQuant® (Megazyme)	Biolan® (Biolanmb)	RQflex plus® (Merck)
Quantité d'échantillon nécessaire au dosage (après dilution éventuelle)	10 ml	~20 ml	20 ml	30–40 ml	2–3 ml (immersion bandelette)
Gamme de mesure en g/l (sans dilution)	0,04–0,5	3–25 (moûts) 0,6–6 (vins)	0,007–0,75	0–4	0,005–0,06
Dilution moyenne utilisée (pour moûts entre 4 et 20 g/l)	5 à 50x	sans dilution	10 à 50x	2 à 10x	100 à 500x
Temps de préparation avant analyse (hormis pressurage/ centrifugation du moût et dilution)	étalonnage début journée (~20 min)	stabilisation début de journée (~15 min)	2–3 min	stabilisation (°T amb) + activation: ~10min étalonnage chaque 15 éch. ~5min	–
Temps de réaction/analyse	6 min 15	~1 min	5 min (+1 min contrôle)	5 min	5 min
Automatisation (en série)	oui	oui	non (chronomètre)	non (compteur intégré)	non (compteur intégré ou chronomètre)
Calibrage	3 points	base de données de l'instrument	non (facteur prédéfini)	1 point	–
Standard ou échantillon de contrôle	oui	oui	conseillé	oui (identique au standard de calibrage)	conseillé
Sortie du résultat	directe (x dilution)	directe	mesure x facteur (x dilution)	directe (x dilution)	directe (x dilution)
Stockage des résultats	PC on line	PC on line	non	450 (logiciel de transfert nécessaire)	50 (logiciel de transfert nécessaire)
Nombre de dosages par kit	~400 (y. c. calibrage)	-	60	à choix 15-30-50 (y. c. calibrage)	50
Durée de conservation du kit	4 mois (4 °C après mélange enzymes)	-	> 2 ans (4 °C/-20 °C enzymes)	30 j (déshydraté) 10–15 j (4 °C) après hydratation	> 2 ans (4 °C)
Estimation des coûts: appareillage et consommables pour env. 100 analyses (CHF)	~25000.– ~50.–/100 éch.	~120 000.– ~500.– (>10 paramètres)	~800.– ~300.–/100 éch.	~7000.– ~350.–/100 éch.	~1200.– ~200.–/100 éch.
Alimentation /poids	prise de courant 45 kg + PC	prise de courant > 100 kg + PC	2x LR06 (AA, 1,5V) < 200 g	Prise de courant env. 5 kg	4x LR03 (AAA, 1,5V) < 250 g»

Tableau 1b | Comparatif des procédés de décoloration suggérés pour les vins rouges (pour une concentration attendue d'acide malique < 1g/l)

	Méthode de référence Agroscope Changins (analyseur séquentiel)	WineScan® (Foss)	MegaQuant® (Megazyme)	Biolan® (Biolanmb)	RQflex plus® (Merck)
Quantité d'échantillon nécessaire à la dilution	5 ml	sans dilution	5 ml	1 ml	10 ml
Médium	PVPP (poudre)	–	PVPP (pastille)	charbon actif	charbon actif (Granucol®)
Fourni par fabricant	non	–	oui (flacon N° 5)	oui (dans eppendorf)	non
Filtration	filtre plissé ou filtre seringue	–	filtre plissé	surnageant après centrifugation	filtre plissé
Temps de décoloration	1–5 min	–	5 min	10 min	1 min

mémoire 450 résultats. Un transfert sur ordinateur est possible, moyennant un logiciel spécifique disponible auprès du fabricant.

- **RQflex® plus de Merck**

Il s'agit également d'une réaction enzymatique du L-malate, mais cette fois-ci les réactifs sont immobilisés sur une bandelette biodégradable de type test de grossesse. Cette bandelette est directement plongée dans l'échantillon, puis égouttée. Les deux zones réactionnelles se colorent différemment et sont quantifiées après cinq minutes à l'aide d'un mini-réflexomètre portable (à piles) à optique double. Le kit se compose de 50 bandelettes et d'un code-barres qui indique à l'appareil les paramètres analytiques spécifiques de l'analyte (temps de réaction, facteur de calibrage et corrections de longueur d'onde). Le résultat est direct dans le domaine 5 à 60 mg/l d'acide malique. Au-delà, l'échantillon doit être dilué. Lors de mesures en série, seul le premier décompte est effectué par l'appareil, pour les mesures suivantes, un chronomètre est nécessaire. Aucun calibrage n'est requis (facteur sur code-barres), mais des échantillons de contrôle sont recommandés. Le kit (tube étanche) se conserve environ deux ans au réfrigérateur. Remarque: le modèle RQflex® «plus» possède un adaptateur qui permet de substituer les bandelettes par des cuves spectrométriques. L'objectif étant ici de tester trois appareils différents, le mode cuvette (trop semblable au MegaQuant®) n'a pas été retenu.

En parallèle, les échantillons ont été mesurés avec la méthode de référence utilisée par Agroscope à Changins (accréditée STS223, servant notamment à la publication des résultats des suivis hebdomadaires des parcelles de référence lors des maturations): son principe se base sur l'oxydation du L-malate par des enzymes spécifiques, suivie d'une lecture de l'absorbance à 340 nm. C'est une méthode entièrement automatisée à l'aide d'un spectromètre séquentiel. Pour comparaison, les échantillons ont également été mesurés à l'aide de la technique indirecte multi paramètres basée sur l'infrarouge à transformée de Fourier (WineScan® de Foss) utilisée en routine par le laboratoire sur plus de 20 000 échantillons par an (raisins, moûts, vins en cours de fermentation, bouteilles). Bien qu'extrêmement rapide, cette technique nécessite une mise au point importante, n'est pas adaptée à la mesure sur le terrain et n'entre pas en concurrence avec les appareils testés ici, plus orientés vers la pratique.

Les caractéristiques des cinq méthodes utilisées sont résumées et comparées dans le tableau 1a. Les dilutions ont été effectuées à l'aide d'un diluteur automatique de type Hamilton. Les calculs et statistiques ont été réalisés avec le logiciel Excel Stat (2011).

Echantillons

Les moûts sont issus de raisins pressés selon le protocole standard de suivi des maturations des domaines d'Agroscope durant la période août-septembre 2013. Sept à huit pointages ont été effectués sur Pinot noir (Lavaux), Chasselas (Lavaux) et Arvine (Valais). Les moûts ont été congelés et stockés à -10 °C avant analyse.

Pour le suivi des fermentations malolactiques, deux vins ont été prélevés à la cave expérimentale de Changins et analysés immédiatement: un assemblage de vins blancs et un Merlot (Lavaux) à différentes phases (deux ou trois prélèvements sur une semaine). Pour les essais de décoloration, les mêmes vins ont été utilisés ainsi que des échantillons fraîchement prélevés fournis par des clients externes: trois vins blancs, un rosé et deux rouges (dont l'un particulièrement riche en polyphénols).

Comme contrôles ont été utilisés les standards fournis par les kits Biolan® (0,6 g/l) et MegaQuant® (0,375 g/l), un standard multi-éléments fabriqué et utilisé dans le cadre de la méthode de référence d'Agroscope (2 g/l), un jus de raisin utilisé comme témoin lors du suivi des maturations (4 g/l), un vin témoin issu de la cave expérimentale de Changins (0,4 g/l) et un Titrivin® (certifié à 0,95 g/l).

Résultats et discussion

Matériel

Facilité d'utilisation et contraintes éventuelles

Malgré leur facilité d'utilisation, les trois appareils ont demandé quelques essais préliminaires de «prise en main», au cours desquels les mesures étaient fausses ou impossibles à réaliser (décompte du temps, erreur de touche, nettoyage des tubes spectrométriques, placement ou activation de l'électrode, séchage des bandelettes, etc.). Il est donc recommandé de se familiariser avec les procédures et de tester des échantillons connus avant toute utilisation sur le terrain. Cette remarque vaut notamment pour les praticiens peu formés aux manipulations du matériel de laboratoire ou qui emploient plusieurs auxiliaires durant les vendanges/vinifications. Comme pour la plupart des méthodes analytiques, les résultats sont plus consistants si c'est toujours la même personne qui effectue les séries de tests; la bonne formation et la continuité sont essentielles.

Les principaux avantages et inconvénients sont résumés dans le tableau 2.

- **MegaQuant®**: il est indispensable d'utiliser les tubes de mesure fournis par le fabricant afin qu'ils s'adaptent parfaitement à l'appareil (diamètre, épaisseur, fond plat). Ils doivent être soigneusement nettoyés et séchés, sans aucunes traces (fibres de linge, doigts), sous peine

de voir apparaître un code d'erreur lors de la lecture de l'absorbance. Par contre, le kit est très facile à employer et aisément transportable sur le terrain et la durée de vie des réactifs est largement supérieure à ce que l'on propose généralement sur le marché.

- **Biolan®**: à l'opposé du précédent, la durée de vie des consommables de Biolan® est très courte. C'est un appareil à utiliser pour de petites séries groupées. Il est trop long à mettre en route pour des échantillons isolés et l'on gaspille à chaque fois au minimum deux positions pour les calibrages et contrôles. Plus lourd et encombrant, à brancher sur une paillasse, il est moins adapté à l'usage de terrain. Il est aussi assez fragile et l'installation des électrodes est délicate (il ne faut pas toucher la surface bioactive avec les doigts). Si la gamme de mesure apparente est plus étendue que pour les deux autres instruments, c'est parce qu'en fait la dilution préliminaire est incluse dans le protocole: l'échantillon (30, 40 ou 120 µl selon les cas) est injecté dans la solution de mesure qui sert en même temps d'électrolyte. Or ce volume, bien que 1000 fois plus grand (20 ou 60 ml), doit également être mesuré avec précision, car le résultat est automatiquement calculé selon ce rapport de volume (échantillon/solution). Il est recommandé d'utiliser un distributeur pour flacon (type Dispensette®) afin de doser le liquide de façon comparable à chaque fois (standards, échantillons). Cet accessoire devrait même être proposé en option à l'achat de l'appareil, qui y gagnerait en fiabilité et maniabilité. Il est également conseillé de relever manuellement les résultats au fur et à mesures car la méthode actuelle d'identification interne n'est pas très aisée (limitée à sept caractères obtenus via un curseur mobile se déplaçant à l'aide de flèches sur une fenêtre alphanumérique). Cet inconvénient devrait être corrigé dans les versions futures de l'appareil.

- **RQflex®**: son principal inconvénient est le domaine de mesure de l'absorbance qui oblige l'opérateur à travailler à de hautes dilutions. Un autre désagrément provient du décompte interne de l'appareil au moment où l'on appuie sur «Start». Aucune lecture ne peut être faite avant la fin du décompte, ce qui implique d'attendre à chaque fois avant de recommencer, même en cas d'erreur. D'autre part, la durée d'affichage semble passer trop vite en mode «veille», ce qui gêne les mesures en série et oblige à rallumer à chaque fois l'appareil. Par contre, plusieurs échantillons devraient pouvoir être testés par intervalles de 10–15 secondes (par exemple) en trempant les bandelettes les unes après les autres, en enclenchant le décompte pour la première et en insérant les autres selon ce même intervalle dans le réflectomètre pour la lecture finale. Cette tactique est d'autant plus envisageable que les bandelettes ne paraissent pas souffrir de la lumière pendant la réaction (aucune différence en conservant ou non les bandelettes à l'obscurité avant mesure). Enfin, la bandelette doit impérativement être bien séchée avant insertion dans l'appareil, et l'optique nettoyée (avec du buvard coupé en bande par exemple) entre chaque échantillon, pour éviter de contaminer les suivants.

Contrôles et stabilité des étalonnages

Les échantillons de contrôle n'ont jamais dépassé 5–10 % de la valeur nominale ou attendue pour aucune des méthodes testées, ce qui est conforme aux indications des fabricants (ex. ±50 mg pour le standard Biolan de 0,6 g/l) comme aux normes internationales (reproductibilité selon l'OIV en g/l: 0,05+0,071*Concentration). C'est également comparable à la méthode de référence utilisée (Fidélité intermédiaire en g/l: 0,1+0,03*Concentration). Le capteur Biolan® nécessite

Tableau 2 | Résumé des principaux avantages et inconvénients techniques de chaque appareil

	MegaQuant® (Megazyme)	Biolan® (Biolanmb)	RQflex plus® (Merck)
Avantages	Durée de conservation du kit Tubes prêts à l'emploi et procédure aisée (1-2-3-4) Prix Portabilité (taille/poids) – utilisation sur le terrain	Pas de dilution pour la majorité des échantillons (< 4g/l) Idéal pour de petites séries groupées (< 20 échantillons)	Pas de réactifs (bandelettes prêt-à-l'emploi) d'où: – bonne conservation, – pas d'ajout avec micropipettes Prix Portabilité (taille/poids) – utilisation sur le terrain
Inconvénients	Tubes de mesure: – spécifiques à l'appareil (fond plat) – intégrité (sans traces) Lecture d'absorbance (calcul à faire pour le résultat) Utilisation de micropipettes	Durée de vie de l'électrode (+ réhydratation pendant ~12h), destiné à être fixe plutôt que portable (prise de courant, encombrement, fragilité) Non adapté pour échantillon isolé Installation/prise en main utilisation de micropipettes	Grandes dilutions nécessaires Durée de l'affichage du résultat Carry over et nettoyage de la cellule

un calibrage régulier. La valeur du standard après calibrage a été donc suivie durant toute la période du test (soit sur environ quatre mois): le résultat varie entre $0,61 \pm 0,06$ g/l, ce qui démontre à la fois la stabilité des lots et leur homogénéité (trois senseurs ont été utilisés sur l'ensemble des tests).

Mesures

Effet de la préparation des échantillons

Dilution: la partie la plus délicate est sans conteste la dilution préalable des échantillons, notamment pour les moûts, rendue indispensable par les domaines de mesure des appareils (voir tabl. 1a). Pour être suffisamment précises, ces dilutions de recourir soit à des diluteurs automatiques, soit à des microseringues (voire à une combinaison des deux). Ces instruments ou techniques ne sont pas nécessairement à la portée de tous les praticiens. Des dilutions plus courantes (avec des pipettes de 1–5 ml et des ballons jaugés de 100 ml par exemple) ont montré que les erreurs deviennent trop importantes et la répétabilité moins bonne (surtout lorsqu'il faut le faire en série comme avec le RQflex®). Il est donc recommandé d'investir dans un équipement ad hoc et, surtout, de former le personnel à l'usage des micropipettes. De tels accessoires pourraient d'ailleurs être judicieusement proposés en option à l'achat des appareils. Avec un bon entraînement, la répétabilité (voir ci-dessous) est tout à fait acceptable et comparable aux méthodes de référence. Il est également suggéré d'utiliser des microseringues, plus précises que des micropipettes, lorsque les volumes à prélever sont faibles (par exemple $< 100 \mu\text{l}$).

Concernant l'appareil Biolan®, une alternative intéressante, testée avec succès dans notre laboratoire, serait de pré-diluer plus fortement l'échantillon de départ et de diminuer le volume de solvant de réaction pour pouvoir utiliser des volumes de prélèvement plus grands et plus reproductibles. Par exemple, dans le domaine de mesure 2–4 g/l: diluer le moût 20 fois plus au départ, puis pipeter 200 μl dans 20 ml au lieu des 30 ou 40 μl (très difficile pour les non-spécialistes) dans les 60 ml prescrits par le fabricant.

