

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

VITICULTURE ARBORICULTURE HORTICULTURE



M A R S - A V R I L 2 0 1 9 | V O L . 5 1 | N ° 2



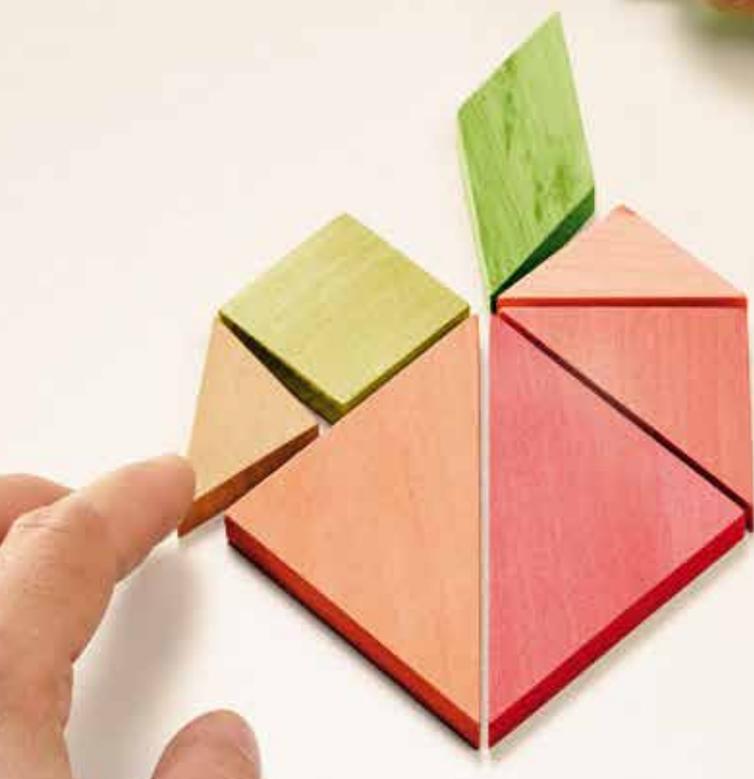
Agroscope | Agora | Agridea | AMTRA | CHANGINS

Protection des végétaux Comment appliquer correctement les produits phytosanitaires par le système d'irrigation goutte à goutte **Page 122**

Facteurs influençant la présence de *Scaphoideus titanus*, vecteur de la flavescence dorée, dans le vignoble genevois **Page 134**

Sercadis®

L'innovation pour
les pommes de terre,
l'arboriculture et
la viticulture.



 **BASF**

We create chemistry

*** pour 65 Fr./ha max. en fruits à pépins (0.21 L Sercadis® + 0.48 kg Delan® WG) :**

- Un contrôle supérieur et de longue durée de l'oïdium et de la tavelure
- Très bonne compatibilité et selectivité
- Excellente résistance à la pluie

Utilisez les produits phytosanitaires avec précaution. Avant toute utilisation, lisez toujours l'étiquette et les informations sur le produit. Tenez compte des avertissements et des symboles de mise en garde.

BASF Schweiz AG · Protection des plantes · Klybeckstrasse 141 · 4057 Basel · phone 061 636 8002 · www.agro.basf.ch



Photographie de couverture:
**Développement de feuilles
de Chasselas,**
(photo Carole Parodi, Agroscope)

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

Editeur

AMTRA (Association pour la mise en valeur des travaux de la recherche agronomique), avenue des Jordils 5, 1006 Lausanne, Suisse.
www.revuevitiarbohorti.ch – ISSN 0375-1430

Rédaction

Judith Auer (directrice et rédactrice en chef)
E-mail: j.auer@agora-romandie.ch

Comité de lecture

Ch. Carlen (Agroscope), R. Baur (Agroscope), O. Viret (Etat de Vaud),
Ch. Rey, C. Briguët (CHANGINS), Ph. Droz (Agridea)

Publicité

Inédit Publications SA, Laura Di Stefano
Avenue de Rumine 37, CP 900, 1001 Lausanne, tél. +41 021 695 95 83

Préresse

Inédit Publications SA, 1001 Lausanne

Impression

Stutz Medien AG, 8820 Wädenswil

Parution

6 fois par an

© 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	Tout compris
	Imprimé/En ligne et App	Imprimé + En ligne + App
Suisse	CHF 60.–	CHF 70.–
Europe	CHF 70.–	CHF 80.–
Etranger	CHF 72.–	CHF 82.–

Abonnements et commandes

AMTRA
Avenue des Jordils 5, 1006 Lausanne
Tél. +41 79 157 13 85
E-mail: info@revuevitiarbohorti.ch
ou www.revuevitiarbohorti.ch

Versement

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

Commande de tirés à part

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

Sommaire

Mars – Avril | Vol. 51 | N° 2

85 Editorial

88 Erratum

Viticulture

90 **Quatre essais en économie vitivinicole :
une approche empirique avec des don-
nées de panel suisses**
Alexandre Mondoux

Viticulture

100 **Influence de la date de vendange
sur la qualité des raisins et des vins
de Chasselas en Dézaley**
Vivian Zufferey, Thibaut Verdenal,
Carole Koestel, Johannes Rösti,
Agnès Dienes-Nagy, Sandrine Belcher,
Fabrice Lorenzini, Jorge Spangenberg,
Olivier Viret et Jean-Laurent Spring

Viticulture

114 **Humagne rouge: influence du porte-
greffe sur l'alimentation minérale
et hydrique et sur la vigueur dans
les conditions du Valais central**
Jean-Laurent Spring, Vivian Zufferey,
Thibaut Verdenal, Fabrice Lorenzini,
Laurent Amiet et Christophe Carlen

Protection des végétaux

122 **Comment appliquer correctement
les produits phytosanitaires par
le système d'irrigation goutte à goutte**
Mauro Jermini, Peter Wyss, Marco de Rossa,
Nicola Solcà et Sebastiano Scettrini

Protection des végétaux

134 **Facteurs influençant la présence
de *Scaphoideus titanus*, vecteur
de la flavescence dorée, dans le vignoble
genevois**
Stefano Bilotta, François Lefort,
Sophie Rochefort, Pascale Deneulin,
Valeria Trivellone et Patrik Kehrl

142 La page de CHANGINS



Miroir,

Miroir...

Qui a
les plus beaux raisins?

Les
valeurs sûres



Plus d'informations: www.agrar.bayer.ch

Utilisez les produits phytosanitaires avec précaution.
Avant toute utilisation, lisez toujours l'étiquette et les informations concernant le produit.



Défense des plantes cultivées: Une préoccupation toujours très actuelle



Loïc Bardet
Directeur d'Agora
Président de l'Amtra
l.bardet@agora-romandie.ch

Depuis que l'agriculture existe, l'objectif des cultivateurs est toujours resté le même: produire des aliments en suffisance pour nourrir la communauté. Ils doivent ainsi non seulement assurer la quantité mais également la qualité des produits. Or, la notion de qualité n'est pas immuable et évolue selon les époques. Aujourd'hui, le consommateur suisse souhaite des produits locaux, sans défauts visuels et bons gustativement. Il est également sensible aux questions de protection de l'environnement et exige des produits exempts de résidus de produits phytosanitaires voire même non traités. L'attente de la population se faisant de plus en plus pressante, le Conseil fédéral a adopté un Plan d'actions sur les produits phytosanitaires le 6 septembre 2017. Ce plan comprend une cinquantaine de mesures qui concernent les domaines suivants:

- Les risques spécifiques liés à leur utilisation (pour l'utilisateur et l'environnement);
- Leur application (réduction des applications et des émissions et protection des cultures);
- Les instruments d'accompagnement (recherche, vulgarisation, formation, suivi et information).

L'un des objectifs est la réduction de moitié des risques liés aux produits phytosanitaires, et, dans ce contexte, la vulgarisation et la recherche ont un grand rôle à jouer. Elles ont pour mission de développer de nouvelles variétés plus résistantes, de mettre en œuvre des techniques culturales alternatives, d'améliorer l'efficacité des machines de traitement et de communiquer aux praticiens ces informations.

Par son rôle de vecteur de diffusion des résultats de la recherche appliquée, la *Revue suisse de viticulture, arboriculture et horticulture* compte bien apporter sa pierre à l'édifice. Ainsi, le présent numéro comporte deux articles en lien avec la protection des végétaux. Le premier, rédigé par une équipe de scientifiques tessinoise, porte sur l'application de produits phytosanitaires par le système d'irrigation goutte-à-goutte. L'étude avait notamment pour objectif d'étudier les modalités d'utilisation de cette technique afin de définir les paramètres à respecter pour assurer une application correcte des produits.

Le second article traite, quant à lui, de l'un des nouveaux fléaux de la vigne, la flavescence dorée, et plus particulièrement des facteurs (notamment topographiques) influençant le développement de son vecteur, la cicadelle *Scaphoideus titanus*.

Ces deux articles illustrent bien à quel point la problématique de la protection des plantes est complexe. Et, il faut rappeler que le changement climatique et la mondialisation des échanges commerciaux favorisent l'apparition de nouveaux problèmes phytosanitaires, inconnus jusqu'ici en Suisse, et auxquels les producteurs doivent faire face.

Il serait donc périlleux et utopique de renoncer, d'un claquement de doigts et de manière abrupte, à toutes les matières actives développées pour notre agriculture au cours de ces cinquante dernières années. Il serait préférable de s'engager dans une voie raisonnable qui respecte le mandat constitutionnel, à savoir la diminution des risques liés à l'utilisation de produits phytosanitaires mais également la production de denrées alimentaires locales en suffisance.

DES MACHINES ET DES PERFORMANCES DE HAUTE QUALITÉ




Grillo

AGRIGARDEN MACHINES



Chalut
Green Service

JUSSY 022 759 91 91
MIES 022 755 60 22
ACLENS 021 731 29 91

www.chalut-greenservice.ch

Piquets de vigne en acier galvanisé



Z

nouvelle gamme en acier inox

ZIGINOX



Fabrication suisse

www.zimmermannsa.ch

CMZimmermann SA

1268 Begnins

Un système de palissage complet et unique

depuis 1932

Tél. 022 366 13 17
info@zimmermannsa.ch





Réalisation de places de lavage et de remplissage Phyto



Biobed collettif

NEU



BF BULLES

Ultrafiltration charbon actif



Biobac CCD



Osmofilm



Shop : ccdsa.ch/shop

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



Contactez-nous
pour des conseils
honnêtes et
fondés!

Alternatives contre l'oïdium et le mildiou

- Moins de résidus
- Large gamme de produits
- 30 ans d'expérience



Andermatt Biocontrol AG
Stahlmatten 6 · 6146 Grossdietwil
Tel. 062 917 50 05 · www.biocontrol.ch



Martin Auer Rebschulen Pépinières Viticoles

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



Assortiment complet:
Cépages de cuve et de table.

Porte-greffes de 34, 42, 50, 65 et de 85 cm.

Pensez à réserver dès maintenant
vos plants de vigne pour 2019 et 2020.



DEPUIS 120 ANS À VOTRE SERVICE

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



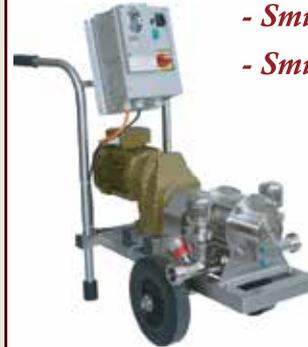
MAISON FONDÉE EN 1888
DUPENLOUP SA
FABRIQUE DE POMPES
MATÉRIEL POUR L'INDUSTRIE



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



Erratum

Une erreur s’est glissée dans le tableau 2 (page 72) de l’Information technique «Sélection clonale d’Agroscope» parue dans la Revue de Janvier-Février de cette année (Vol. 51 (1)).

Pour la ligne RAC 68 les informations correctes sont :

Clone (N° certif.)	Code de sélection	Potentiel de production	Grandeur des grappes	Richesse en sucre	Acidité en moût	Compacité des grappes	Sensibilité à la pourriture	Caractéristiques organoleptiques
RAC 68	S1	Moyen	Ø	> Ø	< Ø	Ø	Ø à < Ø	Type Pinot Salvagnin, qualitatif



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
pepiniere.richard@hispeed.ch

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




www.pepiniere-richard.ch




**Faucheuses
CARONI / COMPACT**



Pulvérisateurs WEBER

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





Filtration de vins

Traitement d’eau

Micro-oxygénation



www.keller.ch

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



DOMAINE DU
PETIT TRUET
FOUNEX - LAC

MICHEL ET HÉLI DUTRUY
PÉPIÈNIÈRES VITICOLES

CHEMIN DU LAC 6 - 1297 FOUNEX - TÉL. 079 607 83 61 - MICHEL.DUTRUY@BLUEWIN.CH

Quatre générations d'expérience pour une qualité irréprochable



Le naturel pour protéger la Nature !



Titulaire de l'autorisation: **UPL Switzerland Ltd**
Töpferstrasse 5 - 6004 Lucerne - Suisse

MICROTHIOL[®] SPÉCIAL DISPERS[®]

SOUFRE MICRONISÉ

Anti-oïdium puissant, multisite, fabriqué en France, **Microthiol Spécial Dispers[®]** assure une triple protection : préventive, curative et éradicatrice. Il bénéficie d'une formulation DG de qualité et est utilisable selon tous les référentiels de production.

Homologation : W-7170
Composition : 80% de soufre micronisé.
Formulation : Granulés dispersables (WG).
Classement CLP : EUH401.

Pour les usages autorisés, doses, conditions et restrictions d'emploi : se référer à l'étiquette du produit et/ou www.phytodata.com.

Avant toute utilisation, assurez-vous que celle-ci est indispensable. Privilégiez chaque fois que possible les méthodes alternatives et les produits présentant le risque le plus faible pour la santé humaine et animale et pour l'environnement, conformément aux principes de la protection intégrée. Plus d'informations sur : www.agriculture.gouv.fr/scophyto

* marque déposée.

Landi

Distribué par: **fenaco société coopérative**
Rte de Siviriez 3 - 1510 Moudon - Suisse

Êtes-vous prêts pour le printemps?



Chemin du Milieu 6 - 1580 Avanches - gvzsales@gvz-rossat.ch - Tél. 026 662 44 66

gvz_rossat
Le choix des professionnels

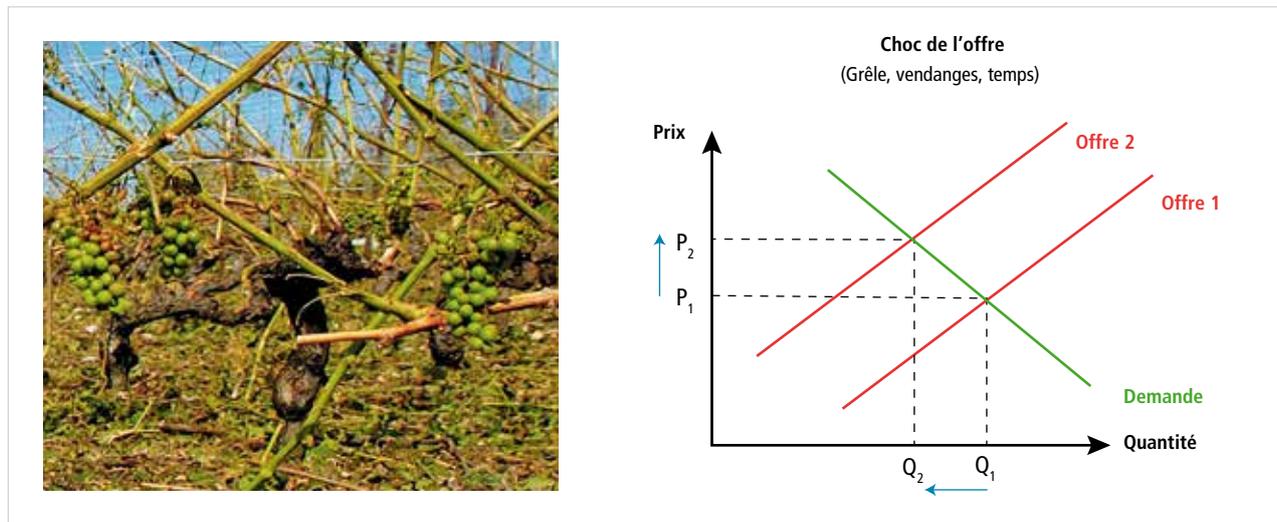
- Piquets et Tuteurs
- Fils
- Matériel de ligature
- Protection
- Irrigation
- Outils pour la récolte
- Pulvérisateurs Mantis

Commandez ici www.gvz-rossat.ch

Quatre essais en économie vitivinicole : une approche empirique avec des données de panel suisses

Alexandre MONDOUX, Changins | Haute Ecole de viticulture et œnologie, 1260 Nyon, Suisse

Renseignements: Alexandre Mondoux, tél. +41 22 363 40 23, e-mail: alexandre.mondoux@changins.ch, www.changins.ch



Effets économiques d'un choc de grêle.

Introduction

Cet article présente de manière synthétique les résultats de quatre études spécifiques en économie viticole réalisées dans le cadre de la thèse de doctorat de Mondoux (2018). Les trois premières études se basent sur des données de la grande distribution suisse, fournies par l'entreprise Nielsen. La première étude se focalise sur l'analyse des ventes des vins suisses en supermarché par période mensuelle. Elle estime les coefficients de corrélation entre les quantités et les prix de vins vendus et ce pour une large palette de vins, identifiés par couleur, par région d'origine (tabl.1) et par cépages. L'étude permet ainsi d'estimer l'incidence de la variation du prix d'un vin sur sa vente (élasticité-prix).

La deuxième étude est un outil important (aussi bien pour les producteurs que pour les consommateurs) pour comprendre les variations, sur le marché suisse et au cours du temps, de la consommation et des prix des vins. Elle permet une meilleure analyse des perspectives du marché vitivinicole suisse, grâce à la modélisation et à l'analyse des prévisions. Elle étudie

les effets de « choc de l'offre » et de « choc de la demande ». A titre d'exemple, un choc de l'offre engendre une corrélation négative en cas de variations des quantités vendues et des prix de vente alors que la corrélation est positive dans le cas d'un choc de la demande. Cette étude prend également en compte les « fonctions de réponses impulsionnelles (FRI) ». Par exemple, une grosse promotion-prix sur un vin spécifique peut induire une image qualitative négative du vin, ne permettant plus de le vendre par la suite au prix fixé avant la promotion.