Effet matrice: les réactions enzymatiques en jeu dans les trois appareils testés sont suffisamment spécifiques pour que les interférences dues aux sucres, acides ou alcools soient négligeables. Par contre, comme il s'agit de réactions colorimétriques, la couleur des échantillons peut être une source de problèmes. Chacun des fabricants suggère de prétraiter les échantillons riches en polyphénols avec des méthodes utilisant du PVPP ou du charbon actif (voir tabl. 1b). Les tests de décoloration des vins rouges montrent une perte significative

du signal ($> 15\%$), pour le Biolan® comme pour le RQflex® (MegaQuant® non testé). Cette perte est d'autant plus importante que le vin est coloré (jusqu'à 96 % pour l'échantillon très riche en polyphénols). De plus, même sur les moûts dilués ou les vins blancs (où la décoloration est inutile), on observe une perte de 6 à 30 % du signal, ce qui montre que les procédés de décoloration proposés ne sont pas du tout applicables. Heureusement, les dilutions nécessaires la plupart du temps rendent finalement caduque l'obligation de décolorer, sauf pour les vins très rouges en fin de fermentation malolactique, une étape où de toute façon la précision des résultats n'est plus garantie, même avec les méthodes de référence classiques.

Répétabilité et équivalence des appareils

Temps d'analyse: les appareils testés ont tous un temps de réaction d'environ cinq minutes, limité par un décompte automatique pour le Biolan® et le RQflex®. Par contre, avec le MegaQuant®, il est conseillé de vérifier la stabilité du résultat durant une ou deux minutes supplémentaires. Afin de vérifier que la réaction était bien complète après cinq minutes et qu'il n'y avait pas d'artefacts en cas d'attente trop longue, la lecture de quelques échantillons a été poursuivie à 10-15-20-30 et même 40 minutes après réaction. Les variations ont été inférieures à 10 % dans la majorité des cas, ce qui montre que la réaction est bien complète après cinq minutes et assez stable dans le temps. Seul un échantillon de moût avec une absorbance très faible ($< 0,2$), certainement trop dilué au départ, et un vin très coloré ont été jugés instables ou produisant des artefacts (environ 40 % d'écart après trente minutes), certainement plutôt à cause de l'atypicité des échantillons que d'un problème méthodologique. La fiabilité de l'appareil ne peut pas être remise en cause à ce niveau.

Répétabilité intra-instrument: trois échantillons de concentrations différentes ont été analysés en triplicats par chacune des méthodes (un moût à environ 4 g/l et deux vins à environ 3 g/l et 1 g/l). Les résultats sont donnés dans le tableau 3. Bien que plus élevée qu'avec les méthodes officielles préconisées par l'OIV, la répétabilité observée est tout à fait acceptable. Elle correspond à des erreurs de plus ou moins 0,3 g/l d'acide malique. Ces trois échantillons n'étant pas suffisamment représentatifs de l'ensemble des mesures, une analyse de variance ne permet pas de conclure que l'un ou l'autre appareil est moins précis que la méthode de référence.

Comparaison des instruments: toutes valeurs confondues, les trois appareils ne se distinguent pas statistiquement de l'analyseur séquentiel (fig. 1) ou du WineScan. Avec un seuil alpha de signification de 5 %,

il y a plus de 70 % de similitude entre les diverses mesures. Sur la figure 1, le MegaQuant® semble néanmoins fournir les résultats les plus proches de la méthode de référence. Ceci a été confirmé en comparant deux à deux (tests de t) chacune des méthodes avec la méthode de référence. Seul le MegaQuant® est cette fois statistiquement comparable (p-bilatéral = 0,065).

Ce résultat n'est pas une surprise puisque le mode opératoire et la réaction enzymatique en jeu sont quasiment identiques. La différence vient de la précision due à la non-automatisation et à la manipulation de micro-quantités pas toujours adaptées à des situations «hors laboratoire».

Avec le Biolan®, les risques d'erreurs de manipulation sont encore plus grands (rapport échantillon/volume de solution de mesure > 1000, stabilité des électrodes). Quant au RQflex®, même si de prime abord ses performances semblent légèrement inférieures, les résultats obtenus dans le cadre de cette étude sont remarquables. A part un domaine de mesure réduit qui oblige l'opérateur à effectuer de grandes dilutions (et qui multiplie donc potentiellement les sources d'erreur), il a l'avantage d'être une technique «facile» d'accès et très «parlante» pour un praticien.

Applications pratiques en viticulture-œnologie

La performance des trois appareils a été concluante dans la pratique pour l'analyse des moûts et des vins en

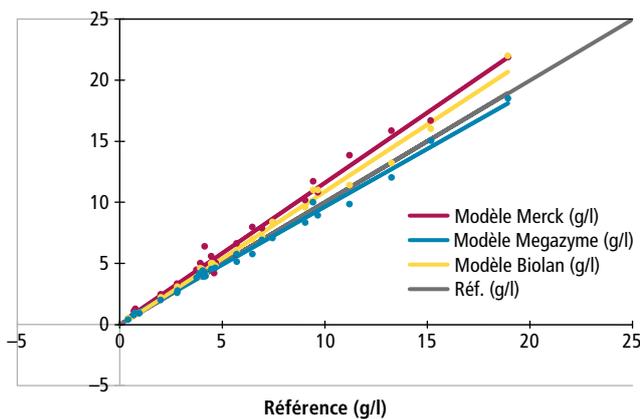


Figure 1 | Comparaison des résultats des instruments par rapport à la méthode de référence (acide malique en g/l).

cours de fermentation. La figure 2 montre leur utilisation pratique pour le suivi de la maturation sur trois cépages différents. La précision des méthodes est amplement suffisante pour permettre au praticien de déterminer l'évolution du raisin et s'il doit désacidifier ou non le moût de vendange. Seul le premier point (concentrations élevées, dilutions nécessaires importantes) est plus difficile à établir, mais il n'est pas critique ni significatif à ce stade (hétérogénéité de la parcelle),

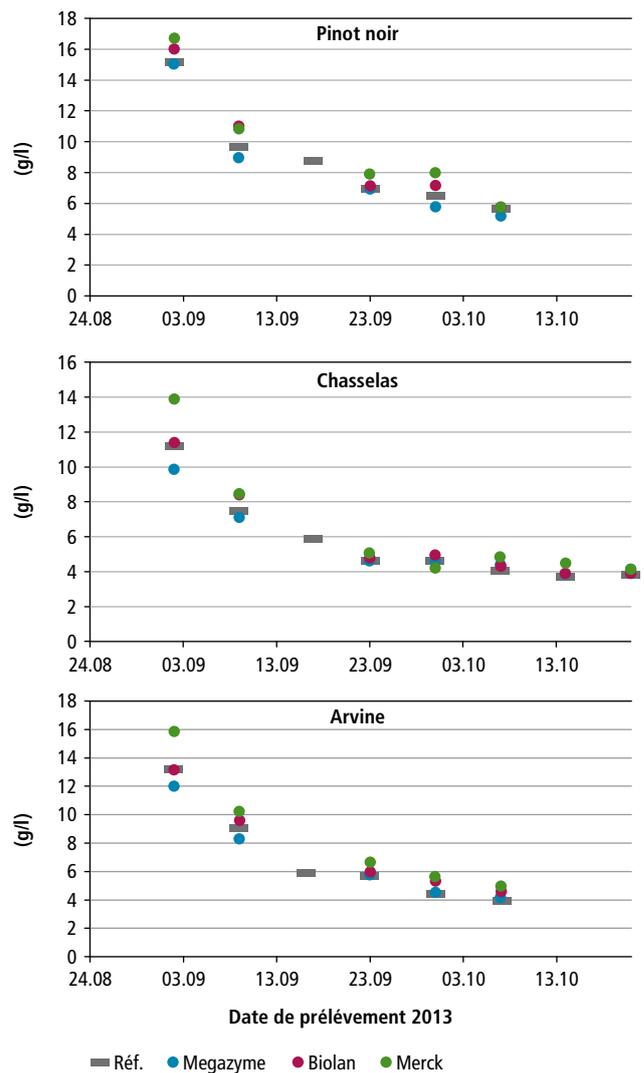


Figure 2 | Suivi de l'acide malique lors de la maturation des raisins de trois cépages.

Tableau 3 | Répétabilité (r, en g/l) par instrument de la mesure d'acide malique

	Méthode de référence (analyseur séquentiel)	Norme OIV (calcul)	MegaQuant® (Megazyme)	Biolan® (Biolanmb)	RQflex plus® (Merck)
Valeur attendue ~4 g/l (moût)	0,15 (B)	0,17	0,25 (C)	0,4 (B)	0,6 (A)
Valeur attendue ~3 g/l (vin)	0,03 (B)	0,13	0,60 (B)	0,4 (B)	0,4 (A)
Valeur attendue ~1 g/l (vin)	0,05 (AB)	0,06	0,02 (A)	0,2 (AB)	0,1 (B)

Les lettres (A, B, C) correspondent aux modalités ANOVA sur la valeur réelle mesurée.

principalement dans nos régions de Suisse occidentale, où il est extrêmement rare que les concentrations dépassent 10 g/l d'acide malique à la vendange.

Pour les vins, ces appareils donnent une relativement bonne estimation jusqu'à des concentrations d'environ 0,3 g/l, ce qui permet en général de décider de la fin d'une fermentation malolactique. En deçà, ces méthodes, comme d'ailleurs le WineScan ou même les méthodes de référence, ont un degré de précision insuffisant. De plus, les interférences éventuelles dans des vins très colorés ne peuvent pas vraiment être éliminées, sauf en diluant l'échantillon.

Remerciements

Nous tenons à remercier les maisons Biolanmb et Megazyme International Ireland Limited pour la mise à disposition gracieuse de leurs appareils Biolan® et MegaQuant® (inclus kits de démarrage) destinés à cette étude, ainsi que le personnel du laboratoire du groupe «Qualité des vins» à Changins pour la préparation des moûts, les mesures WineScan® et les analyses de références sur analyseur séquentiel.

Conclusions

- Les appareils testés sont d'utilisation assez simple, transportables et d'un prix abordable, bien que les kits de consommables puissent devenir coûteux à long terme.
- Avec un minimum d'équipement de laboratoire, un peu d'entraînement et des consignes de précision et de rigueur, ils fournissent des résultats satisfaisants aussi bien pour le suivi des maturations du raisin que pour celui des fermentations malolactiques.
- Ces résultats sont toutefois à considérer uniquement dans le cadre de pratiques vitivinicoles classiques. La fiabilité des mesures que d'autres praticiens pourraient faire ou l'extrapolation à des matrices différentes (mistelles ou pommes, par exemple) n'est pas garantie, en particulier en présence de concentrations extrêmes en acide malique (plus de 10 g/l ou moins de 0,3 g/l). ■

■ Summary

Evaluation of practice-oriented devices for the measurement of malic acid in musts and wines

Three cheap, user-friendly and practice-oriented devices were tested and compared to one Agroscope reference method for the determination of malic acid during grape ripening and during malolactic fermentation in the cellar. With a minimum of training, experimental rigor and manual handling, these devices, for their ease of use and their analytical reliability, provide results that correspond to the accuracy that can be expected during classical vitivinicultural use, especially in western Switzerland where you are unlikely to find more than 10 g/l of malic acid at harvest.

Key words: malic acid, analysis, field-devices, comparison, practice, accuracy, reliability.

■ Zusammenfassung

Vergleichstest von praxisorientierten Geräten zur Messung der Apfelsäure im Most und Wein

Drei preiswerte, praxisorientierte und einfach zu bedienen Geräte, wurden während der Reifung der Trauben und dem biologischen Säureabbau im Keller geprüft und an einen Agroscope Referenzmethode für die Apfelsäuremessung verglichen. Unter Beachtung einer minimalen Ausbildung, experimenteller Genauigkeit und Handhabung entsprechen diese Geräte, sowohl bezüglich ihrer einfachen Anwendung als auch ihrer analytischen Zuverlässigkeit, der Präzision, die klassischerweise in der Weinbranche erwartet werden kann, vor allem in der Westschweiz, wo man vor der Weinlese selten über 10 g/l Apfelsäure findet.

■ Riassunto

Valutazione di dispositivi destinati alla pratica per la misurazione dell'acido malico nei mosti e nei vini

Tre dispositivi poco costosi, semplici da usare e, principalmente destinati alla pratica per la determinazione dell'acido malico durante la maturazione delle uve e durante la fermentazione malolattica in cantina sono stati testati e confrontati con il metodo di riferimento di Agroscope Changins. Questi apparecchi, pur presentando una facilità d'uso e un'affidabilità analitica, necessitano di un minimo di formazione, un rigore sperimentale e una certa pratica, affinché corrisponda alla precisione ottenuta mediante metodi classici. Questo vale particolarmente per la Svizzera romanda dove il tenore di acido malico eccede raramente 10 g/l durante vendemmia.



La pépinière romande à votre disposition

Europlant S.à.r.l.

Scions fruitiers

toutes espèces fruitières

hautes tiges
arbres formés

greffage sous contrat



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



PROFITEZ DE NOTRE OFFRE DE REPRISE!



FELCO 801

FELCO[®]
SWISS  MADE



rapide, léger, ergonomique

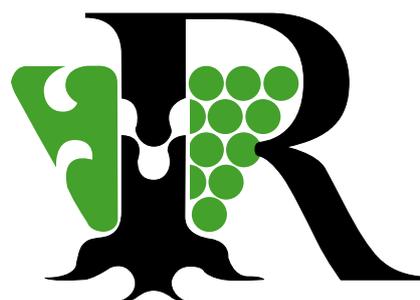
FELCO SA - Marché Suisse - 2206 Les Geneveys-sur-Coffrane - T. 032 737 18 80 - www.felco.ch

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





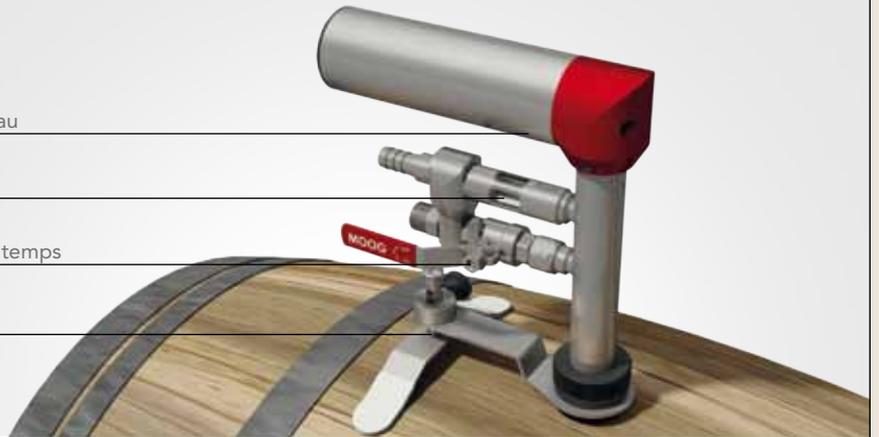
Nettoyeurs de fûts de MOOG Cleaning Systems

Entraînement électrique ou hydraulique à eau

Verre indicateur intégré

Nettoie le fût et aspire l'eau usée en même temps

Appui de fûts amélioré, réglable et stable



Le nettoyeur de fûts par excellence sur le marché

Visitez notre site Internet
www.moog.ch

Visitez nous au salon AGROVINA

AGROVINA
CERM, MARTIGNY
du 26 au 29 janvier 2016

PANECO TECH GMBH

MACHINES ET INSTALLATIONS DE CAVE



PATRICK NEHER
079 301 76 43

de franceschi
ADVANCED BEVERAGE EQUIPMENT WORLDWIDE



Produits œnologiques



Présent
à AGROVINA
Stand
1107

patrick.neher@panecotech.ch / www.panecotech.ch

Alphatec



1350 Orbe
8165 Oberweningen ZH

Tél. 024 442 85 40
Tel. 044 853 06 46

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

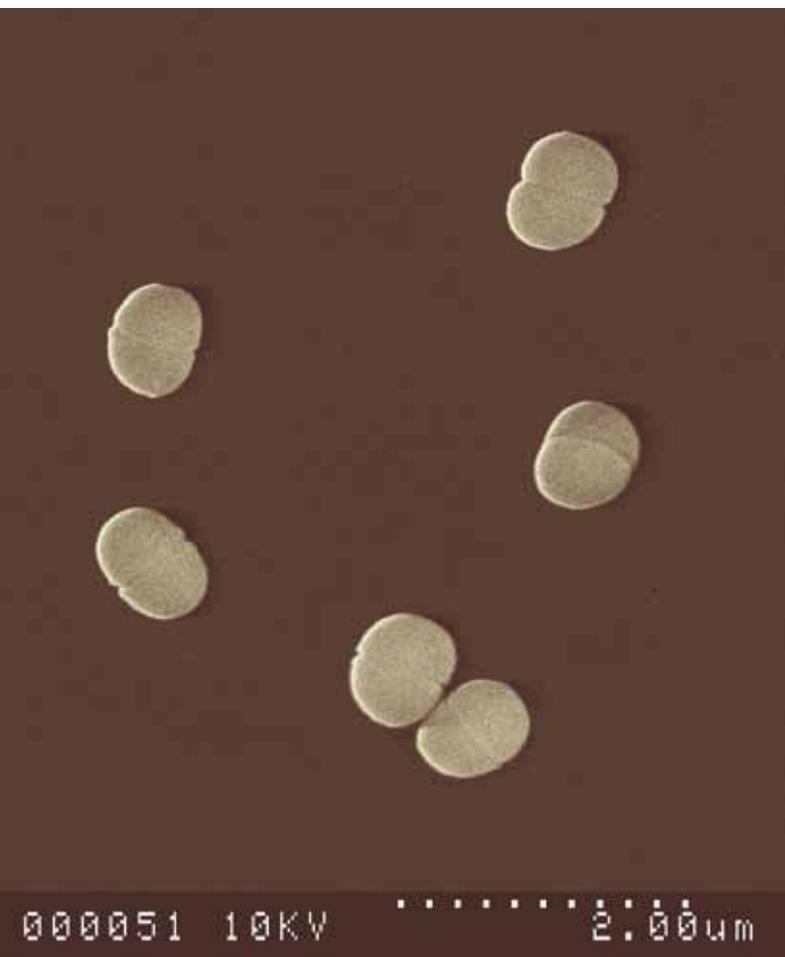
Incidence de la fermentation malolactique sur le taux de composés carbonylés et le SO₂ combiné

Marilyn CLÉROUX¹, Arnaud PERNET¹, Anik RIEDO¹, Muriel MERTENAT¹, Nick JACKOWETZ²
et Ramón MIRA DE ORDUÑA HEIDINGER¹

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

²Constellation Brands, Canandaigua, NY 14424, Etats-Unis

Renseignements: Ramón Mira de Orduña Heidinguer, e-mail: ramon.mira@changins.ch, tél. +41 22 363 40 86, www.changins.ch



En dehors de l'acide malique, les bactéries lactiques hétérofermentaires *Oenococcus oeni* peuvent métaboliser d'autres substrats, dont des composés carbonylés. (Micrographie prise par le Dr Nicolas Terrade au microscope électronique à balayage.)

Introduction

Deux publications récentes dans cette revue ont présenté les principaux composés carbonylés du vin (Henriet *et al.* 2014) ainsi que l'effet des paramètres de vinification et de la fermentation alcoolique sur les résidus

du composé carbonylé le plus important dans la combinaison avec le SO₂, l'acétaldéhyde (Cléroux *et al.* 2015). Ces études permettent de mieux gérer les vinifications pour réduire les taux de SO₂ combiné dans les vins. En moyenne, les vins rouges contiennent 50 % de moins d'acétaldéhyde que les blancs, soit 20 mg/l au lieu de 40 (Henriet *et al.* 2014). Ce fait est fortement corrélé avec l'application généralisée de la fermentation malolactique (FML) dans la vinification en rouge. En 1976 déjà, des chercheurs suisses avaient constaté que la FML réduisait le besoin en SO₂ (Mayer *et al.* 1976) et d'autres publications ont étudié l'effet de la FML sur les composés carbonylés (Flamini *et al.* 2002; Osborne *et al.* 2000).

La réduction successive des taux légaux de SO₂ total dans les vins exige de mieux maîtriser la formation et la dégradation des composés carbonylés dans le vin. Cependant, le métabolisme des souches modernes n'est pas suffisamment étudié, ainsi que sa cinétique.

Le but de ce travail était d'étudier le métabolisme des composés carbonylés des bactéries lactiques commerciales. Au lieu de mesurer ces composés uniquement avant et après la FML, la cinétique des concentrations a été suivie étroitement pour corréliser le métabolisme des composés carbonylés avec le processus principal de la FML, la dégradation de l'acide malique.

Matériel et méthodes

Le vin de base a été produit avec la fermentation d'un moût de Riesling par *Saccharomyces cerevisiae* CY3079 (Lallemand Inc.). Après fermentation, le vin a été stabilisé pendant cinq jours à 4 °C et filtré stérile (0,45 μm). Aucun SO₂ n'a été ajouté, mais les concentrations des composés carbonylés ont été ajustées. Le profil analytique du moût et du vin avant FML est donné dans le tableau 1.

Les douze souches commerciales de bactéries lactiques hétérofermentatives *O. oeni* utilisées ont été obtenues par la société Lallemand (Montréal). Les bacté-

ries ont été propagées dans un milieu MRS (BD Science) stérile et inoculées dans le vin à 1% (v/v) après lavage et concentration de la biomasse (~1,0x10⁸ ufc/ml). Toutes les incubations (250ml) et analyses réalisées à échelle de laboratoire ont été dupliquées et les valeurs présentées sont des moyennes.

Pour éviter la formation de composés carbonylés par oxydation, toutes les fermentations ont été réalisées en chambre anaérobie et l'absence d'oxygène confirmée par la mesure de l'O₂ dissous dans les fermentations. L'oxygène dissous a été mesuré non invasivement par fluorescence (Presens, Germany). L'acidité titrable a été dosée par titrage acide-base colorimétrique et l'azote assimilable par méthode NOPA (Dukes et Butzke 1998).

Les composés carbonylés ont été analysés par hydrolyse des hydroxy-sulfonates en milieu basique suivie d'une dérivatisation à la dinitrophénylhydrazine (DNPH) en milieu acide et d'une analyse par chromatographie liquide (Jackowitz et Mira de Orduña 2013).

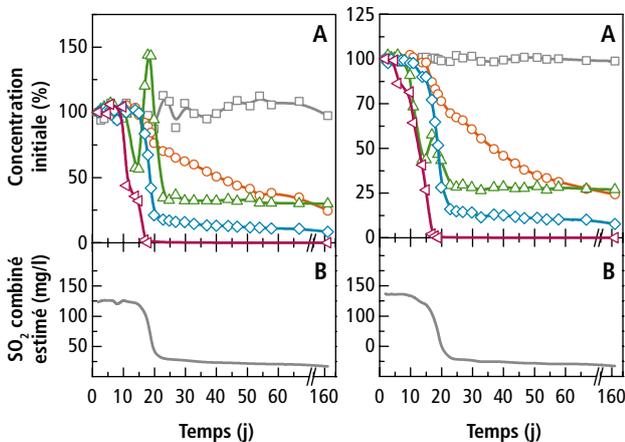


Figure 1 | Cinétiques (A) des concentrations de l'acide malique (\triangleleft), acide galacturonique (\square), acide α-cétoglutarique (\circ), acide pyruvique (\triangle) et acétaldéhyde (\diamond) pendant la fermentation malolactique d'un Riesling inoculé avec *O. oeni* R1105 (gauche) et R1106 (droite). Les taux de SO₂ combiné (B) ont été calculés sur la base d'un vin stabilisé à 30 mg/l de SO₂ libre.

Résumé La concentration en SO₂ total nécessaire pour stabiliser un vin peut être réduite si l'on arrive à abaisser la teneur en composés carbonylés qui se combinent au SO₂. Il est connu que la fermentation malolactique (FML) peut diminuer le besoin en SO₂ d'un vin. Le but de cette étude était d'évaluer la cinétique du métabolisme de l'acide malique et des composés carbonylés de plusieurs souches de bactéries lactiques commerciales. Douze souches d'*Oenococcus oeni* ont été étudiées pendant et après la FML d'un Riesling. Certaines présentaient des différences dans le taux de dégradation, mais leur capacité de dégrader les composés carbonylés était similaire. Aucune des souches n'a pu dégrader l'acide galacturonique, tandis que l'acide α-cétoglutarique l'a été partiellement par toutes les bactéries (48 % trois semaines après la FML). L'acétaldéhyde et l'acide pyruvique l'ont été en grande partie (87 et 85 % trois semaines après la FML) mais de façon différée par rapport à l'acide malique. Si une réduction significative des composés carbonylés est souhaitée, il est recommandé de stabiliser les vins seulement sept à dix jours après l'épuisement de l'acide malique. Une telle approche peut faire baisser de 75 % le taux de SO₂ combiné.

Résultats et discussion

La figure 1A montre la cinétique de l'acide malique et des composés carbonylés acétaldéhyde, acide pyruvique, acide α-cétoglutarique et acide galacturonique pendant la fermentation malolactique (FML) par deux souches d'*O. oeni* à titre d'exemple. L'épuisement de l'acide malique a pris dans toutes les variantes entre 17 et 44 jours (moyenne 25 jours).

Tableau 1 | Profil analytique du moût de Riesling et du vin avant FML (moyennes ± erreur type)

Paramètres du moût				Paramètres du vin					
Densité (°Oe)	pH	Acidité titrable (g/l ac. tartrique)	Azote assimilable (N mg/l)	Ethanol (% v/v)	Acide malique (g/l)	Composés carbonylés (mg/l)			
						AcHO	Pyr	α-CG	AG
86	3,4	7,2 ± 0,1	106 ± 2	11 ± 0,1	3,0 ± 0,4	85 ± 1	12 ± 0,5	25 ± 0,3	612 ± 17

AcHO: acétaldéhyde; Pyr: acide pyruvique; α-CG: acide α-cétoglutarique; AG: acide galacturonique.

De fortes différences se sont manifestées dans le métabolisme des différents composés carbonylés, tandis que le comportement des souches de bactéries lactiques restait très similaire (tabl.2). Par exemple, aucune des souches n'est parvenue à dégrader l'acide galacturonique durant la période d'observation (163 jours). L'acide α -cétoglutarique a été partiellement dégradé

par toutes les souches étudiées (dégradation moyenne de 48 % trois semaines après la FML), à un taux relativement faible. La cinétique de dégradation de l'acétaldéhyde et de l'acide pyruvique s'est déroulée en deux temps (fig. 1A): une première phase de dégradation rapide suivie d'une phase de faible dégradation, avec un taux de dégradation moyen de 87 (acétaldéhyde) et 85 %

Tableau 2 | Pourcentage de la dégradation des composés carbonylés au moment de la fin de la FML (épuisement de l'acide malique) et trois semaines après la fin de la FML (moyennes \pm erreur type)

Souche	Pourcentage de dégradation							
	A la fin de la FML (%)				3 semaines après la FML (%)			
	AcHO	Pyr	α -CG	AG	AcHO	Pyr	α -CG	AG
R1032	28,7 \pm 11,3	68,1 \pm 2,9	20,9 \pm 1,4	0,0 \pm 0,0	82,7 \pm 1,5	100,0 \pm 0,0	54,7 \pm 4,3	0,0 \pm 0,0
R1054	31,6 \pm 12,4	70,8 \pm 2,2	24,5 \pm 3,5	0,0 \pm 0,0	92,3 \pm 0,1	83,4 \pm 0,5	56,3 \pm 1,5	0,0 \pm 0,0
R1075	24,3 \pm 0,0	63,7 \pm 4,3	21,2 \pm 2,2	0,0 \pm 0,0	82,8 \pm 1,4	87,5 \pm 0,1	71,8 \pm 2,8	0,0 \pm 0,0
R1076	13,3 \pm 10,0	50,9 \pm 1,1	9,9 \pm 2,1	0,0 \pm 0,0	84,1 \pm 0,6	84,6 \pm 0,8	52,4 \pm 3,5	0,0 \pm 0,0
R1077	48,9 \pm 15,6	54,7 \pm 3,3	15,7 \pm 3,7	0,0 \pm 0,0	88,8 \pm 0,5	86,5 \pm 0,7	50,2 \pm 3,4	0,0 \pm 0,0
R1098	18,8 \pm 4,8	8,7 \pm 1,7	12,1 \pm 1,1	0,0 \pm 0,0	91,8 \pm 0,7	91,7 \pm 0,4	53,4 \pm 1,6	0,0 \pm 0,0
R1101	16,4 \pm 13,1	49,6 \pm 5,4	8,9 \pm 2,1	0,0 \pm 0,0	91,4 \pm 0,3	88,9 \pm 1,5	35,2 \pm 1,9	0,0 \pm 0,0
R1105	24,6 \pm 8,2	20,1 \pm 5,1	8,1 \pm 2,1	0,0 \pm 0,0	86,9 \pm 0,2	67,8 \pm 0,1	47,3 \pm 1,9	0,0 \pm 0,0
R1106	29,1 \pm 6,2	42,4 \pm 4,6	12,9 \pm 1,9	0,0 \pm 0,0	85,8 \pm 0,2	71,7 \pm 0,3	52,2 \pm 1,8	0,0 \pm 0,0
R1108	21,0 \pm 7,7	81,3 \pm 2,3	5,9 \pm 3,1	0,0 \pm 0,0	83,2 \pm 1,3	100,0 \pm 0,0	34,3 \pm 1,3	0,0 \pm 0,0
R1118	43,9 \pm 10,1	59,4 \pm 2,6	10,6 \pm 2,6	0,0 \pm 0,0	88,3 \pm 0,4	78,6 \pm 1,6	28,1 \pm 2,3	0,0 \pm 0,0
R1124	64,5 \pm 16,7	56,9 \pm 0,4	19,9 \pm 0,9	0,0 \pm 0,0	87,7 \pm 0,2	80,9 \pm 0,3	43,3 \pm 1,2	0,0 \pm 0,0
Moyenne	30,4 \pm 3,7	48,9 \pm 5,7	14,2 \pm 1,3	0,0 \pm 0,0	87,1 \pm 1,0	85,1 \pm 4,7	48,2 \pm 2,0	0,0 \pm 0,0
Plage	13,3–64,5	8,1–81,3	5,9–24,5		82,8–92,3	67,8–100,0	28,1–71,8	

AcHO: acétaldéhyde; Pyr: acide pyruvique; α -CG: acide α -cétoglutarique; AG: acide galacturonique.

Tableau 3 | Taux de SO₂ combiné estimés pendant et après la FML par 12 souches commerciales d'*O. oeni*. Les taux de SO₂ combiné sont calculés à partir des concentrations des composés carbonylés à un moment spécifique, les constantes de dissociation de leurs sulfonates et à un taux donné de SO₂ libre de 30 mg/l

Souche	SO ₂ combiné (mg/l)				
	Avant FML	A la fin de la FML	1 semaine post-FML	2 semaines post-FML	3 semaines post-FML
R1032	130,0 \pm 10,0	152,0 \pm 12,0	33,3 \pm 5,7	28,9 \pm 1,1	25,1 \pm 0,9
R1054	149,2 \pm 19,2	136,2 \pm 11,2	38,7 \pm 1,3	31,5 \pm 1,5	28,9 \pm 1,1
R1075	142,5 \pm 2,5	106,3 \pm 2,3	33,2 \pm 3,8	27,1 \pm 2,1	23,8 \pm 2,8
R1076	136,5 \pm 4,5	128,8 \pm 8,8	29,7 \pm 0,3	26,6 \pm 1,6	23,8 \pm 0,8
R1077	138,2 \pm 5,2	34,2 \pm 15,8	25,2 \pm 1,8	22,3 \pm 0,7	20,3 \pm 0,7
R1098	140,3 \pm 20,3	120,0 \pm 5,0	44,1 \pm 8,1	22,3 \pm 0,3	18,5 \pm 0,5
R1101	138,6 \pm 5,6	131,2 \pm 13,8	65,0 \pm 7,0	25,0 \pm 2,0	19,6 \pm 1,4
R1105	123,6 \pm 16,4	107,0 \pm 8,0	28,7 \pm 1,3	25,5 \pm 0,5	23,3 \pm 0,3
R1106	137,2 \pm 4,2	90,9 \pm 10,9	28,3 \pm 0,7	27,5 \pm 0,5	24,3 \pm 2,3
R1108	140,3 \pm 10,3	118,7 \pm 8,7	25,8 \pm 7,2	22,5 \pm 2,5	20,2 \pm 1,8
R1118	132,8 \pm 2,2	89,0 \pm 12,0	29,9 \pm 11,1	26,0 \pm 4,0	22,3 \pm 1,7
R1124	129,1 \pm 7,9	70,4 \pm 14,6	28,9 \pm 5,1	25,9 \pm 2,1	22,6 \pm 0,4
Moyenne	136,5 \pm 2,7	107,1 \pm 6,8	34,2 \pm 2,5	25,9 \pm 0,7	22,7 \pm 0,6
Plage	123,6–149,2	34,2–152,0	25,2–65,0	22,3–31,5	18,5–28,9
Taux de réduction (%)	0	22	75	81	83

(acide pyruvique) trois semaines après FML (tabl. 2). Dans le cas de l'acide pyruvique, les valeurs ont pu réaugmenter transitoirement dans quelques incubations (fig. 1A). Ce pic est probablement dû à la dégradation de l'acide citrique, qui forme de l'acide pyruvique comme intermédiaire métabolique (Bartowsky et Henschke 2004).