Tableau 1 | Surfaces viticoles suisses

	Surface en hectares
Valais	5000
Vaud	3750
Suisse alémanique et Grisons	2650
Genève	1450
Tessin	1050
Neuchâtel et région des Trois Lacs	1000
Surface totale en Suisse	14 900

La troisième étude analyse les effets sur les performances du marché de détail suisse d'un choc climatique survenu dans une région viticole suisse spécifique. Pour illustrer cet exemple, la région de Neuchâtel - Trois Lacs, fortement grêlée en 2013 a été retenue. Les résultats démontrent les effets négatifs (seuil de significativité statistique < 1 %) sur le volume vendu (-22,8 %) et sur le prix du vin (+2,8 %) par rapport à une situation du marché précédant l'événement de la grêle.

La quatrième étude analyse les déterminants des prix du vin sur le marché suisse en utilisant une approche de régression hédonique (voir encadré). Il est intéressant de constater l'influence du cépage et de la région viticoles sur le prix. A titre d'exemple, cultiver la Petite Arvine en Valais permet de fixer un prix de vente des vins plus élevé. A l'inverse, cultiver du Pinot noir ou du Gamay dans le canton de Vaud ou de Genève notamment, peut entraîner des ventes au rabais. Le positionnement par rapport à une région viticole renommée permet de fixer des prix encore plus élevés. Les informations sur les producteurs n'expliquent toutefois que de façon marginale les prix du vin. La concurrence élevée et les coûts de production, conjugués à la visibilité limitée des vins suisses, se traduisent par des prix qui dépendent principalement des effets de réputation collective (régions vitivinicoles suisses) et des types spécifiques de cuvées/assemblages. Les résultats de cette dernière étude suggèrent que les producteurs suisses (réputation individuelle) fixent les prix de leurs vins de manière plutôt uniforme (Mondoux 2018).

Matériel et méthodes

Grâce à l'Observatoire suisse du marché des vins (OSMV), il est possible d'avoir accès à une base de données unique de l'entreprise Nielsen qui fournit les données pour tous les types de vins vendus et scannés à la caisse dans la majorité des supermarchés en Suisse. La compagnie Nielsen transmet des données sur les quantités de vins vendus ainsi que leurs prix par périodes de quatre semaines (fréquence). Cette étude porte sur les données de 2012 à 2016. Il est possible de définir environ 80 types de vins, identifiés par couleur, région d'origine et cépage. Au niveau méthodologique et avant de commencer toute analyse, il est essentiel de construire un panel sur la base des données décrites ci-dessus. Les stocks (OFAG 2017), les indicateurs socio-économiques, les importations et exportations de vins (Swiss-Impex 2017) sont des variables dont il a été tenu compte dans la base de données. Les données mises à disposition de l'OSMV permettent des comparatifs pour les analyses économétriques (science économique

Résumé

Cet article est une synthèse de quatre études spécifiques en économie viticole réalisées dans le cadre de la thèse de doctorat «Four Essays in Wine Economics: an Empirical Approach with Swiss Panel Data» récemment publiée au KOF Centre de recherches conjoncturelles de l'EPF de Zurich (Mondoux 2018). Les trois premières études se basent sur des données de la grande distribution suisse, fournies par l'entreprise Nielsen. Elles donnent, pour différents types de vins suisses, des informations clés sur les variations des prix et des quantités (élasticité-prix), les prospections et les scénarios du marché. Elles analysent également l'incidence d'un choc climatique subi par une région viticole sur la vente des vins. La quatrième étude explore les facteurs qui déterminent les prix des vins suisses de grande qualité grâce à l'analyse des données fournies par les sites Internet des producteurs sélectionnés (Mondoux 2018).

qui a pour objectif d'estimer et de tester les modèles économiques) présentées dans cet article, grâce essentiellement à la variable prix. La connaissance des quantités de vins vendus mensuellement sur le marché de la grande distribution ainsi que de leurs prix de vente permet de corrélérer ces deux importantes variables économiques. Les quatre études présentées dans cet article vont néanmoins au-delà de simples corrélations entre variables économiques et tentent, dans chaque cas, de discuter et d'appliquer des méthodes d'analyse causale.

La première étude estime les coefficients de corrélation entre les quantités de vins vendus et leur prix et ce pour une large palette de types de vins. Lors de l'analyse, l'interprétation causale des corrélations obtenues n'est pas possible, car les variables «quantité-prix» s'influencent mutuellement. On parle dans ce cas de sources d'endogénéité¹ des prix. Pour résoudre ce problème, on utilise la méthode de la variable instrumentale (VI)². Celle-ci permet d'interpréter un effet

¹ Dans ce cas précis, l'endogénéité indique que le prix a un effet sur la quantité vendue et inversement.

² Une variable instrumentale devrait idéalement être fortement corrélée avec le prix et faiblement avec la quantité de vin vendu. Ceci permet en effet d'identifier les conséquences d'une variation de prix sur une variation des ventes de vins.

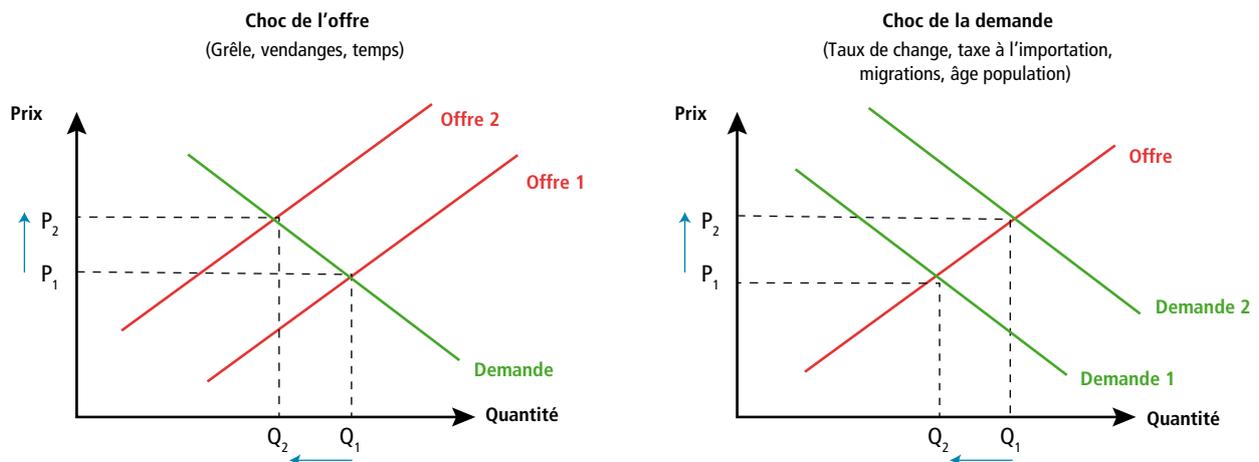


Figure 1 | Choc de l'offre négatif et choc de la demande positif (Mondoux 2016).

causal du pourcentage de variation des prix sur un pourcentage de variation des quantités de vins vendus sur le marché.

Différentes variables instrumentales ont été sélectionnées, discutées et estimées (variables climatiques, agricoles et économiques). Toutefois la plus convaincante semble être la variable « promotion-prix des ventes ». Cette variable, qui prend en compte le pourcentage de chaque catégorie de vins en promotion, est fortement corrélée avec le prix mais faiblement corrélée avec les quantités de vins vendus, ce qui fait de celle-ci une candidate idéale pour une VI.

La deuxième étude utilise la méthode « Panel vector autoregressive » (Panel VAR) qui permet de faire des prévisions en termes de vente et prix des vins en Suisse tout en permettant de séparer les chocs de l'offre venant du producteur et de la demande venant du consommateur grâce à une stratégie de restriction des signes. La figure 1 montre un choc de l'offre négatif: à demande constante, une baisse de l'offre (offre 1 à offre 2) aura un impact positif sur les prix (P_2) et négatif sur la quantité (Q_2). Pour une offre constante, un choc de la demande positif déplace la demande vers le haut (demande 1 à demande 2) et induira des prix (P_2) et des quantités (Q_2) plus élevés. Pour résumer, un choc de l'offre engendre une corrélation négative entre les variations de quantité et de prix alors que pour un choc de la demande, la corrélation est positive. Les fonctions de réponses impulsionnelles (FRI) permettent d'étudier en détail la persistance d'une variation de prix due à un choc exogène et son retour à l'équilibre. A titre d'exemple, une grosse promotion-prix sur un vin spécifique peut induire une image qualitative négative du vin, ne permettant plus de le vendre par la suite au prix fixé avant la promotion.

La troisième étude analyse les effets sur les performances du marché de détail suisse d'un choc climatique survenu dans une région viticole suisse spécifique. Dans ce cas, il est essentiel de définir une temporalité claire et de tester certaines hypothèses pour appliquer la méthode *difference-in-differences* (DID) qui semble être la plus appropriée dans ce cas de figure: le choc de grêle s'est produit dans une région viticole clairement définie (Neuchâtel - Trois Lacs), à une date précise (20 juin 2013). L'hypothèse (très vraisemblable) est que les premières bouteilles du millésime 2013, affectées par ce choc, sont celles qui sont distribuées dans les grandes surfaces dès avril 2014. Le millésime 2014 de cette région, qui n'est par ailleurs pas affecté par la grêle de 2013, est distribué quant à lui dans les grandes surfaces dès avril 2015. C'est donc à cette date que l'analyse est clôturée. Une hypothèse fondamentale à tester est de vérifier si, durant la période précédant le choc de grêle les tendances des autres régions viticoles sont similaires à celles observées dans la région grêlée. Comme le démontre la figure 2, les tendances linéaires (régression de la quantité vendue sur le temps) sont parallèles avant avril 2014 et ce n'est que par la suite que la région touchée se démarque par des tendances différentes et ceci jusqu'en avril 2015.

La quatrième étude se base sur un panel unique où les données « prix des producteurs » sont collectées à partir d'une centaine de producteurs de vins haut de gamme suisses (Gault & Millau 2017). La méthode économétrique de la régression hédonique est appliquée à cette base de données. Celle-ci permet d'identifier les déterminants statistiquement significatifs de la fixation des prix par les producteurs et leur acceptation par les consommateurs. Formellement, les prix des vins suisses sélectionnés sont testés par rapport à leurs

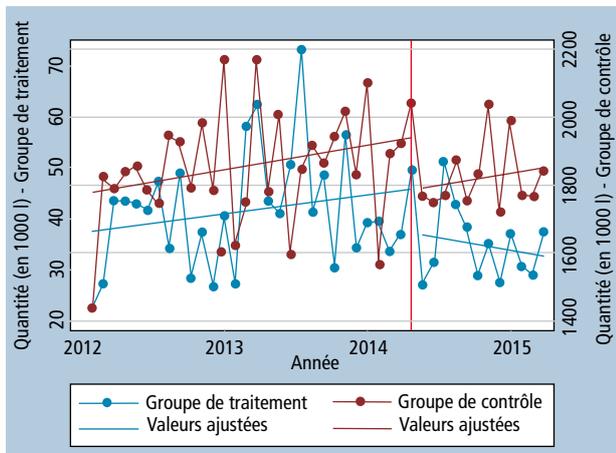


Figure 2 | Trends temporels pour les ventes de vins (Mondoux 2018).

propres caractéristiques (couleur, producteur, région viticole et cépage). Grâce à la structure en panel de ces données (quatre observations pour chaque type de vin pour les années 2014-2017), il est possible de faire de la régression en panel, c'est-à-dire l'analyse de plusieurs individus (types de vins) observés sur plusieurs périodes, tout en estimant l'effet de saisonnalité (Mondoux 2018).

Résultats

La première étude démontre, avec l'approche de la variable instrumentale (VI), que les ventes des vins suisses sont élastiques (-1,72) par rapport aux varia-

tions de prix, soit par exemple une baisse de 1 % des prix induirait en moyenne une hausse des ventes mensuelles de 1,72 % dans la grande distribution suisse (tabl. 2). En général, les coefficients de corrélation montrent, pour l'élasticité-prix, des résultats légèrement supérieurs (-2,09 pour le EF). La figure 3 analyse les élasticités-prix pour le canton de Vaud et montre que les trois régions vaudoises ont des segments de prix et des marchés bien définis. Une structure modifiée des données en panel donne également la possibilité d'estimer des élasticités croisées entre différents types de vins (résultats non présentés dans cet article), c'est-à-dire un pourcentage de variation de quantité d'un vin A par rapport au pourcentage de variation de prix d'un vin B afin de vérifier si deux vins peuvent se substituer ou s'ils sont complémentaires d'un point de vue économique.

La deuxième étude démontre que des promotions sur les prix des vins, loin de favoriser les ventes, peuvent donner au consommateur un signal négatif en termes d'image, rendant le retour vers un prix de base d'équilibre, plus difficile (fig. 4). Ces effets de «persistance» ont été observés pour certains vins AOC suisses. Cette observation est intéressante car elle peut inciter les producteurs ou les supermarchés à être plus attentifs lors de l'utilisation des promotions-prix. L'hétérogénéité des réponses aux chocs de l'offre et de la demande démontre que ces deux phénomènes doivent être traités de manière séparée pour y répondre de façon ciblée. Pour l'analyse de prévision, on constate qu'il est plus difficile de faire de la prévision avec des données

Tableau 2 | Elasticité-prix des ventes de vins AOC suisse par couleur et région d'origine (Mondoux 2018).

	Rouge		Blanc		Rosé		Par région	
	EF	VI	EF	VI	EF	VI	EF	VI
Valais	-2,58*** (0,2650)	-2,00*** (0,1601)	-2,28*** (0,2364)	-1,63*** (0,3742)	-3,83** (0,1251)	-3,27*** (0,5057)	-2,58*** (0,1923)	-1,89*** (0,1834)
Vaud	-0,74 (0,4446)	0,51 (0,3965)	-2,54*** (0,4744)	-1,49*** (0,2656)	-5,05** (1,2132)	-2,70* (1,5173)	-3,06*** (0,6333)	-0,79** (0,3660)
Suisse alémanique	-2,19*** (0,3094)	-1,76*** (0,3070)	-1,14 (0,7963)	-1,32 (0,8089)	-0,55 (1,1778)	-3,45*** (0,9561)	-0,84 (0,8865)	-2,27*** (0,4362)
Genève	-2,90*** (0,2407)	-2,96*** (0,3669)	-2,97*** (0,1972)	-2,54*** (0,2553)	-4,91** (0,6961)	-3,51*** (0,8044)	-3,31*** (0,2996)	-2,88** (0,2446)
Tessin	-0,45** (0,0332)	-1,82*** (0,41191)	-2,71* (0,7263)	-2,75*** (0,6461)	-2,04* (0,3148)	-1,62** (0,7139)	-0,93 (0,8533)	-2,04*** (0,3350)
Trois-Lacs	-1,59*** (0,5124)	0,58 (1,0585)	-0,99 (1,0001)	-0,54*** (0,5346)	-3,85* (1,0150)	-2,18** (0,8675)	-1,31*** (0,7385)	-0,35 (0,4768)
Par couleur	-1,75*** (0,5561)	-1,56*** (0,1965)	-1,81*** (0,4436)	-1,58*** (0,1926)	-2,98*** (0,8791)	-2,65*** (0,4406)	-2,09*** (0,3300)	-1,72*** (0,1352)

Note : *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1; Erreurs standard robustes groupées (individuel) entre parenthèses; EF = effet fixe (individuel); VI = variable instrumentale.

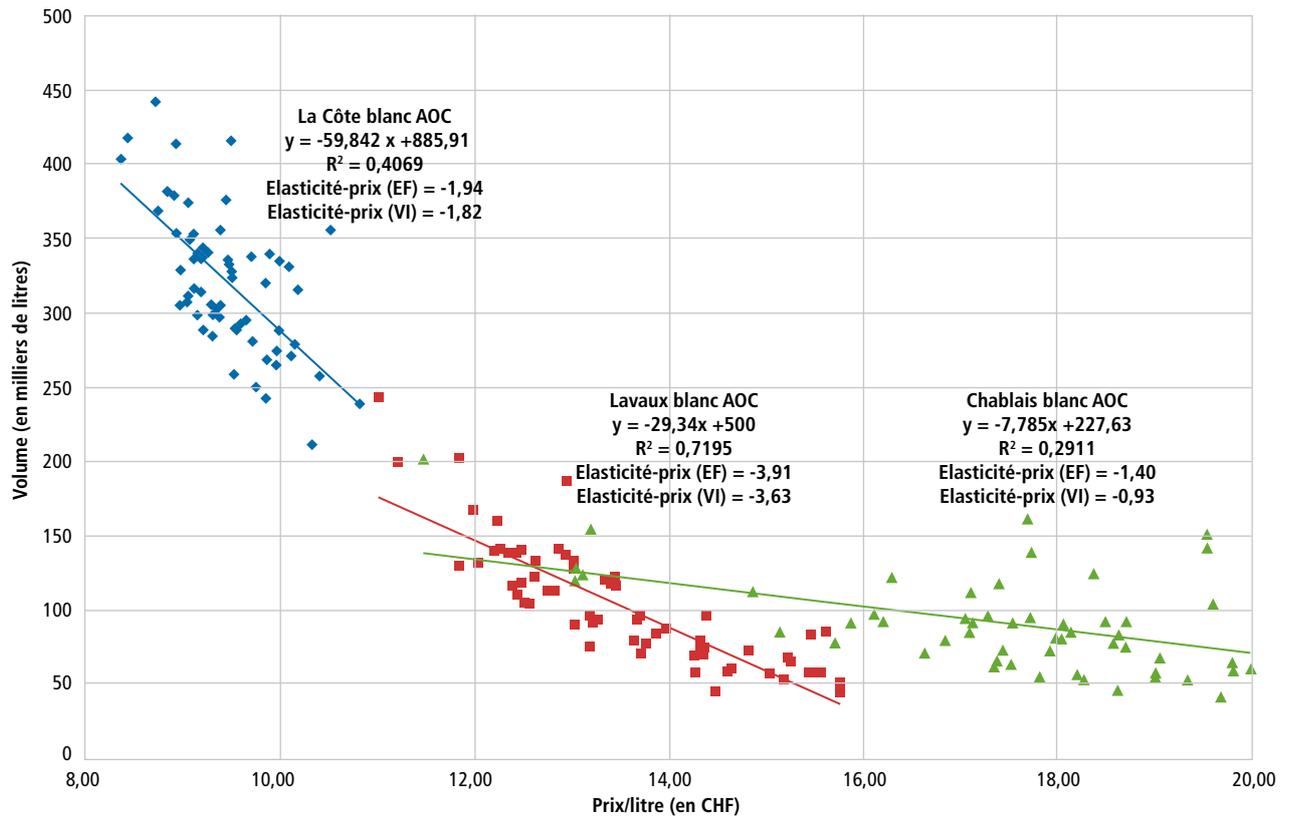


Figure 3 | Elasticité-prix des ventes de Chasselas AOC par régions vaudoises en 2017 sur trois ans (Mondoux *et al.* 2018).
 EF = effet fixe (individuel) ; VI = variable instrumentale.