A la fin de la FML (définie par l'épuisement de l'acide malique), la moitié seulement de l'acide pyruvique et moins d'un tiers de l'acétaldéhyde et de l'acide α -cétoglutarique avaient été dégradés en moyenne (tabl. 2). Donc, pour réduire les concentrations résiduelles en composés carbonylés – et par conséquent en SO₂ combiné – dans les vins, il serait opportun de retarder la stabilisation microbologique après la FML. Cependant, la métabolisation des sucres et des acides aminés par les bactéries lactiques peut mener à la formation d'acide acétique et d'amines biogènes (Lonvaud-Funel 1999). Il est donc nécessaire de trouver un compromis permettant de maximiser la dégradation des composés carbonylés sans augmenter inutilement le risque de déviations organoleptiques. A cette fin, nous avons calculé la concentration en SO₂ combiné qui résulterait en stabilisant le vin à différents moments. Pour obtenir les valeurs, nous avons utilisé les constantes de dissociation des sulfonates pertinents et supposé un taux de SO₂ libre de 30 mg/l. Cette estimation est représentée par la ligne noire dans la figure 1B et confirme que la réduction du SO₂ combiné était différée par rapport à la dégradation de l'acide malique. Les valeurs extraites de ce calcul (tabl. 3) indiquent qu'à la fin de la FML, en moyenne la réduction n'était que de 22 %. Une semaine après la FML, la réduction du SO₂ combiné atteignait déjà 75 %. Sur la base de ces fermentations avec douze souches et en considérant une marge de sécurité, il serait recommandé d'attendre

7–10 jours après la fin de la FML la stabilisation microbologique des vins, pour réduire au maximum les concentrations de SO₂ combiné sans augmenter le risque de déviations microbologiques. Toutefois, il est recommandé de surveiller le développement de l'acidité volatile, surtout avec des vins à pH élevé et à faible degré d'alcool.

Conclusions

- Les douze bactéries lactiques du vin commerciales testées ont montré une capacité de dégradation des composés carbonylés similaire, mais avec un taux de dégradation différent.
- Toutes les souches étaient capables de métaboliser l'acétaldéhyde et l'acide pyruvique qui ont été dégradés rapidement. La dégradation de l'acide α -cétoglutarique a été plus lente, tandis que l'acide galacturonique n'a pas été dégradé de façon significative par aucune des souches.
- La dégradation des composés carbonylés a été différée par rapport à la dégradation de l'acide malique.
- La concentration de SO₂ combiné calculée sur la base des composés carbonylés présents était réduite de 25 % lors de l'épuisement de l'acide malique. Une semaine après la FML, le taux de SO₂ calculé était réduit de 75 %.
- Si une réduction significative des composés carbonylés (et donc du SO₂ combiné) est envisagée, il est recommandé de ne pas stabiliser le vin jusqu'à 7–10 jours après la fin de la FML.
- L'acidité volatile doit toutefois être contrôlée pour éviter des défauts organoleptiques, surtout si le pH du vin est élevé. ■

Bibliographie

- Bartowsky E. J. & Henschke P. A., 2004. The 'buttery' attribute of wine – diacetyl – desirability, spoilage and beyond. *Int. J. Food Microbiol.* **96**, 235–252.
- Clérout M., Pernet A., Mira de Orduña R., Riedo A., Mertenat M., Jackowetz J. N. & Li E., 2015. Effet des levures et des paramètres de vinification sur la dynamique des concentrations en acétaldéhyde. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **47**, 232–237.
- Dukes B. C. & Butzke C. E., 1998. Rapid determination of primary amino acids in grape juice using an o-phthalaldehyde/N-acetyl-L-cysteine spectrophotometric assay. *Am. J. Enol. Vitic.* **49**, 127–134.
- 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**, 107–112.
- Henriot J., Jackowetz J. N. & Mira de Orduña R., 2014. Composés carbonylés: importance pour les taux de SO₂, analyse et présence dans les vins. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **46**, 318–325.
- Jackowetz J. N. & Mira de Orduña R., 2013. Improved sample preparation and rapid UHPLC analysis of SO₂ binding carbonyls in wine by derivatisation to 2,4-dinitrophenylhydrazine. *Food Chem.* **139**, 100–104.
- Lonvaud-Funel A., 1999. Lactic acid bacteria in the quality improvement and depreciation of wine. *Antonie van Leeuwenhoek* **76**, 317–331.
- Mayer K., Pause G. & Vetsch U., 1976. Gehalte an SO₂-bindenden Stoffen in Wein: Einfluss von Gärung und biologischem Säureabbau. *Schweiz Z. Obst-Weinbau* **112**, 309–313.
- 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**, 51–55.

■ Summary

Effect of malolactic fermentation on the concentration of carbonyl compounds and bound SO₂

The amount of total SO₂ needed to stabilize a wine can be reduced if the concentrations of carbonyl compounds that bind to SO₂ are diminished. It is well known that malolactic fermentation (MLF) can decrease the SO₂ requirement of wines. The aim of this work was to study the kinetics of the metabolism of malic acid and carbonyl compounds by several strains of commercial wine lactic acid bacteria. Twelve *Oenococcus oeni* strains were studied during and after MLF of a Riesling wine. The carbonyl degradation rates differed among strains, but their ability to degrade carbonyls was similar. That is, none of the strains was able to degrade galacturonic acid while α-ketoglutaric acid was degraded partially by all bacteria (48 % 3 weeks after MLF). Acetaldehyde and pyruvic acid were degraded to a large extent (87 and 85 % 3 weeks after MLF), but their degradation was delayed with regards to the malic acid utilisation. If a substantial reduction of carbonyl compounds is desired, wines should not be stabilised until 7 to 10 days after the depletion of malic acid. Such an approach may reduce the bound SO₂ levels by 75 %.

Key words: malolactic fermentation, carbonyl compounds, SO₂, lactic acid bacteria.

■ Zusammenfassung

Einfluss des biologischen Säureabbaus auf den Gehalt an Carbonylverbindungen und gebundenem SO₂

Die zur Stabilisierung eines Weines notwendige Menge an SO₂ kann durch die Verringerung des Gehalts an Carbonylverbindungen, welche SO₂ binden, reduziert werden. Es ist bekannt, dass der biologische Säureabbau (BSA) den SO₂-Bedarf von Weinen senken kann. Ziel dieser Studie war es, die Kinetik der Verstoffwechslung von Äpfelsäure und Carbonylverbindungen durch kommerzielle Weinmilchsäurebakterien zu untersuchen. Zwölf *Oenococcus oeni* Stämme wurden während und nach dem BSA in einem Riesling untersucht. Stammspezifische Unterschiede in den Abbauraten wurden offensichtlich, aber die grundsätzliche Fähigkeit zum Abbau einzelner Carbonylverbindungen war einheitlich. So war keiner der Stämme in der Lage die Galakturonsäure abzubauen während die α-Ketoglutarinsäure von allen Bakterien teilweise abgebaut wurde (48 % 3 Wochen nach dem BSA). Das Acetaldehyd und die Brenztraubensäure wurden grösstenteils abgebaut (87 und 85 % 3 Wochen nach dem BSA), aber der Abbau war im Vergleich zum Malatabbau zeitlich verspätet. Falls eine signifikante Verringerung des Gehalts an Carbonylen gewünscht ist, sollten Weine daher erst 7 bis 10 Tage nach Ende des Malatabbaus stabilisiert werden. Eine solche Vorgehensweise vermag es den Gehalt an gebundenem SO₂ 75 % zu reduzieren.

■ Riassunto

Incidenza della fermentazione malolattica sul tasso di composti carbonilici e sulla SO₂ combinata

La concentrazione in SO₂ totale necessaria per stabilizzare un vino può essere ridotta se riusciamo ad abbassare il tenore in composti carbonilici che si combinano al SO₂. E' risaputo che la fermentazione malolattica (FML) può diminuire il bisogno di un vino in SO₂. Lo scopo di questo studio era di valutare la cinetica del metabolismo dell'acido malico e dei composti carbonilici di diversi ceppi di batteri lattici commerciali. Si sono studiati dodici ceppi d'*Oenococcus oeni* durante e dopo la FML di un Riesling. Certi presentavano delle differenze nei tassi di degradazione, ma la loro capacità di degradare i composti carbonilici era simile. Alcuni dei ceppi non hanno potuto degradare l'acido galatturonico, mentre l'acido α-chetoglutarico lo è stato parzialmente per tutti i batteri (48 % 3 settimane dopo la FML). L'acetaldeide e l'acido piruvico sono stati in gran parte degradati (87 e 85 % 3 settimane dopo la FML), ma in modo differito rispetto all'acido malico. Se è richiesta una riduzione significativa dei composti carbonilici, si consiglia di non stabilizzare i vini fino a 7–10 giorni dopo l'esaurimento dell'acido malico. Un tale approccio può far abbassare il tasso di SO₂ del 75 %.

Suisse 

Plantes

Flours coupées

Bourse aux fleurs bernoise

Vos plus grands marchés spécialisés pour plantes et fleurs coupées

Nouveau point de vente à Heimberg!

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



Blumig
Besonders
Beeindruckend

Votre partenaire pour la qualité

Irrigation goutte à goutte de la vigne



NETAFIM UniWine
GOUTTE À GOUTTE PROFESSIONNEL

- Très grande résistance au colmatage.
- Autorégulant (diff. de hauteur 35 m).
- Posé au sol ou suspendu au fil.
- Goutteurs intégrés.

Pilotage et contrôle par sondes Watermark
Web
R₂-Dx
Connecté GPRS - Wifi
Communication radio







Chemin de l'Autoroute 5, 1926 FULLY
Tél. 027 746 33 03 - Fax. 027 746 33 11
www.ccdsa.ch Mail : ccdsa@bluewin.ch



PÉPINIÈRES VITICOLES

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



 **Sélection Valais**

Bouchons en liège

Capsules à vis · Bouchons couronne

Capsules de surbouchage · Bondes silicone

Barriques · Supports porte-barriques · 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

SNOPEX ... professionnalisme à votre service
www.snopex.com



MP 550



Presses pour motofaucheuses, motoculteurs et chenilles

Stades phénologiques des fruits à pépins en grand format!

Après deux ans de patients relevés photographiques au verger, à guetter les moments caractéristiques du développement des arbres fruitiers, l'AMTRA se réjouit de proposer le cycle complet du pommier (cv. Gala) et du poirier (cv. William's) aux arboriculteurs professionnels et aux amateurs de fruits, en format poster et dans la langue nationale de leur choix. Du débourrement du bourgeon hivernal au fruit prêt à être récolté, l'année végétative se déroule ainsi en dix-huit étapes magnifiquement illustrées, codifiées selon le système international BBCH applicable à toutes les plantes cultivées. Les photographies originales ont été prises dans des parcelles d'Agroscope, à Changins. Ces documents sont destinés aux producteurs, aux instances agricoles et aux formateurs, mais constituent aussi une très belle décoration pour stands d'exposition, salles de réunion ou espaces de vente.

Deux posters de 100 x 70 cm, en français, allemand ou italien

Stades phénologiques repères du pommier

Auteurs: Bernard Bloesch et Olivier Viret, Agroscope, 1260 Nyon

0 Repos hivernal



Bourgeon d'hiver (dormance)
00 (A)

Stades	
0 = Repos hivernal	
5 = Apparition des inflorescences	
6 = Floraison	
7 = Développement des fruits	
8 = Maturation des fruits	
Code BBCH	Code Baggioletti
00	(A)
51 → 59	(B → E2)
61 → 69	(F → H)
71 → 77	(I → J)
81 → 89	

Sources
• Baggioletti M., 1952. Les stades repères dans le développement annuel de la vigne et leur utilisation pratique. *Revue suisse d'arboriculture et d'horticulture* 8 (1), 4-6.
• Lancashire P. D., Biecholder H., Van Den Boom T., Langsdörfer P., Staus R., Weber E. & Witzemberger A., 1991. A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Ann. appl. Biol.* 119, 561-601.
• Hack H., Biecholder H., Buhl L., Meier U., Schneck-Fricke U., Weber E. & Witzemberger A., 1992. Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen. - Erweiterte BBCH-Skala. *Allgemein. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz* 44 (12), 265-270.

Photographies: Carole Parodi

5 Apparition de l'inflorescence



Gonflement des bourgeons
51 (B)



Eclatement des bourgeons
53 (C)



Oreille de souris
54 (C3)



Bouton vert
56 (D)



Bouton rose
57 (E)



Ballonnets
59 (E2)

6 Floraison



Début floraison
61 (F)



Pleine floraison
65 (F2)



Floraison déclinante
67 (G)



Fin floraison
69 (H)

7 Développement des fruits



Nouaison
71 (I)



Taille noisette
72 (J)



Stade T
74



Croissance des fruits
77

8 Maturation des fruits



Début maturation
81



Maturité avancée
85



Récolte maturité gustative
87-89

Stades phénologiques repères du poirier

Auteurs: Bernard Bloesch et Olivier Viret, Agroscope, 1260 Nyon

0 Repos hivernal



Bourgeon d'hiver (dormance)
00 (A)

Stades	
0 = Repos hivernal	
5 = Apparition des inflorescences	
6 = Floraison	
7 = Développement des fruits	
8 = Maturation des fruits	
Code BBCH	Code Baggioletti
00	(A)
51 → 59	(B → E2)
61 → 69	(F → H)
71 → 77	(I → J)
81 → 89	

Sources
• Baggioletti M., 1952. Les stades repères dans le développement annuel de la vigne et leur utilisation pratique. *Revue suisse d'arboriculture et d'horticulture* 8 (1), 4-6.
• Lancashire P. D., Biecholder H., Van Den Boom T., Langsdörfer P., Staus R., Weber E. & Witzemberger A., 1991. A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Ann. appl. Biol.* 119, 561-601.
• Hack H., Biecholder H., Buhl L., Meier U., Schneck-Fricke U., Weber E. & Witzemberger A., 1992. Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen. - Erweiterte BBCH-Skala. *Allgemein. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz* 44 (12), 265-270.