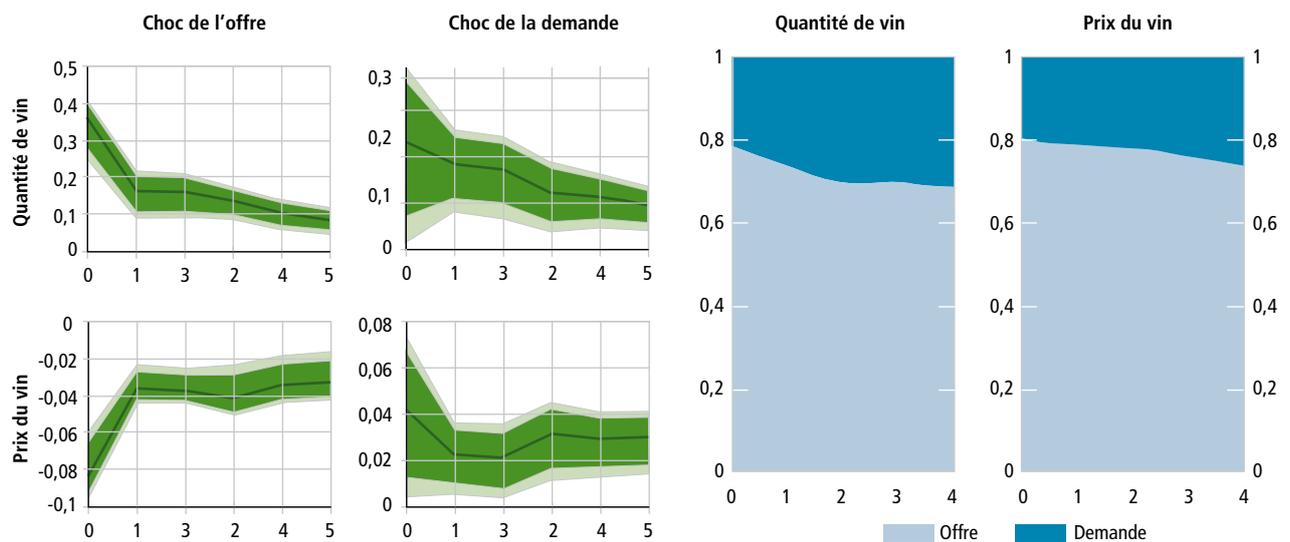


Figure 4 | Fonction de réponses aux chocs et variance expliquée par l'erreur de prédiction (vins AOC suisses 2012-2016).

Tableau 3 | Résultats de la régression pour la région Neuchâtel - Trois-Lacs (Mondoux 2018).

	EF ln ($Q_{i,t}$)	EF ln ($P_{i,t}$)	EF ln ($I_{i,t}$)
<i>Treat_i * Post_t</i>	-0,2277** (0,0691)	0,0277** (0,0135)	-0,2000*** (0,0656)
Covariables	Oui	Oui	Oui
EF individuel	Oui	Oui	Oui
EF temporel	Oui	Oui	Oui
Constante	-88,7061** (41,5889)	24,5889*** (8,7366)	-64,1173 (35,8422)
Observations	2 319	2 319	2 319
No de labels	70	70	70
R-carré	0,3245	0,7026	0,2375

Note: *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1; Erreurs standard robustes groupées (individuel) entre parenthèses; EF = effet fixe (individuel).

de panel agrégées qu'en se concentrant sur un seul type de vin en série temporelle. Dans certaines circonstances, les données de panel ne sont donc pas toujours idéales pour faire de la prévision.

Du point de vue de la théorie économique, quand le marché subit un choc négatif de l'offre, on s'attend à une baisse des ventes ainsi qu'à une augmentation des prix. Les résultats du tableau 3 émanant de la troisième étude montrent que le choc d'offre a induit, pour la région de Neuchâtel - Trois Lacs, une baisse des ventes de vins (-22,8 %) et une hausse des prix (+2.8 %) et ceci à un seuil statistiquement significatif (< 1 %). En étendant cette même analyse sur le chiffre d'affaires (-20 %), on constate que la hausse des prix n'a pas compensé la baisse des ventes des vins de cette région. On observe sur la figure 5 que les coefficients de la méthode DID peuvent varier dans le temps (fréquence semestrielle). Ils démontrent de manière plus rigoureuse, avec deux coefficients négatifs (semestres 6 et 7) dans la période analysée, les résultats estimés précédemment et dans le rapport de l'OFAG (2017).

La quatrième étude qui applique la régression hédonique des prix sur les caractéristiques des vins montre que les producteurs fixent leurs prix de manière plutôt uniforme dans des régions spécifiques où les cépages peuvent avoir un fort impact sur les prix des vins. Deux événements récents permettent de faire une analyse plus approfondie: l'abandon du taux plancher CHF/EUR de la part de la Banque nationale suisse (BNS) début 2015 et l'arrivée plus régulière de Wine Advocate (Parker score) qui a augmenté de manière très forte la visibilité de certains producteurs notés. Pour le premier

événement, on remarque d'un point de vue descriptif et économétrique que suite à l'abandon du taux plancher (1.20 CHF pour 1 EUR), les producteurs n'ont pas changé leur tendance à la hausse des prix des vins. Les vins suisses se retrouvent en quelque sorte entre le marteau et l'enclume: ils sont chers dans les segments de basse et moyenne qualité mais très attractifs dans le haut de gamme comparés aux vins français et italiens de même catégorie. Pour le second événement, on observe un impact positif des prix des vins des producteurs notés par Parker; confirmant l'influence de la notoriété sur le prix des vins (Mondoux 2018).

Conclusions

Ces travaux ont contribué à analyser de manière générale et au-delà des statistiques descriptives le marché du vin, afin de mieux cerner la demande du consommateur et d'appliquer des modèles économétriques complexes à une base de données unique. Il s'agissait également de créer un outil statistique qui puisse contribuer à une meilleure compréhension du marché suisse des vins, inciter à de nouvelles recherches académiques et aider l'OSMV dans ses mandats et études.

La première étude améliore les statistiques préexistantes du marché suisse des vins. Son approche est orientée vers la demande (point de vue du consommateur). Les données de panel disponibles intègrent la variable promotion-prix qui est un candidat convaincant pour le modèle VI. La régression en panel permet de prendre en compte l'effet individu – type de vin (EF) mais aussi de contrôler la saisonnalité des ventes avec des variables binaires (0,1) pour chaque période. Elle a enrichi la littérature existante en traitant le vin comme bien d'expérience hétérogène et complexe de par ses caractéristiques (région d'origine, couleur et cépage). Le panel est transformé en pseudo-panel afin d'estimer les élasticités-prix croisées entre différents types de vins et d'identifier s'ils sont substituables ou complémentaires.

La deuxième étude étend également les analyses précédentes en Panel VAR en introduisant le terme d'erreur de prédiction et en prenant en compte des effets économiques, climatiques et agricoles. Il est aussi plutôt innovant de séparer les chocs de l'offre et de la demande grâce à la restriction de signes ou d'analyser la persistance des variations de prix. Cette étude pourrait aider les vendeurs de vins à prendre des décisions plus pertinentes lors de la baisse de prix, sachant qu'une réaction positive des consommateurs dans le court terme peut se révéler négative sur le long terme selon la perception de qualité du vin.

La troisième étude applique la méthode économétrique DID à une expérience naturelle concrète d'un choc de grêle. Celle-ci a l'avantage de pouvoir être répliquée à d'autres chocs exogènes similaires ou simplement à d'autres types de biens en ayant à disposition une configuration de données en panel similaire. Ce modèle peut aider à prédire de futurs chocs de l'offre et permettre une réaction plus rapide des acteurs du marché suisse des vins. Cette étude ouvre également la voie sur la réflexion d'une réserve climatique pour compenser les années de mauvaises vendanges avec celles de bonnes vendanges. Cela est également une première application de Autor (2003) qui, en laissant le coefficient DID varier dans le temps, permet une analyse plus rigoureuse et plus précise d'un choc de l'offre dans un marché agricole ou vitivinicole (figure 5).

La quatrième étude est dans ce sens un premier essai dans l'évaluation des déterminants des prix sur le marché suisse des vins. Etudier la stratégie des producteurs en termes de fixation des prix est importante parce que le vin est un bien d'expérience très hétérogène dans un marché compétitif et opaque. Il y a en effet un regain d'intérêt en général pour les régions vitivinicoles moins connues sur la scène internationale (Storchmann 2017). La nouveauté de cette approche est celle d'unifier la régression hédonique avec une structure en données de panel. Cette étude se veut utile aussi pour le consommateur afin qu'il comprenne mieux si le prix d'un vin désiré reflète les forces du marché et comment interpréter les caractéristiques de celui-ci (Mondoux 2018). ■

Remerciements

Pour cet article de synthèse, je tiens à remercier encore une fois toutes les personnes qui m'ont aidé et accompagné lors de ces trois ans passionnants de thèse de doctorat. Je suis particulièrement reconnaissant envers mon superviseur de doctorat, Prof. Dr. Peter Egger, mon épouse Oleksandra, mes parents Isabelle et Michel ainsi que mon frère Christophe.

Bibliographie

- Autor D. H., 2003. Outsourcing at Will: The Contribution of Unjust Dismissal Doctrine to the Growth of Employment Outsourcing, *Journal of Labor Economics*, 21, 1–42.
- Gault & Millau, 2017. Les 100 meilleurs vigneron de suisse.
- Mondoux A., 2018. Four Essays in Wine Economics: An Empirical Approach with Swiss Panel Data, Diss. ETH No. 24887, KOF Dissertation Series No. 33.
- Mondoux A., 2016. Mesurer et comprendre les performances des marchés, Rapport N05, Observatoire suisse du marché des vins (OSMV), Changins Haute Ecole en viticulture et œnologie, Swiss wine promotion.
- OFAG, 2017. «Année viticole 2016», Office fédéral de l'agriculture, Statistiques vitivinicoles.
- Storchmann K., 2017. The Wine Industry in Germany, Austria and Switzerland 1835-2016, AAW Working Paper No. 214.
- Swiss-Impex, 2017. Export and Import Commodity Data.
- SWP, 2015. Swiss Wine Promotion.

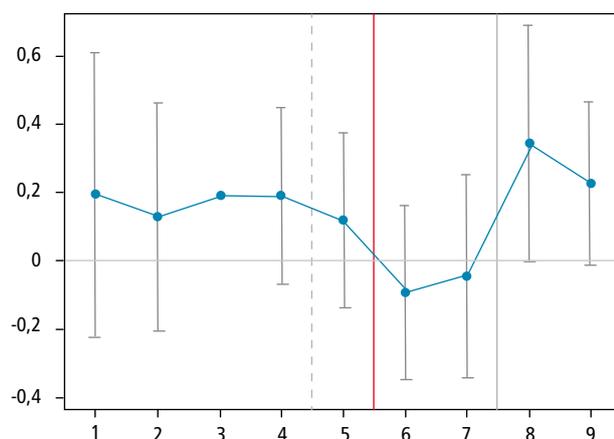


Figure 5 | Effet du choc estimé sur spécifications semestrielles (Mondoux 2018)

Summary**Four Essays in Wine Economics: An Empirical Approach with Swiss Panel Data**

This article deals with four specific studies on wine economics and consists of a synthesis of the PhD thesis “Four Essays in Wine Economics: an Empirical Approach with Swiss Panel Data”, recently published by the KOF Swiss Economic Institute of the ETH Zurich (Mondoux 2018). The first three studies analyse the particular characteristics of this subject, based on data provided by the Nielsen Company relating to Swiss large-scale retailers, in terms of quantity, price and turnover. In particular, they concern the price elasticity of the different types of wines in Switzerland, the prospects and scenarios of this specific market, as well as the study of climate impact on a wine-growing region in connection with the sale of wines. The fourth study explores the determining factors of the prices of high-quality Swiss wines by manually extracting the data from the website of various selected producers (Mondoux 2018).

Key words: Wine economics, Applied microeconomics, Econometrics

Zusammenfassung**Vier Studien in der Weinwirtschaft: Ein empirischer Ansatz mit Schweizer Paneldaten**

Dieser Artikel ist eine Synthese von vier spezifischen Studien über die Ökonomie der Weinbaukultur, die im Rahmen der Doktorarbeit „Four Essays in Wine Economics: an Empirical Approach with Swiss Panel Data“ durchgeführt wurden. Die Doktorarbeit wurde vor kurzem von der KOF Konjunkturforschungsstelle der ETH Zürich (Mondoux 2018) veröffentlicht. Die ersten drei Studien analysieren die besonderen Eigenschaften dieses Themas auf der Basis der entsprechenden Daten des Schweizer Großverteilerhandels, welche von der Firma Nielsen geliefert wurden, und die sowohl die Quantität als auch die Preise und die Umsatzzahlen betreffen. Diese betrachten im Besonderen die Preiselastizität der verschiedenen Weinsorten in der Schweiz, die Marktaussichten und die Szenarien dieses spezifischen Marktes, ebenso wie eine Studie über den Klimaeinfluss in einer Weinregion in Bezug auf den Verkauf der Weine. Die vierte Studie untersucht sehr detailliert die Faktoren, welche für die Preisbildung der Schweizer Spitzenweine bestimmend sind, indem sie die Daten der Internetseiten verschiedener Produzenten einzeln auswertet (Mondoux 2018).

Riassunto**Quattro studi in economia del vino: un approccio empirico con dati panel svizzeri**

Questo articolo verte su quattro studi specifici di economia viticola e consiste in una sintesi della tesi di dottorato “Four Essays in Wine Economics: an Empirical Approach with Swiss Panel Data”, pubblicata recentemente dal Centro di ricerche congiunturali KOF dell’ETH di Zurigo (Mondoux 2018). I primi tre studi analizzano le particolari caratteristiche di questo tema sulla base di dati relativi alla grande distribuzione svizzera forniti dalla ditta Nielsen, sia in termini di quantità che di prezzi e di cifra d'affari. Essi riguardano in particolare l'elasticità dei prezzi dei diversi tipi di vini in Svizzera, le prospettive e gli scenari di questo specifico mercato, come pure lo studio dell'impatto climatico in una regione viticola sulla vendita dei vini. Il quarto studio esamina in profondità i fattori determinanti dei prezzi dei vini svizzeri di alta qualità, riprendendo manualmente i dati dal sito Internet di vari produttori selezionati (Mondoux 2018).

Winect

01:28

Filtration en cours

Gagnez en sérénité avec nos services connectés !



L'offre Connect de Bucher Vaslin offre à ses clients une nouvelle dimension de services. Grâce à un accès sécurisé et en temps réel à vos équipements Bucher Vaslin, vous pouvez suivre l'exécution des travaux, analyser les résultats obtenus et être alerté en cas d'anomalie.



De l'application mobile Winect aux services en ligne, vous disposez d'une offre de services complète vous permettant de gagner du temps et de travailler en toute sérénité.

Nos concessionnaires agréés :

Gigandet SA
1853 Yvorne
Tél. 024/466 13 83

Gigandet SA - Succursale La Côte
1166 Perroy
Tél. 024/466 13 83

Avidor Valais SA
3970 Salgesch
Tél. 027/456 33 05

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

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

BUCHER
vaslin

www.buchervaslin.com
Votre réussite est notre priorité

Contactez-nous pour des conseils honnêtes et fondés!

Alternatives contre l'oïdium et la tavelure

- Moins de résidus
- Large gamme de produits
- 30 ans d'expérience

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

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



... Nous multiplions votre avenir

Hybridation • Sélection • Multiplication • Conseil • Plantation • Suivi

Réservez maintenant les plants adaptés à vos projets!

- Cépages classiques
- Grand choix de porte-greffes
- Nouvelles variétés résistantes
- Plants haute tige

Pépinières Borioli

Chemin du Coteau 1 • 2022 BEVAIX • Tél. 032 846 40 10 • Mobile 079 240 67 43 • Fax 032 846 40 11
info@multivitis.ch • www.multivitis.ch



Arco[®]

avant la floraison

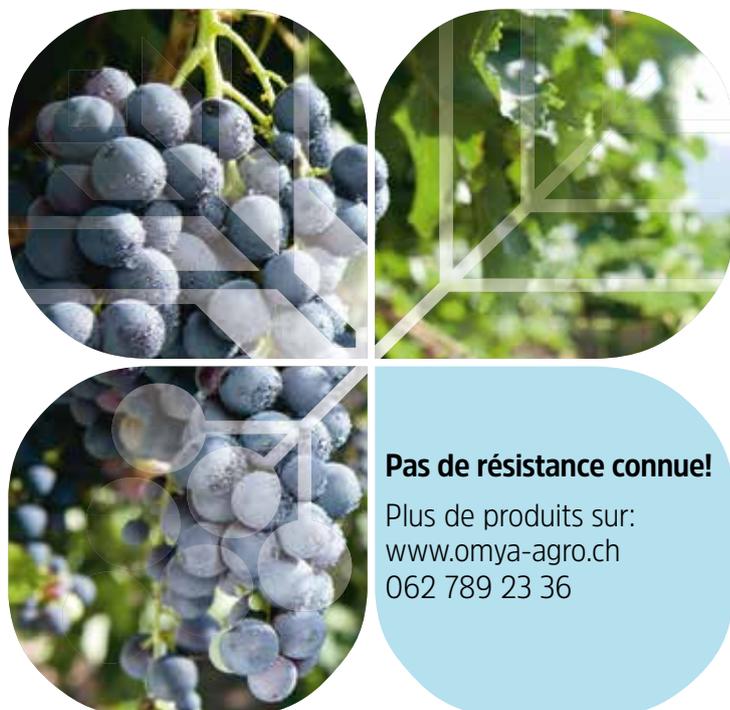
NOUVEAU

Escort[®]

après la floraison

Pour des vignes sans mildiou

Performant, éprouvé, flexible



Pas de résistance connue!