Photographies: Carole Parodi

5 Apparition de l'inflorescence



Gonflement des bourgeons
51 (B)



Eclatement des bourgeons
53 (C)



Oreille de souris
54 (C3)



Bouton vert
56 (D)



Bouton rose
57 (E)



Ballonnets
59 (E2)

6 Floraison



Début floraison
61 (F)



Pleine floraison
65 (F2)



Floraison déclinante
67 (G)



Fin floraison
69 (H)

7 Développement des fruits



Nouaison
71 (I)



Taille noisette
72 (J)



Stade T
74



Croissance des fruits
77

8 Maturation des fruits



Début maturation
81



Maturité avancée
85



Récolte maturité gustative
87-89

Les affiches peuvent être commandées au prix de CHF 30.- le poster (port inclus) à: AMTRA, M^{me} Antoinette Dumartheray, route de Duillier 50, case postale 1006, 1260 Nyon 1, tél. +41 79 659 48 31, e-mail: info@revuevitiarbohorti.ch ou sur www.revuevitiarbohorti.ch



Large gamme d'atomiseurs neufs portés et traînés



Nombreuses occasions :
 * 200 | VITI 60
 * 1000 | OVS 50
 * 600 | ARBO 80

* donnant droit à la subvention spéciale PA 14.19

1937 favaro

Bovet SA | machines agricoles
 1566 Les Friques | tél. 026 677 11 48 | www.bovet-sa.ch

Pépinières viticoles

FAVRE Daniel

Des plants de vignes soignés
pour vous satisfaire !

Ch. de LA PRA 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

ELTEL SA

Entretien de zones naturelles
Mobile 079 463 29 64
www.eltel-sa.ch

RENOUVELLEMENT DE VERGERS

- broyage de l'arbre et de la souche en un seul passage
- broyage des souches en tas

PAILLE DES MARAIS

- balles, largeur 120 cm ou 60 cm
- idéal pour paillage 100% naturel

VINION
La nouvelle liberté de taille.



SÉCATEURS PEILENC VINION ET PRUNION
DÈS CHF 980.- TTC

La nouvelle génération de
sécateurs électroniques

Etablissements
CHAPPOT
CHARRAT UJUMI.CHAPPOTMACHINES.CH SAXON

DISTRIBUTION - VENTE
SERVICES APRÈS-VENTE POUR LA SUISSE

Tél. 027 746 13 33 – contact@chappotmachines.com
et son réseau d'agent régionaux

Caractérisation et apparition des formes hivernale et estivale de *Drosophila suzukii*

Olivier VONLANTHEN et Patrik KEHRLI, Agroscope, 1260 Nyon

Renseignements: Patrik Kehrli, e-mail: patrik.kehrli@agroscope.admin.ch, tél. +41 58 460 43 16, www.agroscope.ch



Introduction

La drosophile du cerisier ou drosophile à ailes tachetées, *Drosophila suzukii* (Matsumura 1931), est originaire d'Asie du Sud-Est. Signalée en Europe à la fin de 2008, elle a été trouvée pour la première fois en Suisse en 2011 (Kehrli *et al.* 2012). Ce ravageur frugivore très polyphage suscite d'importants dégâts, tout particulièrement dans les cultures de baies, de fruits à noyau et de raisin (Baroffio *et al.* 2013; Kuske *et al.* 2014; Lin-

der *et al.* 2015). Contrairement à d'autres drosophiles, les femelles de cette espèce possèdent un ovipositeur fortement denté qui leur permet de percer l'épiderme de fruits sains pour pondre. Outre les dommages provoqués par le développement des larves dans le fruit, ces blessures de ponte sont autant de portes ouvertes aux maladies et ravageurs.

A l'état adulte, *D. suzukii* mesure de 2 à 4 mm. Ses yeux sont rouges et son corps jaunâtre. Les mâles se reconnaissent à la tache noirâtre visible à l'extrémité

de leurs ailes, ainsi qu'aux deux rangées de soies situées sur les tarses antérieurs. Les taches alaires peuvent toutefois être très claires ou même inexistantes chez les mâles fraîchement émergés de leur puppe. Les femelles se distinguent par leur ovipositeur puissant et fortement sclérotisé, muni de denticules noirs (Kehrli *et al.* 2012). En plus de ce dimorphisme sexuel, deux phénotypes, l'un apparaissant en été et l'autre en hiver, ont été signalés pour cette espèce aux Etats-Unis: le premier différant du second par une couleur plus claire et une moindre taille (Shearer *et al.* 2014).

En Suisse, la différenciation et la phénologie de ces deux formes n'ont pas été étudiées jusqu'ici. A partir de piégeages effectués durant deux ans à Gland (VD), des différences morphologiques ont été recherchées entre des individus piégés en été et en hiver, afin d'établir la phénologie de chacun des types.

Matériel et méthodes

Piège

Les insectes ont été capturés dans la région de Gland (VD) dans un piège formé d'un récipient en polystyrène transparent de 1300ml, muni d'un couvercle clippé et de 16 ouvertures (Ø3 mm) disposées sous le bord supérieur. Contenant 250ml d'un liquide attractif du commerce (Riga AG, Ellikon a. d. Thur), le piège est placé en lisière de forêt, à proximité de diverses cultures fruitières. Les captures sont relevées hebdomadairement du printemps à l'automne, puis une à deux fois par mois durant l'hiver. Les échantillons considérés dans cette étude couvrent une période de deux ans entre août 2013 et août 2015.

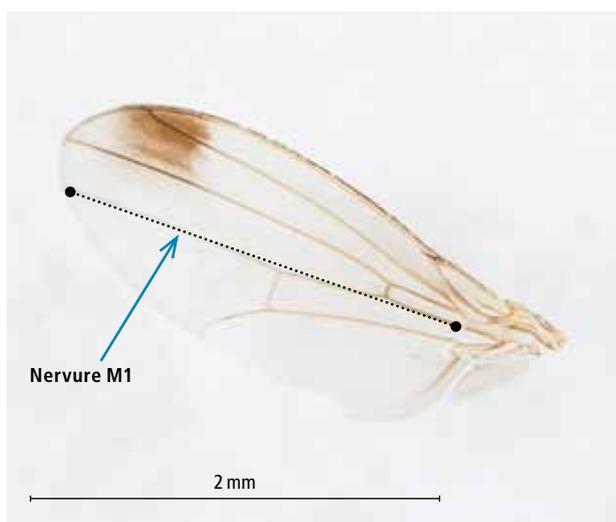


Figure 1 | Nervure médiane M1 sur l'aile d'un mâle de *D. suzukii*.

Résumé

En Suisse, l'installation de la drosophile du cerisier (*Drosophila suzukii*) suscite une grande inquiétude chez les producteurs de fruits. A la différence des femelles, les mâles possèdent une tache noirâtre à l'extrémité de chaque aile. En plus de ce dimorphisme sexuel, des observations effectuées aux Etats-Unis signalent deux phénotypes distincts. Agroscope a mené un essai pour vérifier si ce phénomène existait également en Suisse et, le cas échéant, comment il se manifestait au cours de l'année. Des échantillonnages réalisés à Gland (VD) ont révélé que, par rapport au phénotype estival, la forme hivernale se caractérise par une taille plus importante et une coloration plus foncée du thorax et des tergites. Les premiers imagos du phénotype hivernal apparaissent en août et dominent durant l'hiver. Les individus estivaux sont majoritaires en été mais également présents en hiver. Les observations indiquent que *D. suzukii* se reproduit dès avril sur des fruits hôtes encore indéterminés et que le phénotype hivernal continue à se propager en automne.

Différenciation des phénotypes

Dans un premier temps, des individus capturés en hiver et en été ont été comparés pour trouver d'éventuelles différences morphologiques. Les observations ont été réalisées à la loupe binoculaire avec un grossissement de 12,5 à 20 fois. Cette première étape a servi à établir les principaux critères permettant de différencier les deux phénotypes, notamment la couleur et la taille des individus. Selon Shearer *et al.* (2014), la coloration est appréciée visuellement et la taille déterminée en mesurant la droite reliant la base et l'extrémité de la nervure médiane M1 (fig. 1). Pour chaque sexe, les ailes de 26 individus de chaque phénotype ont été mesurées, puis comparées par analyse de variance à deux facteurs.

Evolution saisonnière des phénotypes

La période d'apparition des deux phénotypes a été déterminée. Sur la base des critères précédents, les échantillons de captures ont été analysés pour évaluer la proportion des phénotypes hivernaux et estivaux au cours du temps.



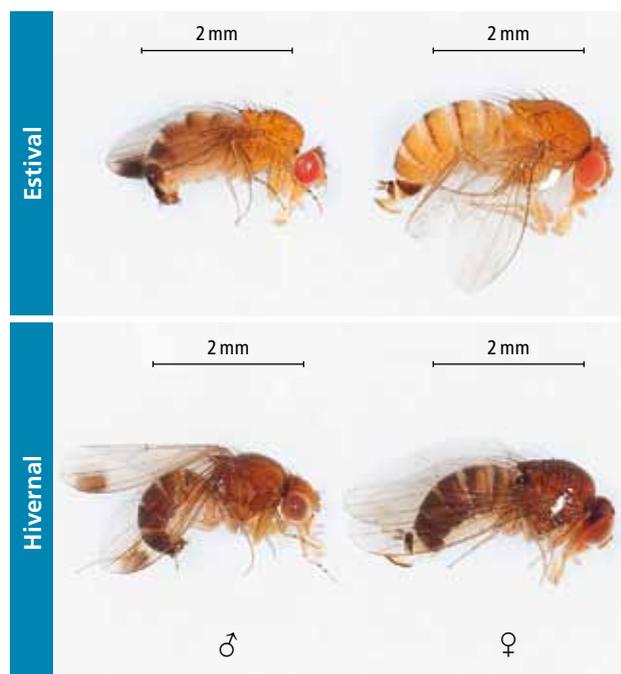


Figure 2 | Individus marqués des phénotypes estival et hivernal de *D. suzukii* pour les deux sexes.



Figure 3 | Tache plus foncée au centre du pronotum chez le phénotype hivernal d'un mâle de *D. suzukii*.

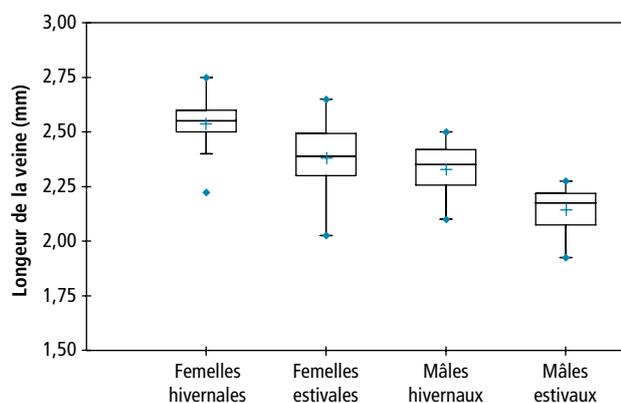


Figure 4 | Boîte à moustaches de la longueur de la nervure médiane M1 en mm en fonction du sexe et du phénotype de *D. suzukii*.

Résultats et discussion

Différenciation des phénotypes

Des différences de coloration apparaissent entre des individus capturés en été et en hiver: chez les deux sexes, le thorax de la forme hivernale présente une teinte brune nettement plus foncée que le morphe estival (fig. 2). Dans la plupart des cas, une mélanisation plus marquée du centre du thorax forme une tache (fig. 3). De plus, chez les femelles, les 4^e et 5^e tergites (= segments de l'abdomen) de la forme hivernale sont le plus souvent brun foncé à noir tandis que la forme estivale ne présente qu'une bande sombre à la base du 4^e tergite (fig. 2). Dans notre étude, des individus possédant des caractéristiques intermédiaires représentaient 7,8% du total des effectifs analysés et ont été classés comme formes indéterminées.

Les mesures relatives à la longueur des ailes confirment (fig. 4) que le phénotype hivernal est significativement plus grand que le type estival ($F_{1,100} = 52,7$; $P < 0,001$) et que les mâles sont nettement plus petits que les femelles ($F_{1,100} = 90,4$; $P < 0,001$). La modification de taille entre les deux phénotypes conserve toutefois la même proportion chez les deux sexes, comme l'indique la valeur non significative de l'interaction entre les deux facteurs ($F_{1,100} = 0,4$; $P = 0,53$).

Ces variations de couleur et de taille chez *D. suzukii* ont été récemment observées en laboratoire par Shearer *et al.* (2014). En modifiant la température et la photopériode en milieu contrôlé, ces auteurs ont provoqué l'apparition des deux phénotypes. En conditions naturelles, ces variations phénotypiques sont probablement aussi régies par la longueur du jour et la température. En général, la mélanisation hivernale, connue chez de nombreuses espèces d'insectes, s'accompagne d'un épaissement de la cuticule. Cette modification protégerait les insectes d'une dessiccation excessive durant les périodes froides, caractérisées par une faible hygrométrie. De plus, une coloration sombre permet aux insectes de se réchauffer plus rapidement et d'être actifs à des températures plus basses. Pour finir, une masse corporelle plus importante correspond à des réserves énergétiques accrues, augmentant ainsi les chances de survie des individus durant l'hiver.

Evolution des phénotypes

La phénologie observée durant les deux années de capture (fig. 5) montre que les populations du phénotype hivernal augmentent dès la fin de l'été pour devenir majoritaires durant l'automne et l'hiver jusqu'au début du printemps. Entre mai et juin, le taux de phénotype hivernal diminue tandis que le phénotype estival aug-

mente. Les effectifs du phénotype estival culminent en juillet-août, mais des individus de ce type sont néanmoins régulièrement capturés toute l'année. Leur présence durant la mauvaise saison (~ 10 % des captures) peut être liée à des températures hivernales peu rigoureuses qui ont permis leur survie. Cependant, leur augmentation en avril-mai indique que les biotopes fréquentés par *D. suzukii* sont déjà pourvus de fruits hôtes permettant la reproduction des premiers individus de la forme estivale. Contrairement aux Etats-Unis où de fortes infestations ont été observées en avril-mai sur la plante ornementale *Sarcococca confusa* (Lee *et al.* 2015), en Europe, les espèces végétales en question ne sont pas encore clairement identifiées mais se situent probablement dans des zones naturelles telles que les haies ou autres formations ligneuses. A cet égard, il a été établi en laboratoire que les larves de *D. suzukii* peuvent se développer dans des fruits à maturation hivernale, tels que le gui (*Viscum album*) et le lierre (*Hedera helix*), ainsi que dans des fruits à maturation automnale encore accrochés aux branches ou tombés au sol sans être fendus, comme les pommes ou les prunelles (*Prunus spinosa*) (S. Fischer, comm. pers.).

Conclusions

- Sur la base des échantillons étudiés, des différences morphologiques de taille et de coloration ont pu être mises en évidence entre les phénotypes hivernal et estival de *D. suzukii*.
- Le phénotype hivernal est plus grand, avec une mélanisation plus marquée au centre du pronotum, qui forme souvent une tache. Chez les femelles hivernales, le 4^e et le 5^e tergite de l'abdomen sont en général entièrement brun foncé à noirs.
- Les premiers adultes du phénotype hivernal apparaissent dès le mois d'août. Ce phénotype domine durant l'automne, l'hiver et le début du printemps. Les derniers individus sont capturés fin juin.
- Les populations du phénotype estival augmentent à partir du mois d'avril et dominent durant l'été. Quelques adultes de ce phénotype peuvent également être capturés en hiver.
- L'augmentation du phénotype estival en avril indique que des fruits hôtes, pour l'heure non identifiés, sont disponibles pour leur développement. ■

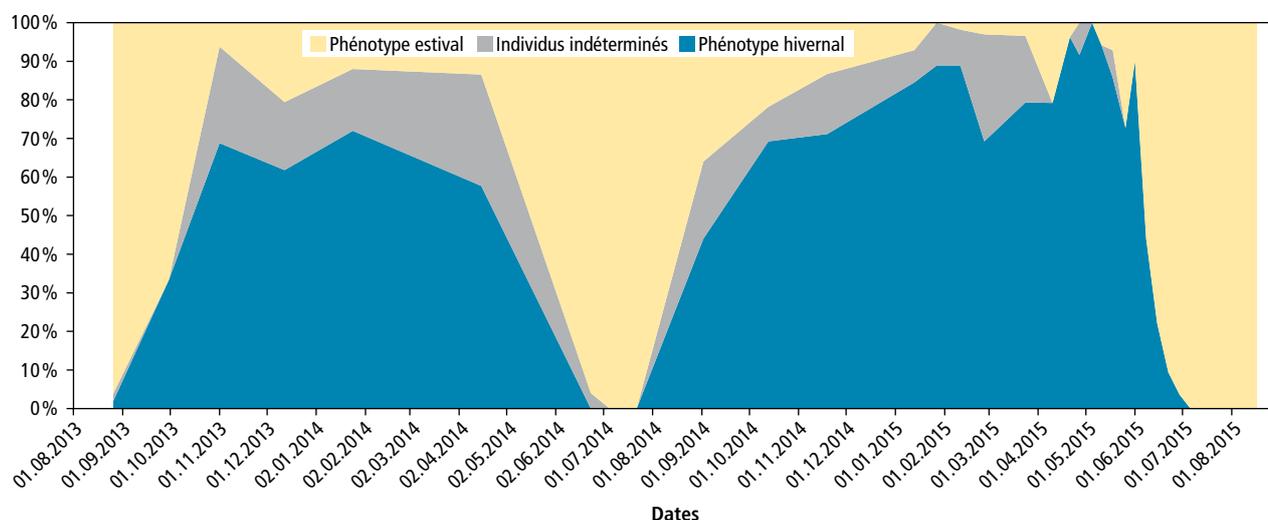


Figure 5 | Apparition et ratio des phénotypes hivernal et estival de *D. suzukii* entre août 2013 et juillet 2015.