Plus de produits sur:
www.omya-agro.ch
 062 789 23 36

Utilisez les produits phytosanitaires avec précaution. Avant toute utilisation, lisez l'étiquette et les informations sur le produit. Tenez compte des avertissements et des symboles de mise en garde.

Influence de la date de vendange sur la qualité des raisins et des vins de Chasselas en Dézaley

Vivian ZUFFEREY¹, Thibaut VERDENAL¹, Carole KOESTEL², Johannes RÖSTI², Agnès DIENES-NAGY², Sandrine BELCHER², Fabrice LORENZINI², Jorge SPANGENBERG³, Olivier VIRET⁴, Jean-Laurent SPRING¹

¹Agroscope Pully, 1009 Pully, Suisse

²Agroscope Changins, 1260 Nyon, Suisse

³Université de Lausanne, Institut des dynamiques de la surface terrestre (IDYST), 1015 Lausanne, Suisse

⁴Service de l'agriculture et de la viticulture (SAVI), 1110 Morges, Suisse

Renseignements : Vivian Zufferey, tél. +41 58 468 65 61, e-mail : vivian.zufferey@agroscope.admin.ch, www.agroscope.ch



Vignoble de Lavaux avec vue sur le Dézaley.

Introduction

Le choix de la date de vendange participe à l'expression des potentialités d'un terroir et repose sur de nombreux facteurs, dont la maturité et l'état sanitaire des raisins, le type de vin recherché et les conditions climatiques, pour n'en citer que quelques-uns. Les facteurs influençant la composition des raisins à la vendange sont en effet multiples: les caractéristiques

pédoclimatiques du site de production – précipitations, température, réserve hydrique et minérale du sol, possibilités d'enracinement – jouent un rôle dominant dans la composition des moûts et des vins (Reynard *et al.* 2011; Verdenal *et al.* 2016). Par ailleurs, les conditions climatiques sont déterminantes pour le développement des maladies fongiques. Le choix du matériel végétal et des techniques culturales a également des conséquences et doit être adapté au

contexte pédoclimatique. Le rapport feuille-fruit (Murisier et Zufferey 1997), la fertilisation et l'entretien du sol (Spring *et al.* 2014) représentent des facteurs particulièrement influents sur la composition des raisins. Le mode de taille (Murisier et Zufferey 2005), la surface foliaire exposée (Carbonneau *et al.* 2007) et le rendement (Blouin et Guimberteau 2000) sont des paramètres présentant un fort impact. L'âge de la vigne (Zufferey et Maigre 2008) et l'orientation des rangs (Zufferey et Murisier 1997) semblent avoir une influence plus modérée. Enfin, les essais menés sur la densité de plantation (Murisier et Zufferey 2006) ont montré une influence plus faible de ce paramètre. L'équilibre de l'ensemble de ces paramètres est délicat et doit être pris en compte dans le choix de la période de récolte optimale. Par ailleurs, cette date dépend aussi du profil de vin que le viticulteur souhaite produire.

L'indice de maturité, proposé par Simon *et al.* (1977) notamment pour la production de Chasselas en Suisse, a montré une nette évolution au cours des années (fig. 1) : un indice de 100 était initialement préconisé pour assurer une bonne maturité de la vendange. Or, depuis la fin des années 80, cet indice excède systématiquement la valeur de 100, voire celle de 150 dans le cas de millésimes exceptionnels. Cette évolution est liée, d'une part, à des productions limitées et, d'autre part, au réchauffement climatique. Il n'existe à ce jour aucun indice pertinent qui permettrait d'indiquer une maturité optimale du raisin.

L'influence de la date de vendange sur la qualité des vins rouges comme le Gamaret et le Garanoir avait fait l'objet d'une étude à Agroscope (Spring 2004 a, b).

Résumé ■ Un réseau de parcelles de Chasselas a été suivi durant trois ans dans le vignoble de Lavaux (Grand Cru du Dézaley) afin d'évaluer l'influence de la date de vendange sur la qualité des raisins et des vins. Deux dates de vendanges ont été définies chaque année avec une dizaine de jours d'écart. Les raisins ont été vinifiés et les vins analysés et dégustés. L'incidence des vendanges plus tardives sur la qualité des vins a pu être mise en évidence, souvent associée à une perte de rendement s'élevant en moyenne à environ 10 % durant la période d'étude. Les effets d'une vendange plus tardive ont cependant été variables en fonction des conditions météorologiques de la période de fin de maturation et de l'état sanitaire de la vendange : dans le contexte d'un millésime sec et ensoleillé, comme 2015, les vendanges plus tardives ont permis d'obtenir des vins plus riches en couleur et en volume, moyennant une perte de rendement minime. A l'inverse, un millésime chaud et humide avec une forte pression des maladies fongiques, comme en 2014, a entraîné une perte de rendement plus importante (20 %) pour un gain de qualité des vins non significatif. Les vendanges tardives n'ont en aucun cas eu d'effet négatif sur la qualité de la vendange.

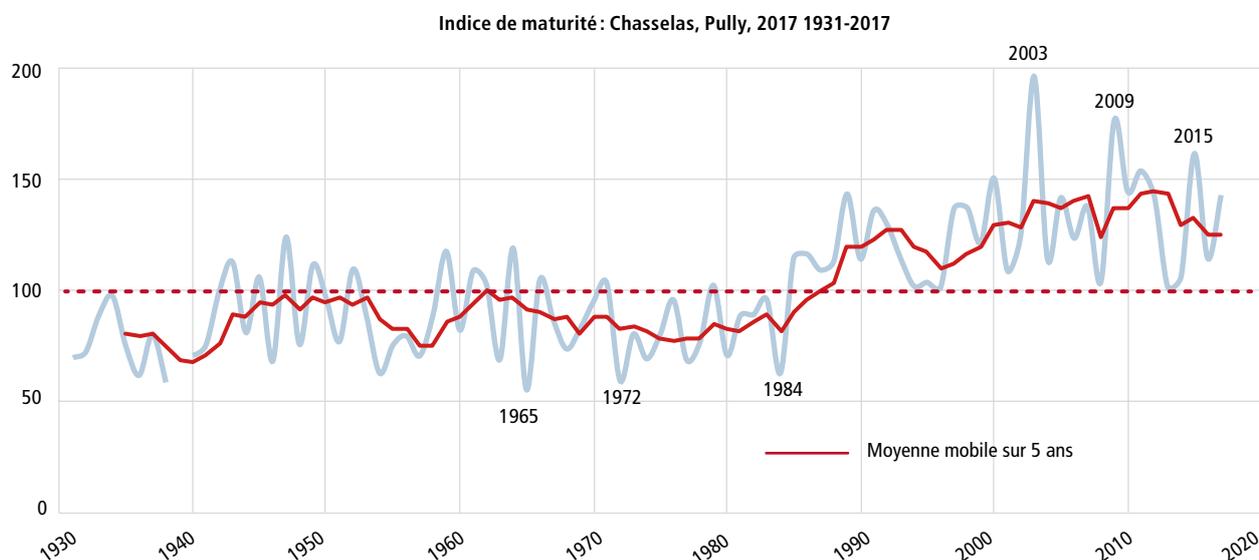


Figure 1 | Evolution de l'indice de maturité calculé à la vendange (Chasselas, Pully, de 1931 à 2017).

Néanmoins, aucune expérimentation n'a été menée à ce jour avec le Chasselas.

Dans le vignoble du Dézaley, les vendanges du Chasselas s'étalent généralement sur une dizaine de jours. Dans quelle mesure ces quelques jours peuvent-ils influencer le profil organoleptique des vins? Permettent-ils d'améliorer le potentiel de garde tout en préservant le caractère du terroir du Dézaley? C'est dans le but de mieux comprendre les paramètres en jeu que la présente étude a été mise en place avec le soutien des viticulteurs de la Baronnie du Dézaley.

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

Avec l'aide des viticulteurs de la Baronnie du Dézaley, un réseau de cinq parcelles homogènes de Chasselas a été constitué de façon à être représentatif de l'appellation Dézaley (altitudes, types de sol). L'ensemble du réseau est décrit dans le tableau 1. Les vignes de Chasselas sont âgées d'une quinzaine d'années, greffées sur Fercal et situées entre 410 mètres et 530 mètres d'altitude. Elles sont conduites en taille longue Guyot, avec une densité de plantation comprise entre 8000 et 10 000 souches par hectare. Ces parcelles ont été vendangées à deux dates: la première date – définie par le ban des vendanges de l'appellation – est considérée comme équivalente aux vendanges commerciales; la deuxième date – au minimum dix jours plus tard – est considérée comme tardive.

Conditions climatiques de l'étude

Le tableau 2 montre la somme des précipitations et la température moyenne sur la période de végétation de chaque millésime (période avril–octobre).

2014: Après un débourrement précoce, le printemps a été relativement instable, avec des températures proches de la moyenne et une insolation déficitaire. Les conditions à la fleur ont été bonnes. Juillet et août ont été frais et pluvieux, avec un ensoleillement déficitaire. L'été maussade a favorisé le développement de maladies fongiques (oïdium, mildiou, pourriture acétique). Le mois de septembre, chaud et sec, a permis de stabiliser la situation et de réaliser les vendanges à maturité suffisante.

2015: Le printemps a été relativement chaud et a entraîné une floraison précoce. L'été caniculaire a été extrêmement chaud et sec, avec un fort déficit hydrique. La pression des maladies fongiques a été faible. Septembre et octobre, plus frais, ont permis des vendanges dans des conditions idéales, avec des niveaux de maturité exceptionnels.

Tableau 1 | Description du réseau de parcelles.

Lieu-dit	n° site	Altitude (m)	Sol	Porte-greffe	Densité plantation (m ²)
Sous Marsens	1	530	Molasse	Fercal	1,6*0,8
Sur le Dezaley	2	460	Molasse	Fercal	1,5*0,8
Marettaz	3	440	Moraine	Fercal	1,5*0,8
Les Côtes	4	450	Molasse	Fercal	1,5*0,8
Les Embleyres	5	410	Molasse	Fercal	1,2*0,8

Tableau 2 | Somme des précipitations et températures moyennes pendant la période de végétation de la vigne (avril–octobre) (station météorologique de Pully, www.meteosuisse.ch).

	2014	2015	2016
Précipitations totales (mm)	765	535	863
Températures moyennes (°C)	16	16,7	15,9

Tableau 3 | Dates de vendange des parcelles et conditions climatiques entre les deux dates de vendange (station météorologique de Pully, www.meteosuisse.ch).

Vendanges	1 ^{re} date	2 ^e date	Températures moyennes (°C)	Durée totale d'insolation (h)	Somme des précipitations (mm)
2014	09 oct.	20 oct.	15,0	45	30
2015	24 sept.	6 oct.	13,2	90	13
2016	17 oct.	27 oct.	10,7	43	95

2016: Le printemps a été frais et particulièrement humide. Les conditions favorables au moment de la floraison ont entraîné un fort potentiel de rendement. L'été a été chaud malgré un mois de juillet pluvieux. De nombreux symptômes de folletage des grappes sont apparus dans la région. Septembre, chaud et sec, et octobre, plus frais, ont tout de même permis des conditions de vendanges optimales.

Le tableau 3 résume pour chaque millésime les premières et deuxièmes dates de vendanges ainsi que les conditions climatiques entre les deux dates.

Mesures et analyses

Microclimat de la parcelle

Des enregistreurs (Logtag, Auckland, Nouvelle-Zélande) ont été placés dans les vignes afin de mesurer les variations de température et d'humidité relatives (en 2014

sur les parcelles 3, 5 et 8 de septembre à octobre; en 2015 sur les parcelles 3, 5, 6, 7 et 8 de mai à octobre; en 2016 sur les parcelles 3, 6, 7 et 8 d'avril à octobre).

Expression végétative

L'écart de stade phénologique entre les parcelles a été observé au moment de la floraison (taux de floraison observé à une date fixe, sur 50 inflorescences par site). La surface foliaire exposée (m^2/m^2 de sol) a été déterminée d'après la méthode de Carbonneau (1995) après véraison. La vigueur de la vigne a été estimée en hiver à la taille, par la pesée de 50 sarments par site (poids moyen d'un mètre linéaire de sarments, exprimé en g/m).

Alimentation minérale

L'indice chlorophyllien a été mesuré sur des feuilles adultes toutes les trois semaines, deux fois par site dans la zone basale des rameaux (N-tester, Yara, Paris). Le diagnostic foliaire (N, P, K, Ca, Mg) a été réalisé par le laboratoire Sol-Conseil à Gland, sur des échantillons de 25 feuilles principales de la zone des grappes (limbe + pétiole) prélevées chaque année à la véraison, interprétés selon les seuils de références suisses (Spring et Verdenal 2017).

Régime hydrique

La contrainte hydrique globale subie par la vigne pendant la période de maturation du raisin a été estimée par la discrimination isotopique du carbone ($\delta^{13}C$) dans les moûts à la vendange et interprétée selon les seuils de référence établis par Van Leeuwen *et al.* (2009). En 2015, des mesures de potentiel hydrique des feuilles ont été effectuées la nuit selon la méthode de Scholander *et al.* (1965).

Potentiel de rendement

La fertilité des bourgeons a été estimée sur 20 ceps pour chaque variante (nombre moyen de grappes par rameau).

Le poids des grappes a été estimé à partir du rendement effectif sur chaque parcelle et du nombre moyen de grappes restantes après dégrappage sur 20 ceps.

Maturation des raisins

Le suivi hebdomadaire de la maturation des raisins a été réalisé par le laboratoire d'analyses des vins d'Agroscope à Changins, à partir d'échantillons de 200 baies. Les paramètres suivants ont été analysés: poids de baie, sucres solubles, acidité totale (éq. acide tartrique), acides tartrique et malique, pH et azote assimilable par les levures.

Chaque année au début des vendanges, un échantillonnage plus large a été réalisé parmi l'ensemble des vigneronns de la Baronnie du Dézaley, dans le but d'obtenir une vision globale de la composition des raisins de Chasselas sur l'ensemble de l'appellation.

Vinification et analyse sensorielle

A la vendange, 200 kg de raisin par parcelle et par date ont été récoltés et vinifiés séparément à la cave expérimentale d'Agroscope à Changins, selon un protocole défini en accord avec les vigneronns de la Baronnie du Dézaley. Les moûts ont été complétés en azote (30 g N/hL sous forme d'ammonium + thiamine) et chaptalisés en 2014 et 2016 pour atteindre 86°Oe. Les vins ont été analysés par le laboratoire d'analyses des vins d'Agroscope à Changins: alcool, pH, acidité totale, acides tartrique et lactique, glycérol, teneur en polyphénols (indice Folin), caractérisation de la couleur (coordonnées CieLab). L'analyse sensorielle des vins a été réalisée par le panel expert d'Agroscope à Changins suivant des critères de dégustation prédéfinis.

Statistiques

La description des données a été faite par analyses de variances (ANOVA, P values < 0,05) et comparaisons multiples des moyennes (test de Newman-Keuls) avec le programme XLSTAT (Adinsoft, Paris, version 2017).

Résultats

Mesures de la température et de l'humidité relative de l'air, et phénologie

Les capteurs météorologiques, placés dans la zone des grappes, ont mesuré en moyenne durant la période d'avril à octobre une variabilité entre les parcelles du réseau de presque 1°C de température et de 3 % d'humidité relative (résultats non publiés). Au sein de l'appellation Dézaley, l'altitude et la proximité du lac jouent un rôle tangible dans le microclimat des parcelles: le haut du coteau, représenté par la parcelle 1 (Sous-Marsens), a montré un microclimat légèrement plus frais et un peu plus humide; le milieu de coteau, représenté par les parcelles 3 et 4 (Marettaz, Les Côtes), s'est caractérisé par une situation un peu plus chaude et sèche de l'air; et le bas du coteau, représenté par la parcelle 5 (Les Embleyres), bénéficierait de la proximité du lac avec des températures plus douces la nuit et plus tempérées aux heures chaudes de la journée, notamment grâce à une humidité relative légèrement plus élevée.

L'année 2016 a été la plus tardive (floraison 25/06; fin véraison 22/08) des trois années de l'étude. Les par-

celles situées au milieu et au bas du coteau ont chaque année montré une légère avance phénologique uniquement à la floraison (quelques jours).

Alimentation hydrique et minérale de la vigne

Le régime hydrique de la vigne a fortement varié en fonction des millésimes (tabl. 4). En 2015, l'ensemble du réseau a subi une contrainte hydrique, jugée faible à modérée ($\delta^{13}\text{C} = -25,5\text{‰}$) durant la maturation du raisin, malgré les conditions exceptionnellement chaudes du millésime. Les mesures du potentiel hydrique, effectuées le 7 juillet 2015 de nuit sur l'ensemble du réseau, ont confirmé que la contrainte hydrique était modérée, avec des valeurs oscillant entre -4 et -5 bars. En 2016 et en 2014, aucune contrainte hydrique n'a été observée ($\delta^{13}\text{C} < -26,0\text{‰}$) sur les différents sites, à l'exception de la parcelle 3 (Marettaz), qui a présenté une très faible contrainte hydrique en 2014.

L'alimentation azotée du feuillage, mesurée par le diagnostic foliaire, a été très bonne sur l'ensemble du réseau (moyenne 2,17 % de N m.s. sur trois ans). Les teneurs en phosphore ont varié de faible à très bonne (soit de 0,17 à 0,29 % m.s.), avec les valeurs globalement plus basses en 2015. Par rapport à 2014 et 2016, 2015 a présenté des teneurs globalement plus faibles en potassium (moyenne 1,65 % m.s.) et plus élevées en calcium (3,68 %) et magnésium (0,26 %), pointant l'effet d'antagonisme avec les teneurs en K très faibles, notamment dues aux conditions très sèches du millésime.

Expression végétative et potentiel de rendement

L'année 2016 a été la plus tardive (floraison 25/06; fin véraison 22/08). Les parcelles situées au milieu et au bas du coteau ont chaque année montré une légère avance phénologique pendant la floraison (quelques jours) et au premier pointage de maturation.

La surface foliaire exposée (SFE) a varié de 1,2 à 1,8 m² par m² de sol (tabl. 4) : les canopées étaient bien développées sur toutes les parcelles. Le poids des bois de taille a confirmé une bonne vigueur sur l'ensemble du réseau (poids moyen d'un sarment de 52 g/m). La contrainte hydrique modérée de 2015 a entraîné des poids de bois plus faibles cette année-là (moyenne 44 g/m), sans réduire significativement la SFE.

La fertilité des rameaux sur les sites du réseau a varié de 1,3 à 1,8 grappes/bois selon les millésimes. Aucun dégrappage n'a été nécessaire en 2015. Le poids de baie moyen à la vendange a été plus faible en 2015, avec 2,2 g par baie : il a atteint 2,5 g en 2014, et 2,7 g en 2016.

Les rendements obtenus à la première date de vendange étaient proches de 1,0 kg/m² en 2014, de 1,1 kg/m² en 2015 et de 1,4 kg/m² en 2016 (tabl. 5). Les rendements à la deuxième date ont été généralement plus faibles, affichant une perte moyenne de 100 g/m² (-10 %) par parcelle et par millésime, un peu plus élevée en 2014 sur certains sites (-20 %).

Tableau 4 | Données physiologiques et composantes du rendement par année et par parcelle.

Année	Parcelle	Delta ¹³ C (‰)	Surface foliaire exposée (m ² /m ² sol)	Poids bois de taille (g/m)	Fertilité (grappes/bois)	Grappes coupées par cep	Poids grappe (g)	Poids baie (g)
2014	Sous Marsens	-26,1	1,2	53	1,8	1	153	2,8
	Sur le Dezaley	-26,2	1,4	56	1,7	0	214	2,7
	Marettaz	-25,7	1,3	64	1,8	1	131	2,1
	Les Côtes	-26,0	1,2	63	1,6	0	147	2,5
	Les Embleyres	-26,1	1,9	56	1,8	1	200	2,5
2015	Sous Marsens	-24,9	1,5	44	1,3	0	196	2,3
	Sur le Dezaley	-25,2	1,4	42	1,7	0	154	2,2
	Marettaz	-25,8	1,6	39	1,4	0	190	2,1
	Les Côtes	-25,0	1,4	47	1,6	0	132	2,1
	Les Embleyres	-26,2	1,4	46	1,6	0	135	2,2
2016	Sous Marsens	-26,1	1,7	54	1,8	0	255	2,9
	Marettaz	-26,2	1,2	56	1,7	3	113	2,5
	Les Côtes	-26,0	1,5	55	1,7	2	175	2,7
	Les Embleyres	-26,3	1,6	56	1,8	0	161	2,7

Tableau 5 | Résultats d'analyses des moûts, premières et deuxième dates de vendanges, de 2014 à 2016.

Année	Date vendange	Parcelle	Rendement (kg/m ²)	°Oe (densité)	Acidité totale (g/L)	Acide tartrique (g/L)	Acide malique (g/L)	pH	Azote assimilable (mg/L)	Indice maturité (°Oe x 10 / AT)
2014	9 octobre	Sous Marsens	0,8	78	6,5	5,5	3,5	3,52	241	120
		Sur le Dézaley	1,2	74	6,4	5,4	3,6	3,56	221	116
		Marettaz	0,7	82	5,4	5,2	3,1	3,74	220	152
		Les Côtes	0,9	80	5,8	5,5	3,0	3,65	220	138
		Les Embleyres	1,2	79	6,0	5,6	3,4	3,68	265	132
	20 octobre	Sous Marsens	0,7	79	6,3	5,6	3,3	3,63	241	125
		Sur le Dézaley	1,1	77	6,1	5,5	3,2	3,63	217	126
		Marettaz	0,6	85	5,6	5,7	3,0	3,86	220	152
		Les Côtes	1,0	82	5,8	5,6	3,1	3,72	235	141
		Les Embleyres	0,9	84	5,9	5,8	3,2	3,78	252	142
2015	24 septembre	Sous Marsens	1,1	84	5,3	6,0	2,3	3,70	184	158
		Sur le Dézaley	1,2	87	5,3	6,1	1,9	3,60	138	164
		Marettaz	1,2	88	4,7	6,0	1,7	3,80	184	187
		Les Côtes	1,0	91	4,6	6,0	1,5	3,80	160	198
		Les Embleyres	1,1	91	5,3	6,3	2,1	3,70	169	172
	6 octobre	Sous Marsens	1,0	91	5,3	6,7	2,3	3,90	179	172
		Sur le Dézaley	1,1	92	4,9	6,3	1,8	3,80	141	188
		Marettaz	0,9	94	4,5	6,4	1,7	4,00	181	209
		Les Côtes	1,0	97	4,6	6,4	1,5	3,90	153	211
		Les Embleyres	0,9	97	5,3	6,8	2,2	3,90	184	183
2016	17 octobre	Sous Marsens	1,6	75	6,5	6,2	3,8	3,68	261	116
		Marettaz	0,7	84	5,3	5,9	2,8	3,73	203	158
		Les Côtes	1,0	81	5,7	5,9	2,9	3,63	177	142
		Les Embleyres	1,6	79	6,1	6,1	3,1	3,61	192	129
	27 octobre	Sous Marsens	1,5	76	6,3	6,1	3,7	3,70	262	121
		Marettaz	0,6	80	5,4	5,9	2,7	3,71	225	148
		Les Côtes	1,1	82	5,7	5,9	2,8	3,69	190	144
		Les Embleyres	1,4	81	6,1	6,1	3,2	3,67	231	134

Maturité des raisins

Première date de vendange

A la première date de vendange, les teneurs moyennes en sucres étaient de 79°Oe en 2014, 88°Oe en 2015 et 80°Oe en 2016. L'acidité totale moyenne s'élevait à 6,0 g/l en 2014, 5,0 g/l en 2015 et 5,9 g/l en 2016. L'indice de maturité moyen a toutes les années été supérieur à 100 (tabl. 5). Ces résultats sont tout à fait représentatifs de l'appellation Dézaley, comme le confirment les résultats des analyses de moûts réalisées sur un nombre plus important de parcelles appartenant aux membres de la Baronnie du Dézaley (résultats non publiés).

Deuxième date de vendange

Les moûts à la deuxième date ont été légèrement plus concentrés par rapport à la première date, soit un gain moyen de +3°Oe par parcelle et par millésime (+2 en 2014; +6 en 2015; 0 en 2016), -0,1 g/l d'acidité totale, essentiellement dû à la dégradation de l'acide malique, +0,1 de pH et un faible gain en azote assimilable uniquement en 2016 (+19 mg/L). En termes d'indice de maturité, le gain a été moyen en 2014 (+6), bon en 2015 (+16) et nul en 2016 (+1) (tabl. 5). Les conditions climatiques qui ont prévalu entre les deux dates de vendanges ont été déterminantes: l'augmentation de la concentration en sucres et de la valeur du pH des

Tableau 6 | Résultats d'analyses des vins, premières et deuxième dates de vendanges, de 2014 à 2016.

Année	Date vendanges	Parcelle	Alcool (% vol.)	pH	Acidité totale (g/L)	Acide tartrique (g/L)	Acide lactique (g/L)	Glycérol (g/L)	Indice Folin	Clarté (L)	Chroma (C)	Ton (H)
2014	9 octobre	Sous Marsens	11,8	3,65	3,5	1,3	2,2	5,6	6,5	98,8	5,3	100,8
		Sur le Dézaley	11,7	3,66	3,4	1,2	2,3	5,6	6,0	99,3	4,1	102,0
		Marettaz	11,6	3,77	2,8	1,0	2,1	5,9	6,0	98,7	5,1	99,8
		Les Côtes	11,8	3,71	3,1	1,1	2,1	5,5	6,2	98,4	4,7	101,1
		Les Embleyres	11,8	3,78	3,1	1,1	2,2	5,5	6,4	98,5	5,3	101,5
	20 octobre	Sous Marsens	11,7	3,72	3,3	1,2	2,1	5,7	6,6	99,0	4,5	99,3
		Sur le Dézaley	11,9	3,76	3,2	1,1	2,1	5,7	6,3	98,2	4,8	102,0
		Marettaz	11,7	3,82	3,3	0,9	2,1	6,9	7,4	98,1	6,9	97,4
		Les Côtes	11,8	3,79	3,1	1,1	2,2	5,7	7,0	99,1	5,2	101,2
		Les Embleyres	11,9	3,83	3,0	1,0	2,2	5,4	6,5	99,0	4,8	101,8
2015	24 septembre	Sous Marsens	11,9	3,63	2,9	1,2	1,4	5,5	4,8	99,5	3,7	103,9
		Sur le Dézaley	12,2	3,57	3,2	1,3	1,4	6,1	5,2	99,5	4,4	102,9
		Marettaz	12,5	3,68	2,7	1,2	1,2	5,5	5,0	98,4	5,7	101,8
		Les Côtes	13,0	3,66	2,9	1,3	1,1	5,9	5,5	98,4	5,3	101,0
		Les Embleyres	12,7	3,63	3,0	1,2	1,4	6,1	5,5	98,2	5,6	100,8
	6 octobre	Sous Marsens	12,9	3,72	2,8	1,1	1,5	5,7	5,3	98,9	4,7	103,0
		Sur le Dézaley	13,0	3,64	3,1	1,2	1,3	6,3	5,5	99,3	4,9	101,7
		Marettaz	13,3	3,83	2,5	1,0	1,2	6,0	6,3	98,5	6,2	101,8
		Les Côtes	13,8	3,69	3,2	1,3	1,1	6,7	6,5	98,1	7,4	99,6
		Les Embleyres	13,6	3,73	3,1	1,1	1,5	6,8	5,9	97,8	6,4	100,3
2016	17 octobre	Sous Marsens	12,2	3,58	3,3	1,3	2,1	5,4	3,8	98,6	4,2	101,6
		Marettaz	11,9	3,59	3,3	1,1	1,9	6,0	4,7	98,1	5,2	101,6
		Les Côtes	11,8	3,50	3,6	1,3	1,9	6,4	4,0	98,1	4,8	101,4
		Les Embleyres	11,9	3,50	3,5	1,3	1,9	5,8	4,3	97,9	5,5	100,2
	27 octobre	Sous Marsens	12,1	3,64	3,1	1,2	1,9	5,7	4,5	98,4	5,1	100,4
		Marettaz	11,8	3,57	3,3	1,2	1,8	5,9	5,1	97,9	6,1	101,0
		Les Côtes	11,9	3,57	3,2	1,2	1,7	5,8	5,1	97,8	5,9	100,7
		Les Embleyres	11,9	3,57	3,4	1,4	1,7	5,5	4,9	97,9	6,4	100,7

moûts, observés entre la première et la deuxième date de vendange en 2015, s'explique en grande partie par des conditions sèches (faibles précipitations) et une excellente insolation durant la période séparant les deux dates de vendanges (tabl. 3). En 2016 par contre, les précipitations élevées et les températures fraîches relevées entre les deux dates de vendanges permettent de comprendre que la maturité des raisins n'ait pas beaucoup évolué. Une situation intermédiaire a prévalu en 2014, la teneur en sucres et le pH des moûts ayant très légèrement augmenté en raison de températures clémentes et de faibles précipitations.

Suivi de maturation

Globalement, le haut du coteau (site 3) a présenté les indices de maturité les plus faibles tout au long de

la maturation, alors que le bas du coteau a montré les indices les plus élevés (sites 3, 4, 5) (résultats non publiés). Les acidités, plus importantes en haut du coteau, ont été très élevées en début de maturation (mi-août), puis les différences entre parcelles se sont estompées en cours de maturation et ont fortement diminué à l'approche des vendanges. Cependant, les écarts de pH restent relativement constants jusqu'aux vendanges ($\pm 0,3$). Les teneurs moyennes en azote assimilables ont été de 233 mg/l en 2014, 167 mg/l en 2015 et 208 mg/l en 2016; elles ont été généralement bonnes et ont peu évolué en cours de maturation.

Profils parcelaires de maturation

L'évolution de la maturation a été relativement stable au sein du réseau, malgré l'influence du millésime, qui

Tableau 7 | Résultats d'analyse sensorielle des vins, premières et deuxièmes dates de vendange, de 2014 à 2016. Dégustation par date de vendange; comparaison des sites; moyennes du panel (notes de 1 à 7). Les données suivies de lettres différentes sont statistiquement différentes (P value < 0,05).

Année	Date vendange	Parcelle	Intensité colorante	Oxydé	Fruité	Végétal	Lactique	Empyreumatique	Qualité-finesse	Volume	Acidité	Equilibre	Impression générale					
2014	9 octobre	Sous Marsens	4,0	1,0	3,9	2,2	1,5	1,0	4,1	4,4	3,8	4,3	4,1					
		Sur le Dézaley	3,9	1,0	4,2	2,0	1,4	1,0	4,3	4,3	3,7	4,4	4,3					
		Marettaz	4,0	1,0	4,3	1,5	1,4	1,1	4,5	4,6	3,7	4,4	4,6					
		Les Côtes	3,9	1,0	3,9	1,7	1,4	1,1	4,1	4,4	3,7	4,3	4,2					
		Les Embleyres	4,0	1,0	4,1	2,0	1,3	1,1	4,2	4,5	3,7	4,5	4,3					
	20 octobre	Sous Marsens	3,8	A	1,0	B	3,8	2,2	1,3	1,1	4,0	A	4,2	3,9	4,1	BC	4,0	A
		Sur le Dézaley	3,9	A	1,0	B	4,1	1,9	1,3	1,1	4,1	A	4,3	3,8	4,3	AB	4,1	A
		Marettaz	4,5	B	1,9	A	3,7	2,0	1,7	1,1	3,6	B	4,3	3,6	3,9	C	3,6	B
		Les Côtes	3,9	A	1,0	B	4,0	2,0	1,5	1,0	4,2	A	4,4	3,7	4,3	AB	4,2	A
		Les Embleyres	3,9	A	1,0	B	4,0	2,1	1,5	1,1	4,0	A	4,5	3,7	4,5	A	4,2	A
2015	24 septembre	Sous Marsens	4,1	1,0	4,6	1,8	1,3	1,0	4,5	A	4,7	3,9	4,4	4,5	A			
		Sur le Dézaley	4,2	1,0	4,1	1,7	1,2	1,0	3,9	B	4,6	4,0	4,3	4,2	B			
		Marettaz	4,4	1,0	4,6	1,5	1,4	1,0	4,7	A	5,0	3,9	4,7	4,8	A			
		Les Côtes	4,3	1,0	4,4	1,7	1,4	1,0	4,5	A	4,8	3,9	4,6	4,6	A			
		Les Embleyres	4,4	1,0	4,5	1,8	1,4	1,0	4,5	A	4,8	3,9	4,6	4,6	A			
	6 octobre	Sous Marsens	4,3	B	1,0	4,5	1,8	1,5	1,0	4,6	4,8	4,0	4,6	4,7				
		Sur le Dézaley	4,3	B	1,0	4,5	1,4	1,5	1,1	4,6	4,8	3,9	4,5	4,6				
		Marettaz	4,5	AB	1,0	4,8	1,5	1,6	1,1	4,7	5,0	3,9	4,7	4,9				
		Les Côtes	4,7	A	1,0	4,8	1,3	1,4	1,1	4,7	5,0	3,8	4,6	4,7				
		Les Embleyres	4,5	AB	1,0	4,6	1,4	1,4	1,0	4,6	5,0	4,0	4,7	4,8				
2016	17 octobre	Sous Marsens	4,1	1,0	4,6	1,6	1,5	1,0	4,6	A	4,5	4,0	4,5	4,5	A			
		Marettaz	4,2	1,0	4,5	1,5	1,5	1,0	4,5	A	4,4	3,9	4,4	4,4	A			
		Les Côtes	4,2	1,0	4,2	1,7	1,6	1,0	4,2	B	4,4	4,0	4,3	4,1	B			
		Les Embleyres	4,3	1,0	4,3	1,6	1,4	1,0	4,3	AB	4,4	4,0	4,3	4,3	AB			
	27 octobre	Sous Marsens	4,2	1,0	4,5	1,7	1,4	1,0	4,6	4,6	3,9	4,4	4,6					
		Marettaz	4,3	1,0	4,3	1,7	1,3	1,0	4,5	4,6	4,0	4,4	4,5					
		Les Côtes	4,3	1,1	4,1	1,8	1,6	1,0	4,3	4,6	4,0	4,4	4,4					
		Les Embleyres	4,4	1,0	4,1	1,9	1,4	1,0	4,3	4,5	4,0	4,3	4,4					

a conféré à chaque parcelle un «profil de maturation». En moyenne sur trois ans, les tendances suivantes sont ressorties :

- Site 1 – Sous Marsens: teneur en sucres plus faible, acidité plus élevée, pH moyen, teneur en azote assimilable moyenne (2014, 2015) puis élevée en 2016;
- Site 2 – Sur le Dézaley: teneur en sucres moyenne, acidité moyenne, pH moyen;
- Site 3 – Marettaz: poids de baie plus faible, indice de maturité le plus élevé, teneur en sucres élevée, acidité faible, pH élevé, teneur en azote assimilable moyenne;
- Site 4 – Les Côtes: teneur en sucres moyenne, acidité moyenne à faible, pH élevé, teneur en azote assimilable moyenne à faible (2016);
- Site 5 – Les Embleyres: indice de maturité élevé, teneur en sucres élevée, acidité faible, pH élevé, teneur en azote assimilable élevée.

Composition des vins

Première date de vendange

Les vins issus de la première date de vendange étaient composés en moyenne de 11,8 % vol. en 2014, 12,4 en

Tableau 8 | Résultats d'analyse sensorielle des vins, de 2014 à 2016. Dégustation par site et par millésime; comparaison des dates de vendange 2 à 2; moyennes du panel (notes de 1 à 7). Les données en gras sont statistiquement différentes (P value < 0,05).