Remerciements

Nous remercions tout particulièrement Serge Fischer, Denis Pasquier et Philippe Chatelain pour leur assistance durant la réalisation de ce travail.

Bibliographie

- Baroffio C., Richoz P., Arriagada B. S., Kuske S., Brand G., Fischer S., Linder C., Samietz J. & Kehrli P., 2013. Surveillance de *Drosophila suzukii*: bilan de l'année 2012. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 45 (4), 212–218.
- Kehrli P., Höhn H., Baroffio C. & Fischer S., 2012. La drosophile du cerisier, nouveau ravageur potentiel de nos vignobles. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 45 (1), 59–61.
- Kuske S., Kaiser L., Razavi E., Fataar S., Schwizer T., Mühlentz I. & Mazzi D., 2014. Netze gegen die Kirschesigfliege. *Schweizer Z. Obst- u. Weinbau* 150 (22), 14–18.
- Lee J. C., Dreves A. J., Cave A. M., Kawai S., Isaacs R., Miller J. C., Van Timmeren S. & Bruck D. J., 2015. Infestation of Wild and Ornamental Noncrop Fruits by *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 108, 117–129.
- Linder C., Kehrli P. & Kuske S., 2015. Drosophile du cerisier dans les vignes: bilan de l'année 2014. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 47 (1), 59–60.
- Shearer P. W., Brown P. H & Walton V., 2014. Seasonal phenotypes of *Drosophila suzukii*. In: IOBC/WPRS, 06-09 October, 2014, Vienna, Austria, 24.

■ Summary

Characterisation and occurrence of the summer and winter phenotype of *Drosophila suzukii*

For Swiss fruit growers the invasion of the spotted winged drosophila (*Drosophila suzukii*) is a matter of major concern. Unlike females, males possess a black spot at the end of both wings. Beside this sexual dimorphism, observations in the US indicate the presence of two distinct phenotypes. Agroscope verified if such a differentiation is also detectable in Switzerland and how it manifests over the year. On the basis of samples collected in Gland (VD), it was possible to establish that *D. suzukii* adults of the winter phenotype are larger and have a darker thorax and darker tergites than individuals of the summer phenotype. First adults of the winter phenotype appear from August on and dominate the overwintering population. Adults of the summer phenotype prevail in summer, but they can also be captured over the winter. Our observations indicate that *D. suzukii* starts to reproduce on so far unidentified host fruits already in April and that the winter phenotype continues to propagate in autumn.

Key words: *Drosophila suzukii*, morphology, morphotype, identification.

■ Zusammenfassung

Beschreibung und Auftreten der Winter- und Sommerform von *Drosophila suzukii*

Das Einschleppen der Kirschessigfliege (*Drosophila suzukii*) in der Schweiz hat grosse Beunruhigung bei den Obstproduzenten ausgelöst. Im Gegensatz zu den Weibchen verfügen die Männchen über einen dunklen Punkt am Ende beider Flügel. Ausser diesem sexuellen Dimorphismus weisen Beobachtungen aus den USA auch auf zwei verschiedene Phänotypen hin. Agroscope überprüfte, ob dieses Phänomen auch in der Schweiz beobachtbar ist, und falls ja, wie es sich über das Jahr manifestiert. Mittels von Probenahmen in Gland (VD) stellten wir fest, dass der Winterphänotyp im Vergleich zur Sommerform grösser ist und über eine dunklere Färbung des Thorax und der Tergiten verfügt. Die ersten Adulten des Winterphänotyps sind im August beobachtbar und sie dominieren im Winter. Individuen des Sommerphänotyps überwiegen im Sommer, sie sind aber auch über den Winter feststellbar. Unsere Beobachtungen deuten darauf hin, dass sich *D. suzukii* ab April auf bis anhin unbekanntem Wirtsfrüchten fortpflanzt und dass der Winterphänotyp im Herbst fortfährt sich zu vermehren.

■ Riassunto

Caratterizzazione e apparizione delle forme invernali ed estive di *Drosophila suzukii*

L'istallazione della drosophila del ciliegio (*Drosophila suzukii*) in Svizzera suscita grande inquietudine nei produttori di frutta. A differenza delle femmine, i maschi possiedono una macchia nerastra all'estremità di ogni ala. Oltre a questo dimorfismo sessuale, le osservazioni fatte negli Stati Uniti indicano due fenotipi distinti. Agroscope ha verificato se questo fenomeno esistesse anche in Svizzera e, se del caso, come esso si manifestasse nel corso dell'anno. I campionamenti effettuati a Gland (VD) hanno rivelato che, in rapporto al fenotipo estivo, la forma invernale si caratterizza attraverso una grandezza più importante e una colorazione del torace e delle tergiti più scura. I primi imago del fenotipo invernale appaiono in agosto e dominano durante l'inverno. Durante l'estate gli individui estivi sono in maggioranza, ma essi sono pure presenti in inverno. Le osservazioni indicano che *D. suzukii* si riproduce da aprile su dei frutti ospiti ancora indeterminati e che il fenotipo invernale continua a propagarsi in autunno.





**NOTRE MÉTIER:
VOUS AIDER À FAIRE LE VÔTRE.**

L'ÈRE DU FROID

FRIALP sa

REFRIGÉRATION - CLIMATISATION

PRÉSENT À AGROVINA STAND N°3119

Sion : 027 203 61 00 | Villars-Ste-Croix : 021 601 61 00 | Genève : 022 731 12 22
info@frialp.ch ou www.frialp.ch

Frialp conçoit, réalise et assure la maintenance de tout type d'installation de froid.

Nous sommes à même d'équiper tous les modèles de cuves en utilisant différentes technologies, afin que tous les souhaits de l'œnologue soient satisfaits et que chacun de vos vins puisse naître dans les conditions les plus appropriées à ses caractéristiques.

Frialp et ses techniciens sont également à vos côtés pour étudier, réaliser et garantir que les aliments que vous allez proposer à votre clientèle n'aient jamais à souffrir d'un « coup de chaud ».




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

Tracteur Loeffel Viti Plus avec broyeur Dragone




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



La production de pommes sans résidus est-elle rentable?*

Esther BRAVIN, Sarah PERREN et Andreas NAEF, Agroscope, 8820 Wädenswil

Renseignements: Esther Bravin, e-mail: esther.bravin@agroscope.admin.ch, tél. +41 58 460 62 44, www.agroscope.ch



En arboriculture, l'application de produits phytosanitaires est indispensable afin d'assurer les rendements et la qualité des fruits. De plus en plus, les consommateurs souhaitent des fruits exempts de résidus phytosanitaires. Les chercheurs d'Agroscope ont testé une stratégie de réduction des résidus en plein champ durant plusieurs années. Les résultats ont été évalués sur le plan économique.

De nos jours, les ravageurs, maladies et plantes indésirables sont combattus avec des produits phytosanitaires spécifiques. Toutefois, cette méthode atteint ses limites, le marché exigeant une réduction drastique des résidus de pesticides sur les fruits. En 2008, les scientifiques d'Agroscope ont lancé un essai de plusieurs années afin de réduire l'application de produits phytosanitaires, tout en assurant le rendement et la qualité des fruits. L'essai a été conduit à Wädenswil sur la variété Golden Delicious (0,3 ha) et les variétés résistantes à la tavelure Ariane, Otava et Topaz (0,75 ha). Le

système de production développé par l'équipe de recherche en optimisant l'application des produits phytosanitaires a été baptisé «Low-Residue» (LR). Une combinaison des stratégies éprouvées de protection phytosanitaire de la production intégrée (PI) et de la production biologique (bio) a été utilisée. Afin d'évaluer le nouveau système, des parcelles identiques ont été traitées selon une stratégie de protection phytosanitaire PI, bio ou LR, puis comparées (Gölles *et al.* 2014). Cet article évalue le potentiel du système de production LR sur le plan économique.

Critères d'évaluation économique

Trois types de données ont été analysées pour l'évaluation du potentiel économique:

- **le rendement:** le rendement est l'un des facteurs les plus importants pour la production de pommes. Il influence fortement le revenu du travail (Mouron et Carint 2001).
- **les coûts de production:** afin de comparer les facteurs entrant dans le système de production, toutes les composantes des coûts, frais directs (engrais, protection phytosanitaire, triage, entreposage et contributions) et coûts structurels (travail, machines, bâtiments et intérêts) ont été pris en compte. Toutes les parcelles possédant la même protection contre la grêle, les coûts des infrastructures sont les mêmes pour tous les systèmes de production et toutes les variétés.
- **le cash-flow:** il est calculé pour chaque quartier variétal (sous-unité variétale d'une parcelle). Le cash-flow comprend la totalité des bénéfices et l'amortissement du verger de pommiers. Il fait ressortir la somme gagnée par l'exploitation de la parcelle, ou la somme utilisée pour l'exploitation de la parcelle. Dès que le cash-flow couvre au moins l'amortissement du verger, le verger de pommiers est entièrement autofinancé.

Heures de main-d'œuvre effectives combinées au modèle Arbokost

Les coûts de production et le cash-flow ont été calculés par le programme Arbokost (Agroscope 2013). Pour les heures de machines et de main-d'œuvre, les produits

* Traduction de l'article paru en allemand le 14 août 2015 dans la *Schweiz. Z. Obst-Weinbau* 151, 10–13.

phytosanitaires et les engrais, les données réelles ont été utilisées. Pour les coûts des machines (données Agroscope, Gazzarin et Lips 2012), de main-d'œuvre (données Fruit Union Suisse FUS) et d'infrastructures (données Arbokost), des valeurs empiriques ont été appliquées. Les heures de récolte ont été calculées par le biais des quantités de récolte du programme, ainsi que du rendement à la récolte de 120kg/MOh (heures de main-d'œuvre). Le pourcentage de classe 1 après entreposage (Pack Out) conformément aux directives de la FUS a été dégagé pour le calcul du produit. Tous les coûts et rendements ont été ajustés à 1 ha à des fins de comparaison.

Prix indicatifs et déductions

Les prix indicatifs de la FUS ont été appliqués pour la classe 1 (Agridea 2011, 2013), les prix indicatifs de la PI pour la PI et la LR, et ceux du bio pour le bio. Les fruits à cidre et d'industrie n'ont pas été pris en compte pour le calcul du produit. Pour les coûts de triage et d'entreposage, 30 fr./100 kg ont été déduits et 2 fr./100 kg pour les coûts d'emballage (estimation d'experts 2014). Les contributions sectorielles s'élèvent à 300 fr./ha pour les procédés PI et LR et à 400 fr./ha pour le bio (contributions bio Suisse incluses).

Comparaison de Golden Delicious et Topaz

Les résultats des variétés Golden Delicious et Topaz sont présentés en détail, du fait qu'elles sont plus cultivées en Suisse que les autres variétés choisies (Golden Delicious = 14 % et Topaz = 3 % des surfaces; OFAG 2015).

Golden Delicious: des rendements plus élevés avec le «Low-Residue»

Les rendements annuels moyens des procédés LR sont légèrement supérieurs à ceux des procédés PI et nettement supérieurs aux rendements bio. Les parts de pommes de classe 1 (Pack Out) présentent une forte alternance. Celles du mode bio sont plus faibles qu'avec la PI et le LR, et ce, chaque année. Les rendements bio manquant pour la Golden Delicious en 2011, aucun résultat n'a pu être calculé en 2011 (fig. 1).

Topaz: des rendements plus faibles que Golden Delicious

Contrairement à Golden Delicious, les trois procédés se distinguent moins avec la variété Topaz: d'une part Topaz n'est pas aussi productive que Golden Delicious et, de l'autre, elle est adaptée à la culture bio grâce à sa

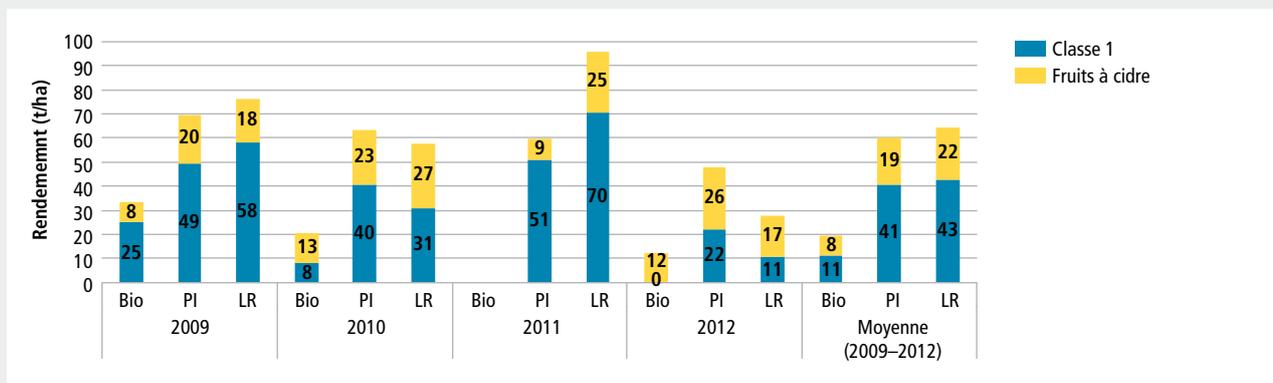


Figure 1 | Rendements par classe, système de production et année pour Golden Delicious.

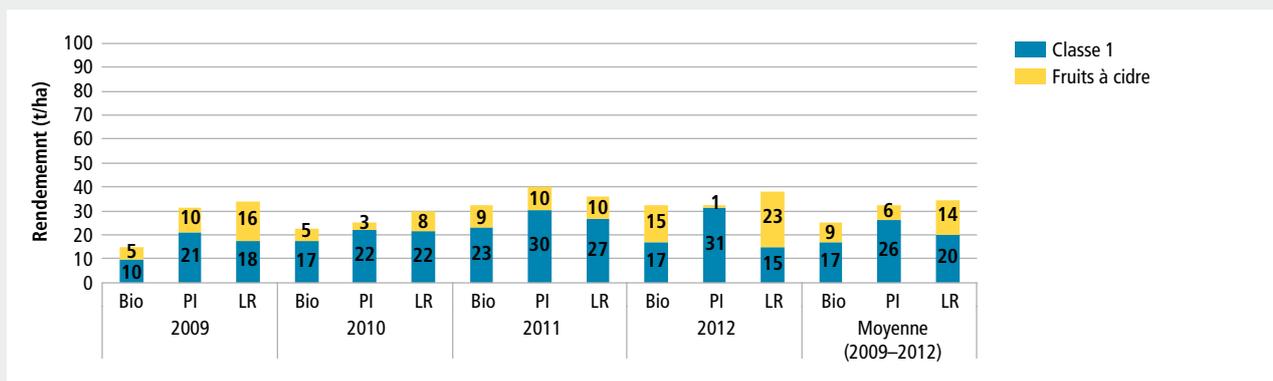


Figure 2 | Rendements par classe, système de production et année pour Topaz.

résistance à la tavelure. Les systèmes de production se différencient néanmoins par leur taux moyen de classe 1 (fig. 2): avec 59 %, LR a le plus faible pourcentage de classe 1 après bio (67 %) et PI (82 %).