Année	Parcelle	Date	Intensité colorante	Oxydé	Fruité	Végétal	Minéral	Lactique	Empyreumatique	Qualité-finesse	Volume	Acidité	Equilibre	Impression générale
2014	Sous Marsens	9 octobre	4,3	1,0	4,3	2,2	1,9	1,9	1,0	4,3	4,7	3,6	4,7	4,5
		20 octobre	4,1	1,0	4,5	2,1	2,0	1,7	1,0	4,7	4,6	3,7	4,7	4,6
	Sur le Dézaley	9 octobre	4,2	1,0	4,3	2,4	2,2	1,8	1,0	4,5	4,7	3,9	4,6	4,6
		20 octobre	4,3	1,0	4,3	2,3	2,5	1,8	1,0	4,4	4,8	3,7	4,7	4,6
	Marettaz	9 octobre	4,2	1,0	4,5	1,9	2,2	1,8	1,0	4,7	5,0	3,6	4,8	4,9
		20 octobre	4,5	1,5	4,2	2,1	2,1	1,9	1,0	4,1	4,9	3,5	4,7	4,4
	Les Côtes	9 octobre	4,2	1,0	4,2	2,5	2,3	1,7	1,0	4,5	4,9	3,8	4,7	4,6
		20 octobre	4,3	1,0	4,3	2,3	2,2	1,8	1,0	4,5	4,8	3,7	4,5	4,7
	Les Embleyres	9 octobre	4,4	1,0	4,5	2,3	2,0	2,1	1,0	4,5	4,9	3,7	4,8	4,7
		20 octobre	4,1	1,0	4,4	2,7	1,9	1,7	1,0	4,5	4,8	3,7	4,7	4,6
2015	Sous Marsens	24 septembre	4,0	1,0	4,4	1,8	1,6	1,3	1,0	4,5	4,8	4,0	4,8	4,6
		6 octobre	4,1	1,1	4,3	1,8	1,7	1,5	1,1	4,3	5,0	3,9	4,8	4,6
	Sur le Dézaley	24 septembre	4,1	1,1	4,4	1,8	1,4	1,4	1,0	4,4	4,7	4,1	4,7	4,5
		6 octobre	4,2	1,0	4,7	1,6	1,4	1,5	1,0	4,6	5,0	4,0	4,8	4,7
	Marettaz	24 septembre	4,3	1,0	4,8	1,6	1,7	1,6	1,0	4,7	4,9	3,9	4,9	4,8
		6 octobre	4,5	1,0	4,9	1,5	1,7	1,8	1,2	4,8	5,1	3,8	4,9	4,9
	Les Côtes	24 septembre	4,2	1,0	4,7	1,6	1,5	1,7	1,0	4,7	4,8	3,9	4,9	4,8
		6 octobre	4,7	1,0	4,6	2,0	1,7	1,9	1,1	4,5	5,1	3,8	4,8	4,7
	Les Embleyres	24 septembre	4,3	1,0	4,6	1,7	1,7	1,6	1,0	4,6	4,8	4,0	4,8	4,7
		6 octobre	4,6	1,0	4,7	1,7	1,7	1,8	1,1	4,6	5,1	3,7	4,7	4,7
2016	Sous Marsens	17 octobre	4,0	1,0	4,5	1,6	1,4	1,5	1,0	4,6	4,6	4,1	4,7	4,6
		27 octobre	4,2	1,0	4,7	1,4	1,6	1,6	1,0	4,7	4,8	4,0	4,8	4,8
	Marettaz	17 octobre	4,1	1,0	4,5	1,6	1,7	1,6	1,0	4,6	4,6	4,2	4,6	4,6
		27 octobre	4,3	1,1	4,4	1,8	1,7	1,9	1,0	4,5	4,8	4,0	4,6	4,7
	Les Côtes	17 octobre	4,0	1,0	4,4	1,7	1,5	1,4	1,0	4,5	4,5	4,2	4,5	4,4
		27 octobre	4,3	1,0	4,7	1,4	1,5	1,5	1,0	4,7	4,8	4,1	4,8	4,8
	Les Embleyres	17 octobre	4,1	1,0	4,6	1,6	1,4	1,6	1,0	4,6	4,5	4,2	4,5	4,5
		octobre	4,4	1,0	4,8	1,5	1,5	1,7	1,0	4,8	4,7	4,1	4,7	4,8

2015 et 11,9 en 2016 : ces résultats sont relativement homogènes en raison de la chaptalisation réalisée en 2014 et 2016. L'acidité totale des vins, les teneurs en glycérol et l'indice Folin (concentration de polyphénols) sont indiqués dans le tableau 6. Les fermentations malolactiques ont toutes été complètes.

Deuxième date de vendange

Les teneurs en alcool des premières et deuxièmes dates ont été similaires en 2014 et 2016 en raison de la chaptalisation réalisée. En 2015 (pas de chaptalisation), un gain moyen de +0,9 % vol. a été observé.

Globalement, pour les trois années, le pH moyen à la deuxième date a augmenté de 0,1 chaque année; les acidités totale et tartrique n'ont pas baissé significativement; les vins étaient globalement plus riches en polyphénols (indice Folin +0,6) (tabl. 6). Les coordonnées CieLab, permettant de caractériser la couleur des vins, ont montré peu de variation en intensité (moyenne clarté 98,5 ± 0,5), mais plutôt une modification de teinte, avec une couleur jaune plus intense et dorée (moyenne gain Chroma +0,8) pour les vins issus de la deuxième date de vendange.

Dégustation des vins

La dégustation des vins, réalisée en fonction des sites pour chaque date de vendange, a permis de montrer quelques petites différences entre les terroirs (tabl. 7). En 2014, les vins issus des différents sites ont été jugés très proches quelle que soit la date de vendange : seul le site 3 (Marettaz) s'est signalé en deuxième date à cause d'un léger défaut œnologique. Lors de la première date de vendange de 2015, le site 2 (Sur le Dézaley) a été pénalisé pour la finesse de son bouquet, relativement moins expressif, et par conséquent pour la moins bonne impression générale. En deuxième date de vendange de la même année, le site 4 (Les Côtes) s'est distingué pour son intensité colorante plus élevée par rapport aux sites 1 (Sous Marsens) et 2 (Sur le Dézaley). En 2016, les vins ont été différenciés seulement en première date, avec une très légère meilleure qualité du bouquet et une meilleure impression générale pour les sites 1 (Sous Marsens) et 3 (Marettaz).

La dégustation des vins, effectuée en fonction de la date de vendange (comparaison entre la première et la deuxième date) pour chaque site et par millésime a permis de mettre en valeur l'incidence de la date de vendange (tabl. 8). En 2014, seul le site 1 (Sous Marsens) a eu un bouquet plus fin en deuxième date. Les différences sont plus marquées en 2015 : tous les sites à l'exception du site 5 (Les Embleyres) ont été notés plus volumineux en deuxième date. De plus, les sites 4 (Les Côtes) et 5 (Les Embleyres) présentaient une intensité colorante plus soutenue. En 2016, tous les sites ont eu une intensité colorante plus importante en deuxième date. De plus, le site 4 (Les Côtes) était plus volumineux en deuxième date. Enfin, les sites 4 (Les Côtes) et 5 (Les Embleyres) ont donné une meilleure impression générale en deuxième date. Les vendanges plus tardives ont eu un impact globalement positif sur la qualité des vins – en aucun cas négatif – surtout en 2015 et 2016.

Conclusion

- Les conditions climatiques du millésime ont joué un rôle déterminant sur la qualité des raisins et des vins : les températures et précipitations de l'année ont agi de façon dominante sur la précocité, la vigueur, le rendement et la pression des maladies fongiques.
- La date de vendange a eu une influence plus ou moins marquée en fonction du millésime. Le fait de vendanger une dizaine de jours plus tard a tout de même montré des bénéfices en termes de composition des raisins et de qualité des vins : ainsi, l'impact sur l'indice de maturité ($^{\circ}\text{Oe} \times 10 / \text{AT}$; Simon *et al.* 1977) a été moyen en 2014 (+7), élevé en 2015 (+14) et nul en 2016. Les conditions météorologiques entre les deux dates de vendanges ont été déterminantes.
- Les vins ont globalement gagné en intensité colorante et en volume, surtout en 2015 et 2016. En aucun cas les vendanges plus tardives n'ont impacté négativement la qualité des vins.
- Une baisse de rendement accompagne souvent les vendanges plus tardives. Cette perte a été variable en fonction des conditions du millésime, en moyenne -10 % sur trois ans dans le cadre de cette étude.
- Le choix de la date de vendange reste donc à déterminer chaque année en fonction des conditions du millésime. Si les conditions météorologiques et l'état phytosanitaire des raisins sont favorables, il devient alors bénéfique de vendanger plus tard avec un gain de qualité significatif.
- L'indice de maturité a montré une grande variabilité d'une année à l'autre et ne présente pas de valeur optimale. Il est par conséquent difficile de l'utiliser comme un outil d'aide à la décision concernant la date de vendange. ■

Remerciements

Nous tenons à remercier chaleureusement les viticulteurs de la Baronnie du Dézaley, et particulièrement leur président Luc Massy, pour leur confiance et leur soutien financier. Merci à tous nos collègues d'Agroscope ayant participé à cette étude, notamment Laurent Amiet, Philippe Seixas et Isabelle Pillet pour les vinifications, Frédéric Vuichard pour les analyses des moûts et des vins. Un grand merci également à nos stagiaires Benoît Villedey et Alexandre Thil (Ecole supérieure d'Agriculture, Angers) pour leur aide et leur dévouement dans la collecte et la synthèse de ces données.

Bibliographie

- Blouin J. & Guimberteau G., 2000. *Maturation et maturité des raisins*. 152 p. Féret, Bordeaux.
- Carbonneau A., 1995. *La surface foliaire exposée potentielle. Guide pour sa mesure. Progr. Agric. Vitic.* **112**, 204-212.
- Carbonneau A., Deloire A. & Jaillard B., 2007. *La vigne. Physiologie, terroir, culture*. 444 p. Dunod, Paris.
- Murisier F. & Zufferey V., 1997. Rapport feuille-fruit de la vigne et qualité du raisin. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **29**, 355-362.
- Murisier F. & Zufferey V., 2005. Essai de conduite et de taille sur Pinot noir, Gamay et Chasselas. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **37**, 319-325.
- Murisier F. & Zufferey V., 2006. Influence de la densité de plantation et de la hauteur de la haie foliaire sur la qualité des raisins et des vins. Essai sur Chasselas à Leytron (VS). *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **38**, 271-276.
- Reynard J.-S., V. Zufferey, G. N. Nicol & Murisier F., 2011. Vine water status as a parameter of the «terroir» effect under non-irrigated conditions of the Vaud viticultural area (Switzerland). *J. Int. Sci. Vigne Vin* **45** (3), 139-147.
- Scholander P. F., Bradstreet E. D., Hemmingsen E. A. & Hammel H. T., 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science* **148**, 339-346.
- Spring J.-L., 2004a. Influence de la date de vendange sur la qualité des vins de Gamaret. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **36** (3), 159-163.
- Spring J.-L., 2004b. Influence de la date de vendange sur la qualité des vins de Garanoir. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **36** (6), 361-365.
- Spring J.-L., Zufferey V., Dienes-Nagy Á., Lorenzini F., Frey U., Thibon C., Darriet P. & Viret O., 2014. Effet de l'alimentation azotée sur le comportement et la typicité des vins de l'Arvine. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **46** (4), 244-253.
- Spring J.-L. & Verdenal T., 2017. Fertilisation en viticulture. Chapitre 12 dans *Principes de fertilisation des cultures agricoles en Suisse, Recherche agronomique suisse (hors-série)*.
- Verdenal T., Zufferey V., Spring J. L., Röstli J., Dienes-Nagy Á., Lorenzini F., Wolfender J. L., Spangenberg J. E., Burgos S., Gindro K. & Viret O., 2016. *Complémentation foliaire azotée du cépage Vitis vinifera Doral dans le canton de Vaud. Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **48** (4), 238-245.
- Zufferey V. & Maigre D., 2008. Age de la vigne. 2. Influence sur la qualité des raisins et des vins. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **40** (4), 241-245.
- Zufferey V. & Murisier F., 1997. Orientation des rangs de vigne et interception de l'énergie lumineuse par le feuillage. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **29**, 239-243.

■ **Summary** Influence of Harvest Date on Chasselas Grape and Wine Quality in Dézaley

A three-year study on the influence of harvest date on grape and wine quality of the Chasselas grape variety was carried out on a network of experimental fields in the Lavaux region (Grand Cru du Dézaley). The harvest was carried out each year on two set dates ten days apart. The grapes were pressed and the wines analysed and tasted. The results show that the late harvest has an influence on wine quality, and is often linked with a harvest loss of around 10% on average. The influence, however, varied depending on weather conditions at the end of the ripening period and on disease pressure at the time of the harvest: in dry, sunny years like 2015, the late harvest led to richly coloured, full-bodied wines with minimum harvest loss. By the same token, a hot, humid harvest year with high pressure from fungal diseases, as in 2014, brought higher harvest losses (20%) and an insignificant improvement in wine quality. The late harvest date had no impact on harvest quality.

Key words: harvest, maturity index, grape maturity, wine quality

■ **Zusammenfassung** Einfluss des Erntezeitpunktes auf die Trauben- und Weinqualität bei Chasselas in Dézaley

Auf einem Netz von Versuchsfeldern in der Region Lavaux (Grand Cru du Dézaley) wurde in einer dreijährigen Studie der Einfluss des Erntezeitpunktes auf die Trauben- und Weinqualität bei der Sorte Chasselas untersucht. Die Ernte erfolgte jedes Jahr an zwei festgelegten Daten mit jeweils zehn Tagen Abstand. Die Trauben wurden gekeltert und die Weine analysiert und degustiert. Die Resultate zeigen, dass die späte Ernte einen Einfluss auf die Weinqualität hat und häufig mit einem Ernteverlust von durchschnittlich ca. 10% verbunden ist. Der Einfluss war jedoch unterschiedlich je nach Wetterbedingungen am Ende der Reifeperiode und dem Krankheitsbefall im Zeitpunkt der Ernte: in trockenen und sonnigen Jahren wie 2015 führte die späte Ernte zu farben- und volumenreichen Weinen mit einem minimalen Ernteverlust. Umgekehrt brachte ein heisses und feuchtes Erntejahr mit einem hohen Druck an Pilzkrankheiten wie 2014 höhere Ernteverluste (20%) und eine nicht signifikante Verbesserung der Weinqualität. Auf die Qualität der Ernte hatte der späte Erntezeitpunkt keinen Einfluss.

■ **Riassunto** Influsso della data della vendemmia sulla qualità dell'uva e dei vini di Chasselas a Dézaley

Una rete di particelle sperimentali nella regione viticola del Lavaux (Grand Cru du Dézaley) è stata analizzata durante tre anni al fine di valutare l'influenza della data della vendemmia sulla qualità dell'uva e dei vini. Ogni anno sono state stabilite due date per la vendemmia con una decina di giorni di differenza. L'uva è stata vinificata e i vini sono stati analizzati e degustati. Durante il periodo esaminato è stato dimostrato l'impatto delle vendemmie più tardive sulla qualità dei vini, spesso associato a una perdita della resa pari in media a circa il 10 per cento. Gli effetti di una vendemmia più tardiva sono tuttavia stati variabili in funzione delle condizioni meteorologiche del periodo della fine della maturazione e dello stato sanitario al momento della vendemmia: nel contesto di un'annata secca e soleggiata come il 2015, le vendemmie più tardive hanno permesso di ottenere vini più ricchi dal profilo del colore e del volume con una perdita di resa minima. Al contrario un'annata calda e umida con una forte pressione di malattie fungine, come il 2014, ha comportato una perdita di resa più importante (20%) e un esiguo miglioramento della qualità dei vini. Le vendemmie tardive non hanno avuto in nessun caso effetti negativi sulla qualità della vendemmia.

Collection La Vigne

Le volume 3 Maladies virales et bactériennes paraîtra en juillet 2019

Les virus et les bactéries sont à l'origine d'un grand nombre de maladies qui induisent d'importants dégâts économiques et qui peuvent mettre en péril certains vignobles.

Les maladies sont richement illustrées et traitées en considérant les connaissances les plus récentes en la matière. L'ouvrage présente également les méthodes modernes du diagnostic sérologique et moléculaire, les mesures de lutte prophylactique et d'assainissement.

Parution: juillet 2019



LA VIGNE

VOLUME
3

**MALADIES
VIRALES ET
BACTERIENNES**

**JEAN-SEBASTIEN REYNARD
SANTIAGO SCHAEERER
KATIA GINDRO
OLIVIER VIRET**

PRIX

Informations disponibles dès le mois de mai 2019
(voir www.revuevitiarbohorti.ch)
Souscription à un tarif préférentiel: du 15 mai
au 30 juin 2019

COMMANDES

AMTRA, Avenue des Jordils 5, 1006 Lausanne
Téléphone: +41 21 614 04 77, info@revuevitiarbohorti.ch
www.revuevitiarbohorti.ch

Chère cliente, cher client,

Après de nombreuses années passées à votre service, il est temps pour moi d'envisager la retraite. Souhaitant transmettre mon activité de distribution de matériel pour les pépiniéristes et les viticulteurs, j'ai cherché un repreneur que j'ai trouvé avec l'entreprise Liniger agro SA. Liniger agro SA est à même d'assurer le conseil et la livraison de tous mes produits dans la continuité de mes valeurs de proximité et de qualité.

La transmission se fera tout en douceur puisque je continuerai à travailler dans l'entreprise et transmettrai mes connaissances au fur et à mesure.



Grand-Rue 8 – 1297 Founex
Tél. 022 776 21 86 – Fax 022 776 86 21 – Mobile 079 353 70 52
E-mail: kilchherrjf@gmail.com – www.kilchherr.net

Liniger agro SA est une société familiale active dans la distribution de produits phytosanitaires, de semences, d'engrais et autres produits liés au monde agricole, viticole, maraîcher, arboricole, horticole et pépiniériste.

Votre interlocuteur privilégié au sein de Liniger agro SA sera Jean-Yves Suardet, atteignable au 079 332 24 21 ou par e-mail: jy.suardet@linigeragro.ch. Vous pouvez bien entendu contacter votre conseiller habituel si vous le souhaitez.

Pour ma part, je reste à votre disposition au 079 353 70 52 et vous remercie pour la confiance que vous m'avez témoignée tout au long de ces années et que vous ne manquerez pas, j'en suis certain, de témoigner également à l'avenir à l'entreprise Liniger agro SA.