Bilan: la variante LR permet d'obtenir des rendements similaires au procédé PI. Certaines différences de qualité apparaissent cependant en fonction des variétés. Pour Golden Delicious, les taux de classe 1 après entreposage sont semblables pour les procédés LR et PI. Avec Topaz, ces pourcentages sont plus faibles avec le procédé LR qu'avec le bio et la PI.

Golden Delicious: aperçu des coûts de production

Les coûts de production totaux de Golden Delicious (fig. 3) varient de 28000 (bio 2010) à 67300 francs (LR 2011) selon le système de production et l'année. Les rendements ont une grande influence sur les coûts de récolte et ainsi sur les frais de main-d'œuvre, qui représentent 40 à 62 % des coûts totaux. Le Pack Out (classe 1 après entreposage) a une forte influence sur les coûts de triage et d'entreposage qui, ajoutés aux contributions sectorielles, représentent entre 12 et 37 % des coûts totaux. Les intérêts et les coûts des bâtiments sont identiques pour chaque procédé. Les coûts de protection phytosanitaire sont aussi similaires pour les dif-

férents systèmes de production. Ils s'élèvent de 2600 à 2800 francs par année et par procédé (7 % des coûts de production en moyenne).

Topaz: des coûts de production inférieurs à Golden Delicious

Les rendements de Topaz étant plus faibles que ceux de Golden Delicious, les coûts de production totaux sont bas (fig. 4). Avec une moindre charge de travail à la récolte, les coûts de main-d'œuvre se situent entre 36 et 51 % des coûts totaux et les coûts des produits phytosanitaires à environ 9 %. Pour Topaz également, les frais de produits phytosanitaires sont les mêmes pour chaque système de production.

Bilan: le rendement influence fortement les coûts de production, indépendamment du système de production. Les coûts de protection phytosanitaire des procédés bio, PI et LR sont similaires pour les variétés testées et indépendants du rendement.

Comparaison des cash-flows

En moyenne, de 2009 à 2012, les rendements des parcelles PI (38032 kg/ha) ont été supérieurs à ceux des parcelles LR (37 103 kg/ha) et bio (20657 kg/ha). Le pour-

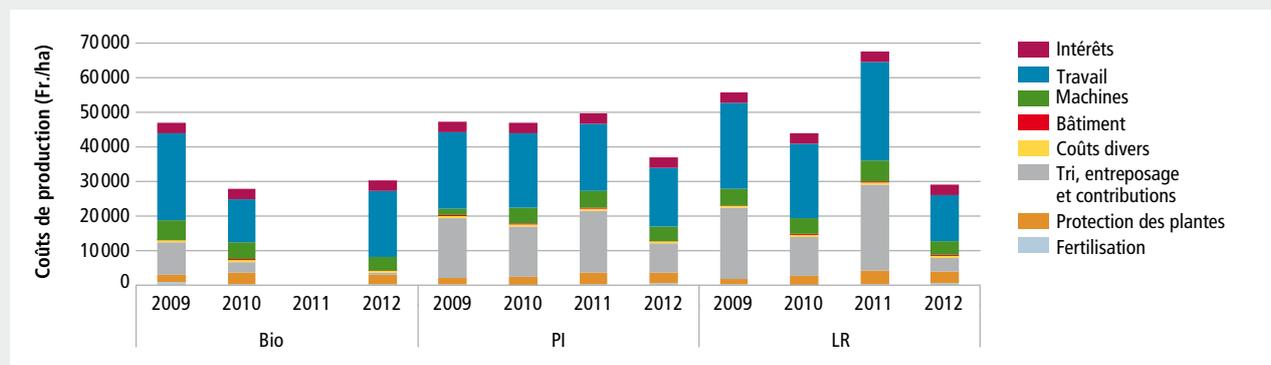


Figure 3 | Comparaison des coûts de production de Golden Delicious en mode de production bio, PI et LR de 2009 à 2012.

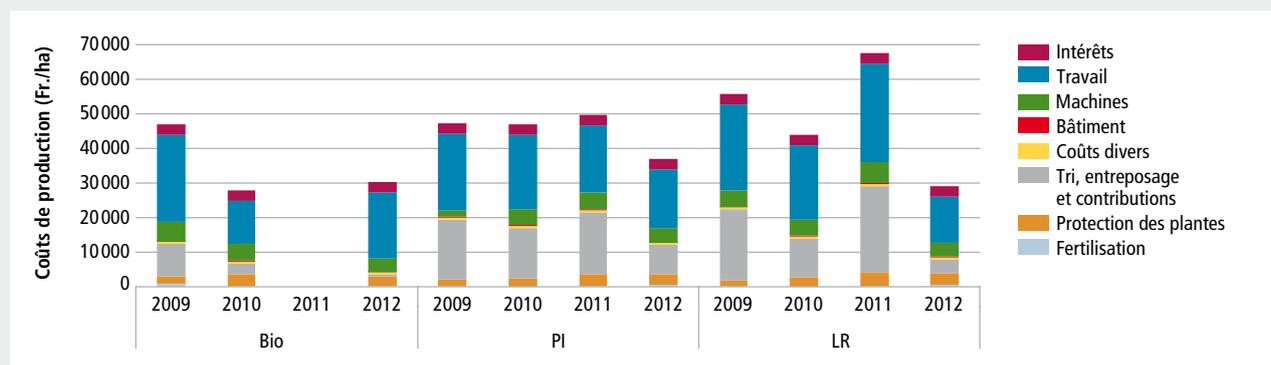


Figure 4 | Comparaison des coûts de production de Topaz en mode de production bio, PI et LR de 2009 à 2012.

centage de classe 1 au déstockage, ou Pack Out, était aussi plus élevé dans la variante PI (77 %) que dans les procédés LR (68 %) ou bio (62 %). Le Pack Out des Golden Delicious bio était particulièrement bas avec seulement 38 %, tandis que celui d'Ariane et d'Otava atteignait 70 %, même avec le système bio. Le tableau 1 présente le cash-flow des années 2009 à 2012 pour les quatre variétés de pommes et les trois stratégies. Le cash-flow doit être positif pour qu'il soit possible de faire des réserves en vue de prochains investissements. En dépit de rendements plus faibles et d'un Pack Out bas, la production bio affiche un cash-flow supérieur à celui des stratégies PI et LR. Ce résultat s'explique par le prix supérieur des fruits (+100 %) et par les contributions plus élevées à la surface (+1200 fr./ha) en production bio (Agridea 2011, 2013). Le cash-flow des pommes Topaz bio et Ariane bio était toujours positif, sauf en 2011 pour Ariane. En 2012, les pommes Golden Delicious bio affichaient un cash-flow fortement négatif en raison d'un rendement en classe 1 très bas (15 kg/ha). De 2010 à 2012, avec un meilleur Pack Out, le cash-flow du procédé PI dépassait celui du procédé LR pour toutes les variétés, à l'exception de Golden Delicious en 2011. Malgré tout, la stratégie PI a elle aussi conduit à un cash-flow négatif. En effet, des analyses antérieures ont déjà montré que les revenus de la PI ne couvraient pas les coûts de production avec des coûts de main-d'œuvre standard (35 fr./MOh pour les chefs d'exploitation), 24 fr./MOh pour la main-d'œuvre interne et 21 fr./MOh pour la main-d'œuvre externe) (Bravin *et al.* 2011).

Prix permettant de couvrir une production Low-Residue

A l'aide d'Arbokost, les prix (classe 1) permettant de couvrir les coûts ont été calculés pour les parcelles de Golden Delicious et Topaz. Pour Golden Delicious, les prix (classe 1) devraient atteindre 0.98 à 2.83 fr./kg selon les années et, pour Topaz, 1.33 à 2.33 fr./kg. Les rendements et les taux de classe 1 y exercent une grande influence. Plus les rendements de la classe 1 sont élevés, plus les prix permettant de couvrir la production

peuvent être bas. Les rendements et les pourcentages des classes variant chaque année, les prix nécessaires pour couvrir les coûts varient également. En se basant sur l'essai présenté et sur les analyses économiques du procédé LR, le tableau 2 donne un aperçu des rendements hypothétiques (rendement classe 1, rendement total) des variétés Golden Delicious et Topaz. Les prix calculés pour les pommes de classe 1 permettent, avec le procédé LR, de couvrir les coûts d'une production de pommes exemptes de résidus.

Exemple pour Golden Delicious

Avec les rendements hypothétiques, les coûts de production peuvent être couverts avec un prix classe 1 de 1.08 fr./kg. Le prix moyen indicatif (classe 1) de 2009 à 2012 était de 0.95 fr./kg (FUS 2011, 2013). En augmentant le prix moyen classe 1 de 0.13 fr./kg, les rendements supposés permettraient donc de couvrir les coûts de production du système LR.

Exemple pour Topaz

Selon les hypothèses du tableau 2, Topaz devrait avoir un prix classe 1 de 1.34 fr./kg pour couvrir les coûts. De 2009 à 2012, les prix indicatifs au producteur (classe 1) de Topaz étaient de 1.09 fr./kg en moyenne (FUS 2011, 2013). Avec les rendements supposés, il serait possible de couvrir les coûts de production du système LR en augmentant le prix (classe 1) de 0.24 fr./kg en moyenne. >

Bilan: avec une augmentation d'environ 0.24 fr./kg, il serait possible de couvrir les coûts d'une production LR de Golden Delicious et Topaz.

Tableau 2 | Rendements hypothétiques pour les variétés Golden Delicious et Topaz et prix calculés couvrant les coûts du procédé LR pour les pommes de classe 1

	Hypothèse		Prix rentable classe 1 (CHF/kg)
	Rendement classe 1 (t/ha)	Rendement total (t/ha)	
Golden Delicious	45	60	1.08
Topaz	25	33	1.34

Tableau 1 | Cash-flow de 2009 à 2012 par variété et par procédé (fr./ha)

	Bio				PI				LR			
	Ariane	Golden D.	Otava	Topaz	Ariane	Golden D.	Otava	Topaz	Ariane	Golden D.	Otava	Topaz
2009	1255	4486	7989	1017	-9730	-3883	-7915	-7749	-8971	-1545	-5362	-8826
2010	4752	-9261	-8231	11245	-6373	-7499	-9518	-4301	-9422	-13 214	-10982	-6114
2011	-1980	x	6593	19253	-7380	-530	-3656	-2813	-7696	-179	-4933	-3701
2012	-258	-27151	-9294	5150	-8771	-12129	-6431	-3118	-9294	-16 087	-9905	-15980

Low-Residue: le nouveau bio?

Comme l'indiquaient Gölles *et al.* (2014), la production de pommes exemptes de résidus est possible avec la stratégie LR. Toutefois, avec les prix actuels de la production PI, la rentabilité de la stratégie LR n'est pas meilleure que celle de la production PI. Les coûts de production de la stratégie LR ne pourraient être couverts qu'avec une augmentation d'environ 0.25 fr./kg. Pour le consommateur, une hausse de 0.25 fr./kg ne semble pas problématique à première vue, d'autant que le système LR exauce son souhait de voir les

pommes exemptes de résidus. Cependant, il est difficile de communiquer cet avantage sans nuire à l'image de la production PI. L'introduction d'un nouveau système de production est d'ailleurs délicate et liée aux coûts. La question se pose également de savoir si le marché accepterait un système de production de plus que la PI et le bio. Au final, l'arboriculture doit faire face au scepticisme des consommateurs vis-à-vis des produits phytosanitaires. La présente étude explore certaines possibilités, mais pour proposer une production rentable qui implique moins de protection phytosanitaire, il faut davantage de recherches. ■

Remerciements

Nous remercions Michael Gölles, Reto Leumann et Stefan Kuske pour leur collaboration au présent travail.

Bibliographie

- Agroscope, 2013. Arbokost, Verschiedene Versionen, Wädenswil, Schweiz.
- Agridea, 2011. Produzenten- Richtpreise 2009 und 2010, Lindau, Schweiz.
- Agridea, 2013. Produzenten- Richtpreise 2011 und 2012, Lindau, Schweiz.
- Bravin, E., Carint. D., Dugon J., Hanhart J. & Steinemann B., 2011. Schweizer Kernobstproduktion unter der Lupe.
- Bundesamt für Landwirtschaft, 2015. Flächenstatistik 2014. www.blw.admin.ch
- Gazzarin C. & Lips M., 2012. Maschinenkosten 2012, Bericht ART 753, Tänikon, Schweiz.
- Gölles, M., Naef A. & Kuske S., 2014. Möglichkeiten zur Vermeidung von Rückständen im integrierten Apfelanbau. *Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau* 8/12.
- Mouron P. & Carint D., 2001. Rendite-Risiko-Profil von Tafelobstanlagen. *Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau* 137, 78–81.



Golden Delicious PI année 2011.



Hommage à Jean-Jacques Brugger

Le 2 août 2015, à l'âge de 68 ans, notre ancien collègue Jean-Jacques Brugger est décédé lors d'une sortie matinale de pêche telle qu'il les affectionnait. Car Jean-Jacques aimait vivre au grand air: son jardin, sa vigne, le lac et la pêche, la cueillette des champignons, etc. Mais il était aussi et surtout un homme de relations. Sa famille, bien sûr, et les nombreux copains, ceux de «la boîte» comme il disait en parlant de Changins, les copains «horticos», ceux de la «mune» ou de Paléo, et bien d'autres.



Nous perdons une personnalité de la recherche agronomique, mais nous perdons surtout un grand ami avec lequel nous aimions discuter, autour du verre de l'amitié.

Toute son activité professionnelle s'est déroulée au sein de la recherche agronomique avec une motivation sans limite, une passion pour le monde végétal, la recherche et pour la vigne en particulier. Né à Genève en 1947, Jean-Jacques a fait un apprentissage d'horticulteur à l'Ecole de Châtelaine. En 1967, il entre pour un stage dans le service de virologie, alors dirigé par René Bovey, à la Station fédérale d'essais agricoles de Lausanne-Montagibert, qui deviendra la Station fédérale de recherches agronomiques de Changins, puis l'Institut des sciences en production végétale d'Agroscope. Il travaillera finalement quarante-deux ans dans ce service, occupé principalement par la virologie viticole, jusqu'à la fin de sa carrière en 2008.

Très vite pris par le virus de la vigne, il se forme sans relâche en obtenant successivement le diplôme de l'Ecole supérieure de Changins en 1972, la maîtrise fé-

dérale de viticulteur en 1982 et la patente de pépiniériste en 1983. Ses compétences d'horticulteur ont fait merveille dans le cadre de tous les travaux d'indexage en serre et sur le terrain, pour l'inoculation mécanique de virus sur des plantes tests, pour l'entretien des collections.

Dans le cadre de l'enseignement sur la multiplication de la vigne, l'Ecole d'ingénieurs de Changins faisait régulièrement appel à lui pour visiter «le musée des horreurs» avec les étudiants, une parcelle de plants infectés par les principaux virus de la vigne, afin qu'ils apprennent à en reconnaître les symptômes. Son grand sens pédagogique lui permettait de faire comprendre, avec des images, des comparaisons simples et souvent de l'humour, les notions parfois complexes de la virologie et de la multiplication viticole.

D'une rigueur et d'un perfectionnisme innés, sa modestie, sa bonhomie, son humour et son assiduité au travail l'ont fait apprécier de tous. Son œil averti a largement contribué à la prévention des viroses de la vigne en Suisse et sa reconnaissance par les professionnels a aidé à introduire la certification du matériel de multiplication dans un contexte législatif complexe. Toujours avide de nouvelles connaissances, il a contribué à l'identification des viroses récurrentes et émergentes de la vigne par des tests sérologiques mis au point par Paul Gugerli, à l'époque en charge du centre de compétence nationale de virologie de Changins.