Avec mes salutations cordiales,

Jean-François Kilchherr

Alphatec



vous accompagne pour l'entretien de vos cultures

1348 Method Tél: 024 442 85 40

alphatec@alphatec-sa.ch

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



Production garantie ZP-d4
Passaport phytosanitaire n° CH 20065

PÉPINIÈRES VITICOLES

Domaine Barichet

Chemin de Champ-Belluet 4 - 1807 Blonay
Port. 079 212 81 38 - Tél. 021 943 26 07
info@domainebarichet.ch

**Artisan pépiniériste
depuis cinquante ans**



Humagne rouge

Influence du porte-greffe sur l'alimentation minérale et hydrique et sur la vigueur dans les conditions du Valais central

Jean-Laurent SPRING¹, Vivian ZUFFEREY¹, Thibaut VERDENAL¹, Fabrice LORENZINI², Laurent AMIET² et Christophe CARLEN³

¹ Agroscope Pully, 1009 Pully, Suisse,

² Agroscope Changins, 1260 Nyon, Suisse,

³ Agroscope Conthey, 1964 Conthey, Suisse

Renseignements : Jean-Laurent Spring, tél. +41 58 468 65 63, e-mail : jean-laurent.spring@agroscope.admin.ch, www.agroscope.ch



Le comportement de l'Humagne rouge, cépage largement cultivé en Valais, est fortement influencé par le choix du porte-greffe.

Introduction

L'Humagne rouge est un cépage qui, en Suisse, est essentiellement cultivé en Valais. En 2017, il y couvrait une surface de 141 ha selon les statistiques de l'Office fédéral de l'agriculture. Ce cépage d'origine valdôtaine est signalé dès le XIX^e siècle dans le val d'Aoste sous l'appellation de Cornalin. Il s'agit de son nom officiel, ce qui n'est pas sans causer une confusion avec le

vocabulaire de Cornalin utilisé pour rebaptiser, dans les années 1970, le Rouge du Pays du Valais central (Vouillamoz 2003; Vouillamoz 2017). L'Humagne rouge est un cépage susceptible de fournir des vins très originaux et de qualité, pour autant que sa vigueur et sa production soient maîtrisées. De plus, l'Humagne rouge est un cépage très tardif (3^e époque) qui réagit de manière très sensible à des variations d'alimentation hydrique. En absence de restriction en eau, il est souvent d'une vigueur excessive, avec des maturations difficiles et une sensibilité accrue au phénomène de folletage des grappes (Dupraz et Spring 2010, Zufferey *et al.* 2015). Compte tenu de ces exigences particulières, il paraissait intéressant d'étudier l'influence du choix du porte-greffe sur les aspects physiologiques, agronomiques et œnologiques. Cette publication tire un bilan partiel des expérimentations portant sur le choix du porte-greffe et son incidence sur la vigueur et la production du cépage ainsi que sur la nutrition minérale et hydrique du greffon. Cette étude a été conduite avec six porte-greffe de 1999 à 2016 sur le domaine expérimental d'Agroscope à Leytron (VS).

Matériel et méthodes

Site expérimental, sol et climat

L'essai a été implanté sur le domaine expérimental de la Station de recherche Agroscope à Leytron (VS), sur un sol composé d'alluvions récents (cône de déjection) sableux, profond et très caillouteux (5 % d'argile, 15 % de silt et 80 % de sable). Les analyses du sol (0-20 cm) et du sous-sol (30-50 cm) montrent une composition alcaline (pH 8,1-8,3), très calcaire (44-45 % de calcaire total) avec un taux de matière organique satisfaisant (1,7-1,4 %). La teneur en éléments fertilisants déterminée par extraction à l'eau (rapport 1: 10) et par extraction à l'acétate d'ammonium EDTA (rap-

port 1: 10) dénote un niveau de fertilité normal pour P et K et normal à élevé pour Mg. Durant toute la période de l'expérimentation, seule une fumure d'entretien potassique (75 kg K₂O/ha) a été appliquée annuellement à partir de la quatrième année de végétation. A Leytron, la moyenne pluriannuelle des températures durant la période de végétation (du 15 avril au 15 octobre) est de 15,5°C et les précipitations annuelles moyennes s'élèvent à 636 mm.

Dispositif expérimental

L'essai est organisé en blocs randomisés avec quatre répétitions de 13 souches par variante. Les ceps sont conduits en Guyot simple (140 x 90 cm). La plantation a été effectuée en 1995. Le clone d'Humagne rouge (RAC 38) utilisé a été sélectionné à la Station de recherche Agroscope. Les porte-greffe suivants ont été testés:

Groupe des *V. riparia* x *V. rupestris*

- 3309 (Couderc): porte-greffe utilisé dans des sols ne prédisposant pas à la chlorose ferrique. En Valais, ce porte-greffe n'a été utilisé que relativement récemment avec le cépage Humagne rouge.
- 101-14 (Millardet et de Grasset): peu ou pas représenté dans la région. Il est réputé plus sensible à la chlorose ferrique que le 3309 C. Il a été retenu en raison de son niveau de vigueur réputé plus faible que le 3309 C et de l'effet généralement positif qui lui est attribué sur les aspects qualitatifs (Cordeau 1998).

Groupe des *V. riparia* x *V. berlandieri*

- 5BB (Kober): en raison de son bon comportement dans les sols calcaires, il s'agit du porte-greffe le plus fréquemment utilisé dans la région avec le cépage Humagne rouge. Il fait office de référence dans cet essai.
- 161-49 (Couderc): peu représenté traditionnellement dans la région, il a été testé dans le cadre d'études en vue de la reconstitution du vignoble (Leyvraz 1946; Leyvraz 1950) et a été recommandé pour des sols cailouteux, perméables et profonds. Il ne s'est pas développé en raison de sa vigueur jugée trop faible à l'époque. Il peut se révéler sensible à la formation de thylles dans les vaisseaux conducteurs, pouvant se traduire dans les cas extrêmes par la mortalité de certaines souches sur des vignes en période d'installation.

Groupe des *V. vinifera* x *V. berlandieri*

- 41 B (Millardet et de Grasset): longuement étudié lors de la phase de reconstitution du vignoble (Leyvraz 1946; Leyvraz 1950), où il a été recommandé pour des sols très calcaires et perméables; il est très peu répandu dans la région en raison de son développement initial très lent.

Résumé L'influence du porte-greffe sur l'alimentation minérale et hydrique et sur la vigueur de l'Humagne rouge a été étudiée sur le domaine expérimental de la Station de recherche Agroscope à Leytron (VS) de 1999 à 2016. Les porte-greffe testés ont été les suivants: 3309 C, 5BB, Fercal, 41B MGt, 101-14 MGt et 161-49 C. Le porte-greffe a surtout influencé la vigueur et l'alimentation minérale du greffon. Les porte-greffe 41B MGt et 161-49 C se sont révélés moins vigoureux et ont induit une plus faible alimentation azotée et potassique. Le 41B MGt et le 161-49 C ont produit des vins un peu plus acides. Les porte-greffe 41 B MGt, 161-49 C et 101-14 MGt ont montré une sensibilité un peu plus grande au stress hydrique.

Hybride de *V. Vinifera* x *V. berlandieri* x *V. longii*

- Fercal (INRA): porte-greffe assez récent et utilisé pour des sols très chlorosants. Son comportement végétatif et son influence sur la maturité du raisin sont encore peu décrits par rapport aux témoins classiques dans le vignoble suisse.

Contrôles effectués

Vigueur

La vigueur a été mesurée par le pesage des bois de taille, de 1999 à 2016.

Rendement

Le rendement a été contrôlé. La récolte a été limitée chaque année en juillet avec le maintien de 5 grappes par cep pour l'ensemble des variantes.

Alimentation minérale

Diagnostic foliaire: détermination des taux d'azote, phosphore, potassium et magnésium des feuilles (limbe et pétiole) situées dans la zone des grappes à la véraison, de 1999 à 2016.

Détermination dans les moûts de la teneur en potassium de 2012 à 2016 et de l'azote assimilable par les levures, de 1999 à 2016, selon la méthode proposée par Aerny (1996).

Alimentation en eau

L'alimentation en eau de la vigne a été estimée par la méthode de la discrimination isotopique du carbone >

(ΔC^{13} , rapport $^{13}C/^{12}C$) dans les moûts à la vendange (Avice *et al.* 1996). Le ΔC^{13} indique le niveau de contrainte hydrique subi par la vigne de la véraison à la récolte.

Pourriture et folletage des grappes

Le pourcentage de la récolte affectée par *Botrytis cinerea* et par le phénomène de folletage des grappes (Spring et Siegfried 2007) a été contrôlé sur 50 grappes par répétition.

Vinifications

De 2012 à 2016, les différentes variantes ont fait l'objet d'une vinification selon un protocole standard. Les moûts n'ont pas été corrigés en azote assimilable, ni désacidifiés. Les analyses courantes des vins et des moûts ont été effectuées selon le *Manuel suisse des denrées alimentaires*.

Résultats et discussion

Influence du porte-greffe sur la vigueur et la production

Les données relatives à la vigueur, contrôlée par le pesage des bois de taille, sont réunies dans la figure 1. Les contrôles ont débuté en cinquième année. Le niveau de vigueur moyen constaté durant l'ensemble de la période de l'essai montre un groupe de porte-greffe vigoureux (3309 C, 5BB, Fercal et 101-14 MGt). Diverses sources (Cordeau 1998; IFV 20 07) attribuent généralement une vigueur inférieure pour 101-14 MGt

par rapport à 3309 C, Fercal et 5BB, ce qui n'a pas été observé dans cet essai. Dans ce groupe, le 5BB s'est révélé légèrement moins vigoureux, et ceci de manière significative. Le porte-greffe 161-49C a présenté une position intermédiaire, alors que le 41B MGt a été le moins vigoureux. Les différences constatées entre le groupe de porte-greffe vigoureux et 41 B MGt ainsi que 161-49 C semblent plus marquées durant les dix premières années. Cet écart s'est nettement réduit en fin d'expérimentation, traduisant une installation plus lente de ces deux porte-greffe et plus particulièrement de 41 B MGt. Les variations interannuelles sont essentiellement liées au climat de l'année et en particulier aux précipitations, qui sont pour les conditions du Valais central le facteur limitant principal. La vigueur exceptionnellement élevée enregistrée en 2007, année à la pluviométrie estivale record dans cette région, en est la parfaite illustration.

La vigueur relativement faible conférée par le porte-greffe 41B MGt dans les conditions pédoclimatiques du Valais central confirme des observations antérieures effectuées sur Pinot noir dans un réseau de parcelles situées dans la région de Sierre et Salgesch (Spring *et al.* 2005), ainsi que des essais conduits sur le domaine Agroscope de Leytron sur Pinot noir (Spring *et al.* 2016) et Cornalin (Spring *et al.* 2012). Les données issues d'autres régions viticoles attribuent généralement un niveau de vigueur supérieur à ce porte-greffe que celui constaté dans cet essai (Cordeau 1998; IFV 2007; Pongràcz 1983).

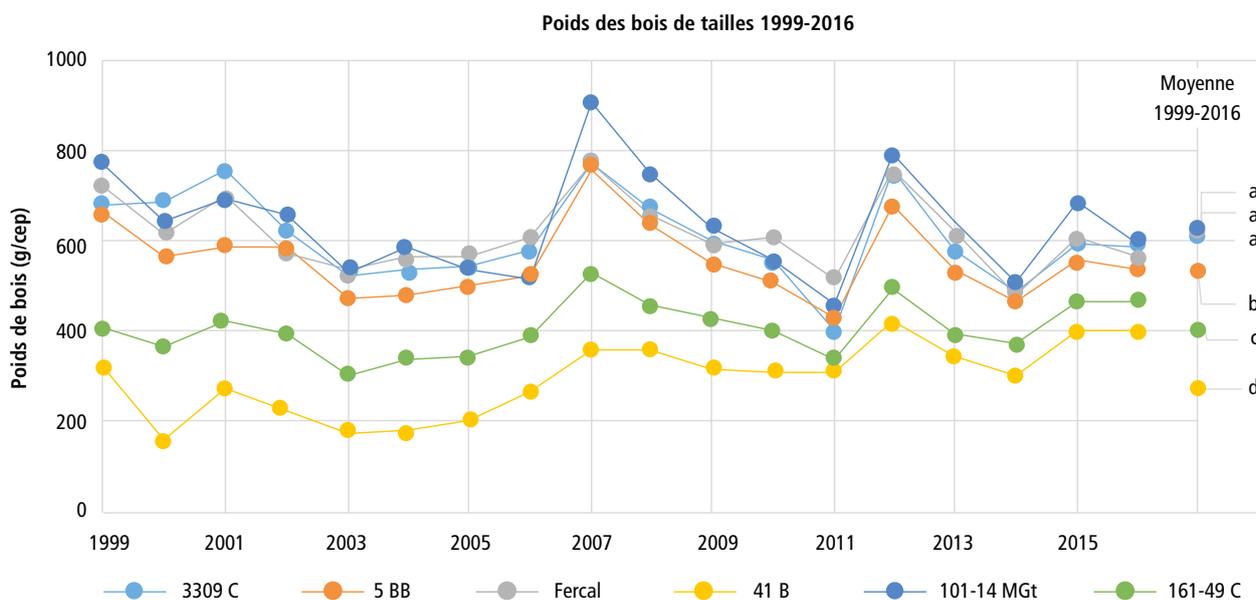


Figure 1 | Essai de porte-greffe sur Humagne rouge à Leytron. Poids des bois de taille, 1999-2016. Les moyennes munies d'une lettre commune ne se distinguent pas significativement ($p = 0,05$).

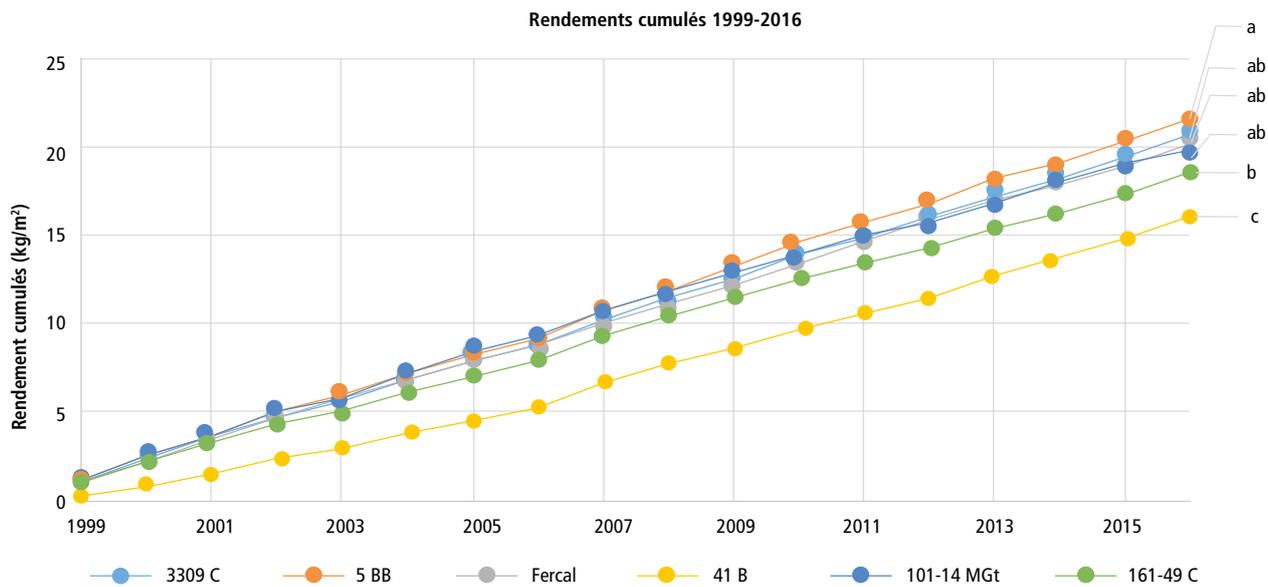


Figure 2 | Essai de porte-greffe sur Humagne rouge à Leytron. Rendements cumulés 1999-2016.

Production

La figure 2 illustre les différences de production observées dans cet essai, obtenues par le cumul des productions annuelles enregistrées pour la période 1999-2016. Le niveau de production a été très proche pour les porte-greffe vigoureux (3309 C, 5 BB, 101-14 MGt et Fercal), alors qu'il est nettement plus faible avec 41 B MGt et se classe de manière intermédiaire avec 161-49 C. Le niveau de rendement moyen constaté pour l'ensemble des porte-greffe est toutefois très confortable pour un cépage tel que l'Humagne rouge planté à 8000 ceps/ha, puisqu'il oscille entre 1,2 kg/m² pour le maximum (5 BB) et 0,9 kg/m² pour le minimum (41 MGt), et ceci avec une régulation de la récolte effectuée systématiquement sur l'ensemble des porte-greffe. De manière générale, le niveau de productivité est très bien corrélé avec le niveau de vigueur conféré par les différents porte-greffe (figure 3).

Alimentation minérale du greffon

Le choix du porte-greffe a fortement influencé la nutrition minérale du greffon. Les taux de N, P, K et Mg constatés dans les feuilles au moment de la véraison (diagnostic foliaire) se trouvent dans la figure 4. Pour l'azote, seuls les deux porte-greffe les moins vigoureux (41 B MGt et 161-49 C) se distinguent par des teneurs significativement inférieures dans les feuilles. Il est intéressant de constater que cette hiérarchie n'est pas respectée si l'on considère les taux d'azote assimilables des moûts (figure 5), pour lesquels les teneurs les plus basses sont celles enregistrées sur 5 BB, Fercal, et 161-

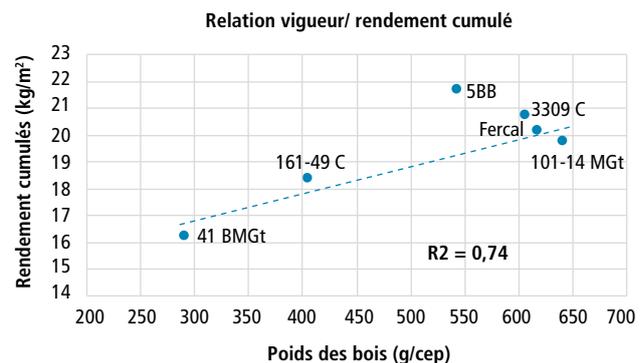


Figure 3 | Essai de porte-greffe sur Humagne rouge à Leytron. Relation entre le niveau de vigueur et la productivité 1999-2016.

49 C et les plus élevées sur 101-14 MG t et 3309 C. De manière générale, les taux d'azote des moûts sont faibles, illustrant une caractéristique typique du cépage Humagne rouge. Le potassium est moins bien absorbé par le porte-greffe 41 B MGt et, dans une moindre mesure, par 161-49 C et Fercal. En contrepartie, 41 B MGT absorbe nettement mieux le magnésium que l'ensemble des porte-greffe de cet essai. Ce comportement traduit le phénomène d'antagonisme entre l'absorption du potassium et du magnésium (Simon *et al.* 1970; Spring *et al.* 2003, Spring et Siegfried 2007). Pour le phosphore, les porte-greffe qui l'absorbent le moins sont le 3309 C et 101-14 MGt, alors que les taux les plus élevés dans les feuilles sont constatés avec 5 BB.

Le porte-greffe entraîne également des différences importantes dans les taux de potassium déterminés dans les moûts avec des valeurs nettement plus faibles

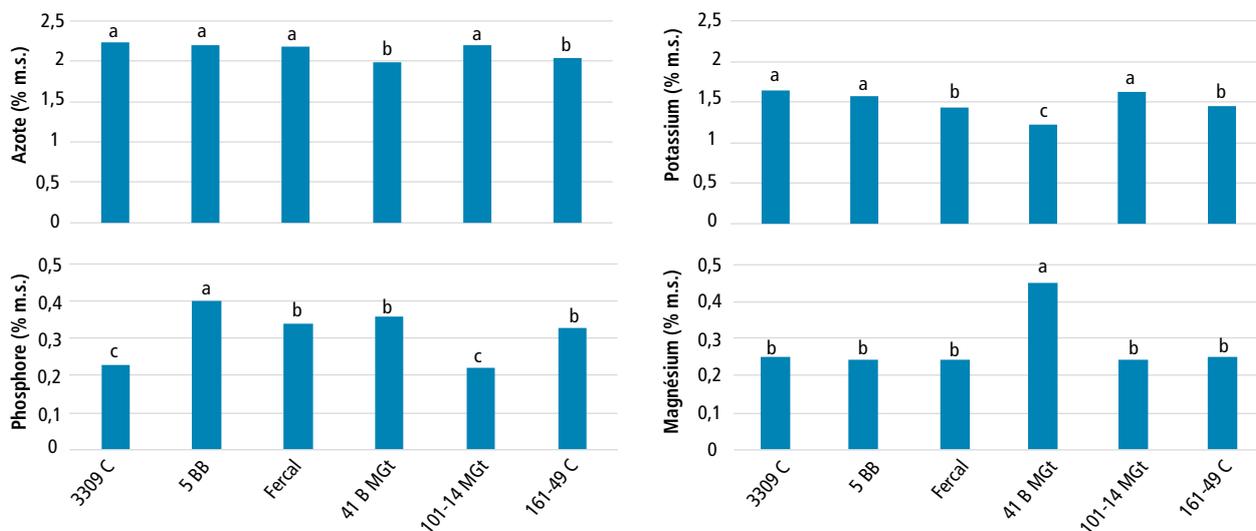


Figure 4 | Essai de porte-greffe sur Humagne rouge à Leytron. Teneurs en éléments minéraux des feuilles à la véraison, moyennes 1999-2016. Les colonnes surmontées d'une lettre commune ne se distinguent pas significativement ($p = 0,05$).

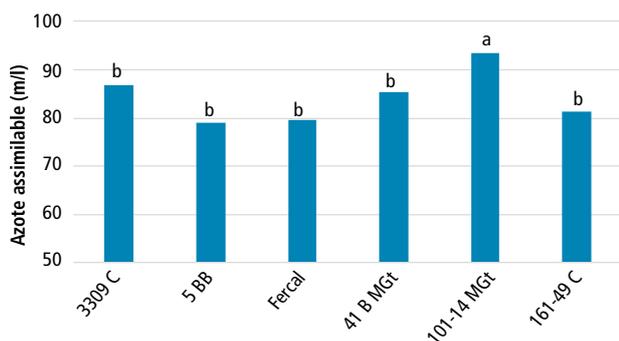


Figure 5 | Essai de porte-greffe sur Humagne rouge à Leytron. Teneurs en azote assimilable des moûts, moyennes 1999-2016.

pour 41 B MGt et 161-49 C et les plus élevées avec 101-14 MGt. Les conséquences sont importantes sur la composition des vins (figure 6). La teneur en potassium des moûts est en effet un élément important pour l'équilibre de l'acidité des vins (Ryser *et al.* 1989; Delas *et al.* 1990; Crespy 2007). Les taux de potassium plus élevés, présents dans les moûts des porte-greffe vigoureux (3309 C, 5BB, Fercal et surtout 101-14 MGt), entraînent une précipitation plus importante de tartrate de potassium en cours de vinification, ce qui contribue à diminuer l'acidité fixe des vins.

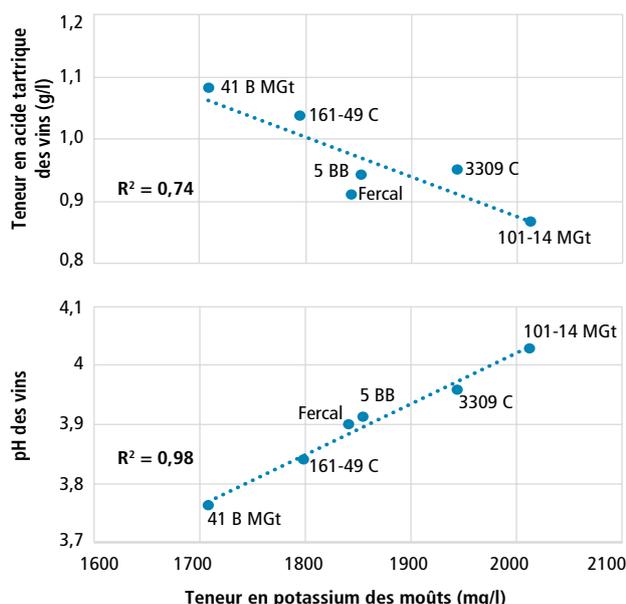


Figure 6 | Essai de porte-greffe sur Humagne rouge à Leytron. Relation entre la teneur en potassium des moûts et celle en acide tartrique des vins et avec leur pH.

Alimentation hydrique

Les valeurs de δC^{13} dans les moûts pour les années 2012 à 2016 (sauf 2014) sont reportées dans la figure 7. Cette mesure reflète la contrainte hydrique subie durant la maturation du raisin. Van Leeuwen *et al.* (2009) proposent les seuils suivants pour l'interprétation de cette mesure :

- Absence de contrainte hydrique : < -26
- Contrainte hydrique faible : de $-24,5$ à -26
- Contrainte hydrique modérée : de -23 à $-24,5$
- Contrainte hydrique modérée à forte : de $-21,5$ à -23
- Contrainte hydrique forte : $> -21,5$

Seulement lors des deux millésimes les plus secs (2012 et 2016), on observe pour l'ensemble des porte-greffe un niveau de contrainte modéré, voire modéré à fort. Lors des années 2013 et 2015, le niveau de contrainte est qualifié de faible, à l'exception du porte-greffe 41 B MGt, qui se situe juste au seuil de la contrainte modérée. Globalement, c'est le groupe des porte-greffe les plus faibles (41 B MGt et 161-49 C) qui

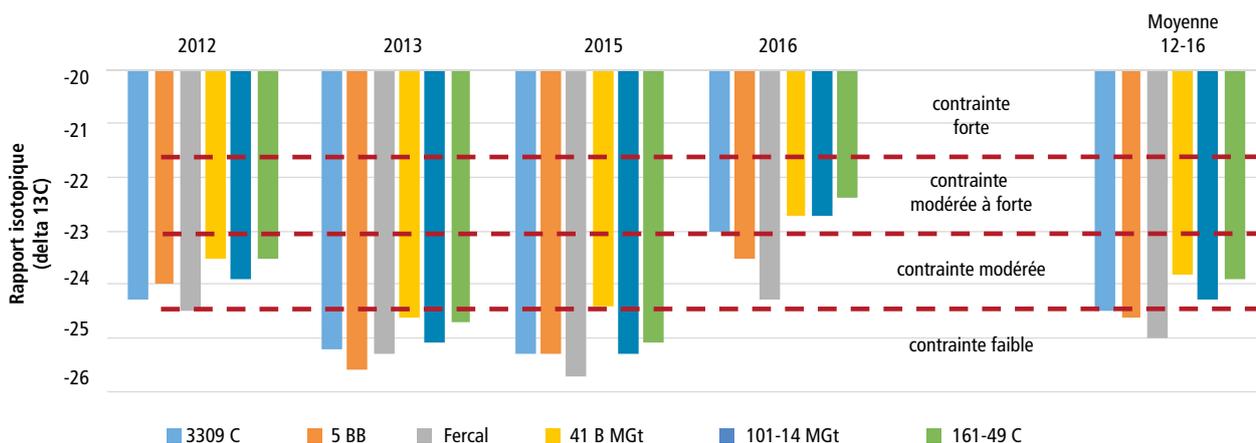


Figure 7 | Essai de porte-greffe sur Humagne rouge à Leytron. Valeurs de $\Delta^{13}\text{C}$ des moûts à la vendange, 2012-2016 (sauf 2014).

conditionne le niveau de contrainte hydrique le plus élevé. Parmi les porte-greffe vigoureux, 101-14 MGt semble être le plus sensible au stress hydrique, ce qui est confirmé par des observations effectuées sur Pinot noir (Spring *et al.* 2016) sur le même site expérimental, ainsi que par d'autres sources (Cordeau 1998; IFV 2007).

Sensibilité à la pourriture grise et au folletage des grappes

La présence de pourriture sur grappe et de folletage des grappes n'a été constatée que lors de sept années d'essais sur dix-huit. Les taux d'attaque moyens sont reportés dans le tableau 1. Tant pour l'attaque de *Botrytis cinerea* que pour l'incidence du folletage des grappes, les taux d'attaque sont faibles et ne montrent pas de différences significatives en fonction du porte-greffe.

Conclusion

Conclusions générales

Dix-huit années d'expérimentation – dont cinq millé-

simes ont fait l'objet d'essais de vinification – du comportement de 6 porte-greffe (3309 C, 5BB, Fercal, 41B MGt, 101-14 MGt, 161-49 C) sur le cépage Humagne rouge au domaine expérimental Agroscope de Leytron (VS) permettent de tirer les conclusions suivantes :

- Le porte-greffe a fortement influencé la rapidité d'implantation des souches.
 - En vigne adulte, le niveau de vigueur conféré par 161-49 C et surtout 41 B MGt s'est révélé inférieur à celui des autres porte-greffe.
 - L'alimentation magnésienne a été fortement influencée par le porte-greffe. Le 41 B MGt s'est distingué par le meilleur niveau d'alimentation.
 - Les porte-greffe moins vigoureux (161-49 C, 41 B MGt) ont moins bien assimilé le potassium et les plus faibles teneurs dans les moûts ont permis le maintien dans les vins d'une acidité supérieure.
- Les portes-greffe les moins vigoureux ainsi que 101-14 MGt semblent présenter une sensibilité légèrement supérieure au stress hydrique.

Conclusions pratiques de l'essai pour les différents porte-greffe expérimentés sur Humagne rouge

- **3309 C** : a eu un comportement très proche du 5 BB et Fercal, soit un niveau de vigueur et de productivité relativement élevé.
- **5 BB** : ce porte-greffe de référence en Valais a montré un comportement proche de 3309 C et de Fercal. C'est le porte-greffe qui a présenté la meilleure productivité.
- **Fercal** : l'utilisation de ce porte-greffe doit surtout être envisagée dans des zones particulièrement chlorosantes, où il reste incontournable. Son comportement s'est révélé très proche de celui des porte-greffe de références 5 BB et 3309 C. Il a été apparemment le moins sensible au stress hydrique.

Tableau 1 | Essai de porte-greffe sur Humagne rouge à Leytron.

Attaque de pourriture et de folletage des grappes. Moyennes 1999-2016. Les valeurs suivies d'une lettre commune ne se distinguent pas significativement ($p=0,05$).

Porte-greffe	<i>Botrytis</i> (% attaque)	Intensité de folletage (% attaque)
3309 C	3,1 a	0,8 a
5 BB	2,6 a	1,2 a
Fercal	1,9 a	1,3 a
41 B MGt	1,3 a	0,4 a
101-14 MGt	2,5 a	1,0 a
161-49 C	2,0 a	0,4 a

- **41 B MGt**: ce porte-greffe induit une vigueur plus faible que les porte-greffe classiques de référence (3309 C, 5 BB). Il absorbe très bien le magnésium mais mal le potassium, ce qui entraîne l'obtention de vins plus acides. L'installation de ce porte-greffe est toutefois lente et nécessite des soins attentifs lors des premières années de plantation. La productivité en vigne adulte peut en revanche être qualifiée de bonne. Il résiste bien au calcaire mais ne se comporte bien que dans des sols perméables, suffisamment profonds et parfaitement drainés. Les taux de réussite en pépinières sont relativement faibles, ce qui n'encourage pas sa multiplication.
- **101-14 MGt**: ce porte-greffe a démontré dans nos conditions d'expérimentation un niveau de vigueur élevé, voisin de celui des porte-greffe de références classiques. Il est plus sensible à la chlorose ferrique que 3309 C, ce qui restreint son aire d'adaptation potentielle par rapport à ce dernier. Ce porte-greffe absorbe bien le potassium et mal le magnésium. Le 101-14 MGt a fourni des moûts riches en potassium et, par conséquent, des vins les moins acides. Ce porte-greffe semble également présenter une sensibilité légèrement plus marquée au stress hydrique.
- **161-49 C**: comme le 41 B MGt, ce porte-greffe a contribué à réduire la vigueur de l'Humagne rouge. Son installation est un peu plus lente que celle des porte-greffe classiques de référence. Il absorbe moins bien l'azote et le potassium, ce qui conduit à la production de vins un peu plus acides. Sa résistance au calcaire est bonne, proche de celle du 5 BB, mais il ne s'adapte qu'à des sols profonds, perméables et parfaitement drainés. Sa sensibilité, lors de premières années de végétation, au phénomène de la formation de thylls dans les vaisseaux conducteurs peut entraîner ponctuellement des problèmes de mortalité des jeunes plants, ce qui rend difficile sa recommandation sans réserve. Dans le cadre de cette expérimentation, il s'est révélé un peu plus sensible au stress hydrique. ■

Remerciements

L'ensemble des collaborateurs des groupes de recherche viticulture, œnologie et analyse des vins qui ont participé à cette expérimentation sont vivement remerciés pour leur collaboration.

Bibliographie

- Avice J., Ourry A., Lemaire G. & Boucaud J., 1996. Nitrogen and carbon flows estimated by ¹⁵N and ¹³C pulsechase labeling regrowth of alfalfa. *Plant physiol.*, **112**, 281-290.
- Aerny J., 1996. Composés azotés des moûts et des vins. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.*, **28** (3), 161-165.
- Cordeau J., 1998. Création d'un vignoble. Greffage de la vigne et porte-greffe. Elimination des maladies à virus. Editions Féret, Bordeaux, 183 p.
- Crespy A., 2007. Manuel pratique de fertilisation, Qualité des moûts et des vins. Collection Avenir (œnologie), 143 p.
- Delas J., Molot C. & Soyer J.-P., 1990. Fertilisation minérale de la vigne et teneurs en potassium des baies, des moûts et des vins. C.R. 4^e Symp. Intern. d'œnologie «Actualités œnologiques 89», Bordeaux, Dunod Editions, 1-6.
- Dupraz P. & Spring J.-L., 2010. Cépages, principales variétés de vigne cultivées en Suisse. AMTRA, 128 p.
- IFV, 2007. Catalogue des variétés et clones de vigne cultivés en France, 2^e édition. Editeur: Institut français de la vigne et du vin (ENTAV-ITV France), 455 p.
- Leyvraz H., 1946. Reconstitution du vignoble romand et choix des porte-greffe. *Revue romande d'agriculture, de viticulture et d'arboriculture* **2** (1), 2-4.
- Leyvraz H., 1950. Quelques recommandations en vue de la reconstitution et de l'encépagement du vignoble dans le Valais central. *Revue romande d'agriculture, de viticulture et d'arboriculture* **6** (3), 19-21.
- Pongràcz D. P., 1983. Rootstocks for grapevines. David Philip publisher, Cape Town, 150 p.
- Ryser J.-P., Aerny J. & Murisier F., 1989. Fumure potassique de la vigne et acidité du vin. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **21** (4), 219-232.
- Simon J.-L., Ryser J.-P. & Jaquinet A., 1970. La lutte contre la carence magnésienne au vignoble. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **2** (6), 123-126.
- Spring J.-L., Ryser J.-P., Basler P., Bertschinger L. & Häseli A., 2003. Données de base pour la fumure en viticulture. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **35** (4).
- Spring J.-L., Pont M. & Parvex C., 2005. Comportement du Pinot noir sur différents porte-greffe dans les sols chlorosants du Valais central. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **35** (4), 331-336.
- Spring J.-L. & Siegfried W., 2007. Dessèchement de la rafle et folletage des grappes, deux accidents physiologiques de la vigne souvent confondus. *Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **39** (1), 71-74.
- Spring J.-L., Verdenal T., Zufferey V., Gindro K. & Viret O., 2012. Influence du porte-greffe sur le comportement du cépage Cornalin dans le Valais central. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **44** (4), 226-231.
- Spring J.-L., Zufferey V., Verdenal T. & Viret O., 2016. Influence du porte-greffe sur le comportement du Pinot noir dans les conditions du Valais central. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **48** (2), 112-122.
- Van Leeuwen C., Tregoat O., Choné X., Bois B., Pernet D. & Gaudillière J.P., 2009. Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes?. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, **43** (3), 121-134.
- Vouillamoz J. F., Maigre D. & Meredith C.P., 2003. Microsatellite analysis of ancient alpine grape cultivars: pedigree reconstruction of *Vitis vinifera* L. 'Cornalin du