Cher Jean-Jacques, ta relation constructive avec les différents scientifiques de l'époque, tes compétences pratiques qui nous sont toujours utiles et ta serviabilité, ton humanité et ton humour nous laissent un message inoubliable de simplicité et de reconnaissance. Merci pour tout ce que tu nous as donné!

A sa famille et à ses proches, nous témoignons notre profonde sympathie.

Olivier Viret

Agroscope – Chef de la division de recherche 15
Protection des végétaux grandes cultures et vigne
Viticulture et œnologie

Philippe Dupraz

Professeur retraité de la Haute Ecole de viticulture et d'œnologie
de Changins

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

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

**OENO
PÔLE**
Au service de 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**

Le livre Cépages

**Principales variétés de vigne
cultivées en Suisse**

Traditionnels ou derniers-nés dans le monde du vin, 57 cépages sont décrits par les meilleurs spécialistes dans ce nouveau grand catalogue au design sobre et chic. Le glossaire qui l'accompagne permet d'identifier tous les caractères distinctifs grâce à de superbes photographies.

Disponible en français, allemand et italien, 130 pages, **CHF 57.-**

Réservez dès aujourd'hui votre livre Cépages:

AMTRA, Antoinette Dumartheray, route de Duillier 50, 1260 Nyon 1
Tél. +41 79 659 48 31 www.revuevitiarbohorti.ch

Ramón Mira de Orduña Heidinger, à l'écoute du monde micro-organique

Vif, entreprenant, passionné et chaleureux, Ramón Mira de Orduña Heidinger enseigne la chimie du vin à la Haute Ecole de viticulture et œnologie de Changins. Son riche parcours professionnel lui a fourni de quoi nourrir son indéfectible curiosité pour le monde micro-organique. «J'aime conjuguer les procédés industriels et concrets avec le vivant, qui a sa propre volonté.»

Né à Baden d'un père espagnol chimiste et d'une mère allemande traductrice, dans une région viticole, ses fondamentaux (la science, le vin, le milieu international) l'entourent ainsi depuis le berceau. Ses études de biologiste commencent en Europe (Madrid et diplôme à Tübingen), puis c'est la Nouvelle-Zélande pour son doctorat à la Massey University sur la production de précurseurs de carbamate d'éthyle, une substance carcinogène présente en traces dans le vin. Il s'installe ensuite au Canada pour un postdoc, suivi d'un premier poste de professeur en microbiologie industrielle à la Guelph University. Son horizon s'élargit alors à «tout ce qui se fait à grande échelle avec des micro-organismes: le vinaigre, la bière, le vin, les médicaments, les acides organiques et aminés...». Son activité consiste à jouer avec tous les mécanismes de la fermentation, se ramentant pour lui à «tout procédé où on met un micro-organisme dans une soupe, en le laissant proliférer». Professeur à 31 ans, il a un statut d'indépendant et monte en parallèle une vinaigrerie de qualité.

Sa carrière subit une nouvelle accélération en intégrant la Cornell University de New York, où gravitent les meilleurs chercheurs. Travaillant à mi-temps dans la recherche et à mi-temps dans l'enseignement en œnologie, il est confronté à un système «brutal et même agressif» mais qui lui permet, à côté de ses cours, de gérer le laboratoire, de planifier la cave et d'être en relation directe avec les producteurs.

Retour au Vieux Continent

Après six ans, l'occasion s'offre enfin pour lui de revenir en Europe. La Haute Ecole de Changins l'engage en 2013 comme professeur de chimie du vin. «Ça change beaucoup de Cornell. Ici, tout converge vers la viticulture et l'œnologie. Les gens sont dédiés à des disciplines très variées et il y a une unité mixte de recherche avec Agroscope qui permet de développer des projets



Ramón Mira de Orduña Heidinger (photo Carole Parodi, Agroscope)

communs. Par exemple, nous cherchons à caractériser des extraits de levures capables de faire croître les bactéries, en conjuguant notamment les recherches de Changins pour le vin et celles de Liebfeld, spécialiste de la fermentation laitière.»

Aujourd'hui, Ramón Mira est impliqué dans les filières Bachelor et Master, avec la conscience de pouvoir offrir de bonnes chances aux étudiants dans leur avenir à plus long terme. Dans l'idéal, il aimerait également équiper les labos pour des études de haut niveau afin de pouvoir collaborer avec d'autres institutions comme l'INRA. Il cherche aussi à faire avancer l'automatisation dans les procédures de routine de cave, car «c'est important de se distinguer des autres équipes».

Ce fervent amateur de vélo et de montagne quitte un instant du regard ses chers micro-organismes pour nous confier: «Je me sens toujours bien quand je bouge!»

Eliane Rohrer, Revue suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture




Zimmermann sa
www.zimmermannsa.ch

PaliSystem
Fabrication suisse

Présent à AGROVINA Stand 3115

NOUVEAU
PIQUETS DE VIGNE
ZIGI MAC 4

TOUT POUR LE PALISSAGE
Echalas-tuteurs, amarres, fils Crapo et Crapal, tendeurs, écarteurs de fils, attaches et protections diverses pour les plantes

CMZimmermann SA
1268 BEGNINS
Tél. 022 366 13 17 – Fax 022 366 32 53

Les valeurs de l'entreprise familiale, le respect du métier



JEAN-CLAUDE FAY
PÉPINIÈRES VITICOLES

Qualité, conseil, service

- Plus de 50 ans de savoir-faire
- Références depuis plus de 40 ans en Suisse
- Respect strict des normes, traitement à l'eau chaude
- Possibilité de plantation à la machine
- Livraison assurée par nos soins
- Capacité de réponse personnalisée en fonction de vos besoins

Rencontrons-nous :
Plus d'informations :
00 33 (0)4 79 28 54 18
www.pepinieres-viticoles-fay.fr



Convient à
BIOLOGIQUE
l'agriculture

*Plus de naturel
ça coule de source !*

MICROTHIOL SPÉCIAL®  DISPERS

SOUFRE EN MICROGRANULÉS HYPERDISPERSIBLES



DISPONIBLE DANS VOTRE
Landi

cerexagri 
United Phosphorus Ltd

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.

An-MSP2010/2012-135x190 - Crédit photo : Getty Images - Bruno Merand

PRODUITS POUR LES PROFESSIONNELS : RESPECTER LES CONDITIONS D'EMPLOI



Un nouveau professeur de viticulture à CHANGINS

Né dans une famille de vigneron propriétaire d'un domaine de 10 ha à Wurtemberg dans le sud de l'Allemagne, le Dr Markus Rienth est professeur de viticulture à CHANGINS depuis le 1^{er} février 2015.

Après un CFC en viticulture et œnologie, il poursuit ses études à l'Université de Geisenheim en Allemagne et à la Faculté d'œnologie de Bordeaux, où il obtient le titre d'ingénieur en viticulture et œnologie. Lors de ses études, il manifeste un intérêt marqué pour la recherche. Sa passion pour le vin l'amène à travailler dans des domaines vitivinicoles dans le Bordelais, en Champagne, en Afrique du Sud et à Ribera del Duero en Espagne. Il continue son cursus universitaire avec le Vinifera EuroMaster (à Montpellier et Madrid) et obtient son doctorat à SupAgro Montpellier (adaptation de la vigne au changement climatique). Cela lui permet de travailler avec des spécialistes en génétique, en physiologie et en écophysiologie de la vigne. Markus Rienth s'est plus particulièrement intéressé à la physiologie de la baie, notamment aux effets des contraintes abiotiques sur les métabolismes primaire et secondaire et la qualité du raisin. Une grande partie de ses résultats a déjà été publiée dans une dizaine d'articles scientifiques dans des revues internationales.

Pourquoi avez-vous choisi CHANGINS?

Après la recherche assez fondamentale que j'ai menée pendant ma thèse à Montpellier, j'avais envie de m'orienter davantage vers la pratique et la recherche appliquée, ainsi que vers l'enseignement. La Haute Ecole de viticulture et d'œnologie de Changins a une très bonne réputation, notamment en raison de sa forte orientation pratique, et cela m'a convaincu. J'ai constaté que la poursuite de l'excellence scientifique dans la recherche fondamentale se fait souvent au détriment du côté pratique. La liaison entre l'enseignement, la recherche et le côté pratique commence à se perdre dans certaines écoles de viticulture et d'œnologie au niveau international. Par ailleurs, plusieurs chercheurs et professeurs de Montpellier, Bordeaux et Geisenheim m'ont fortement recommandé CHANGINS.

Etes-vous satisfait de votre situation à CHANGINS, de votre choix et du nouveau poste que vous occupez?

J'en suis pleinement satisfait. Ce nouveau poste représente un grand défi pour moi. Je peux compter sur le soutien de mes collègues et les classes ne sont pas trop grandes, ce qui permet d'avoir une bonne relation avec les étudiants. Le niveau de formation est très élevé, comme je l'avais supposé. Par ailleurs, l'opportunité de



pouvoir travailler avec la profession dans le cadre de prestations de services répond également à mes attentes. Cette activité m'offre la possibilité de mieux connaître la viticulture suisse et ses défis et également d'acquérir de l'expérience dans d'autres pays, ce qui m'est très utile pour l'enseignement, la recherche et le conseil en Suisse. Par exemple, depuis mars 2015, j'ai l'opportunité de gérer un mandat en Bulgarie, où un domaine viticole a l'intention de planter 25 ha de vigne dans les trois ans à venir. Mon conseil concerne tous les aspects pratiques viticoles, depuis le choix des cépages et des porte-greffes jusqu'à la plantation et au mode de conduite. J'accompagne le domaine pendant tous les travaux viticoles.

Quels cours donnez-vous actuellement?

Je donne des cours dans toutes les formations offertes à CHANGINS (ES, HES bachelor et master). Les sujets principaux sont l'ampélographie, la bioclimatologie, la physiologie du raisin, la multiplication de la vigne et la virologie pour les étudiants bachelor ainsi que les bases de la viticulture pour les étudiants ES. Au niveau master, je donne des cours plus détaillés sur le métabolisme secondaire de la baie, sur la genèse des polyphénols et des arômes, sur l'impact du stress abiotique sur ces derniers et sur la qualité des raisins.

Quels défis majeurs identifiez-vous dans vos activités?

Pour moi, l'un des plus grands défis sera de remplacer le plus dignement possible mon prédécesseur Philippe Dupraz, qui était un excellent professeur en viticulture et en ampélographie. Ce sera également de trouver un bon équilibre entre l'enseignement, la recherche et le conseil auprès de la profession et de satisfaire au maximum les besoins des étudiants. ■

Roland Riesen, doyen HES œnologie

Serex Construction Plastique SA

Serex Construction Plastique SA vous propose diverses réalisations en matières plastiques depuis 1989 à Puidoux.

Active en viticulture et en œnologie depuis ses débuts, l'entreprise est aussi connue dans d'autres domaines comme le traitement de l'eau, piscine et STEP, ou pour la décoration, comme vous pouvez le voir sur la photo ci-contre, avec la reproduction de la fontaine d'Apolon de Versailles, commandée par un client chinois.

Nous travaillons avec des technologies de pointe, telles que la prise de mesure laser, le fraisage CNC ou le thermoformage Vacuum.

Nous sommes donc à même de répondre à des demandes très complexes imaginées par vous, les gens de la terre. ■

Serex Construction Plastique SA

Route du Village 16
1070 Puidoux
Tél. 021 946 33 34
E-mail: cs@serex-plastics.ch
www.serex-plastics.ch



Publicité

Minipelle ES 18 ZT de 1750 kg: que des atouts!

 **EUROCOMACH**



SCHALLER SA

DEPUIS 50 ANS À VOTRE SERVICE

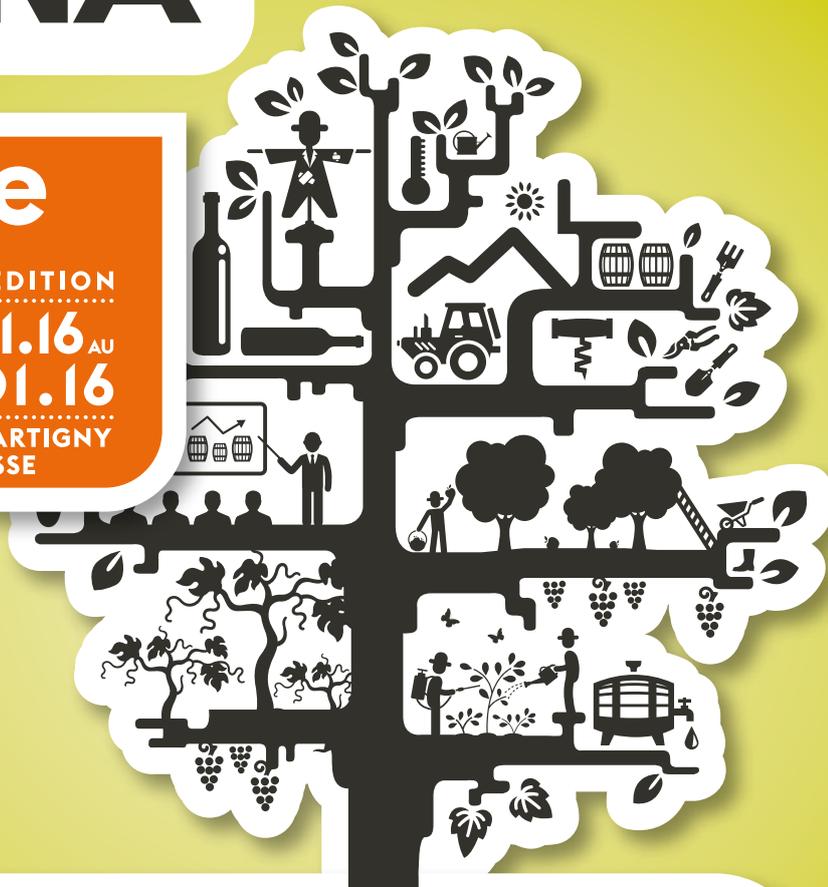
1072 Forel-Lavaux
Tél. ++41 21 781 17 11
Fax ++41 21 781 18 55
www.schaller-sa.ch
info@schaller-sa.ch





AGROVINA

11^e
ÉDITION
26.01.16 AU
29.01.16
CERM, MARTIGNY
SUISSE



- ŒNOLOGIE
- VITICULTURE
- ARBORICULTURE

AGROVINA C'EST...

- le **Salon à la mesure de votre domaine !**
 - un salon biennal de **4 jours**,
 - 4 jours** de conférences techniques de haut niveau,
 - 200 exposants spécialisés** de Suisse, de France, d'Italie, d'Allemagne, d'Autriche, d'Angleterre et même d'Espagne,
 - 18'000 visiteurs** professionnels, connaisseurs et intéressés,
 - 20'000 m²** d'exposition,
 - des **secteurs d'activités variés**: œnologie, viticulture, arboriculture, cultures spéciales, traitement des sols, engrais antiparasitaires, machinisme agricole, distillation, marketing, distribution, packaging, conditionnement, logistique, transport, transformations de fruit
- ... et surtout le lieu de **rencontre** pour s'informer, **échanger**, **partager** son savoir-faire et ses connaissances avec tous les acteurs des branches viticoles, œnologiques et arboricoles.

PARTENAIRES

syngenta

Univèrre
excellence in glass

NEUWERTH
LOGISTICS SA

LES CONFÉRENCES TECHNIQUES 2016

- 26 janvier 2016**
14^e Journée suisse de l'arboriculture fruitière
Organisée par Agroscope
- 27 janvier 2016**
Journée suisse de viticulture
Organisée par Agroscope
- 28 janvier 2016**
Journée suisse d'œnologie
Organisée par CHANGINS, haute école de viticulture et œnologie
- 29 janvier 2016**
Les Ateliers Économiques
Organisés par l'Union Suisse des œnologues



Copyright BS

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

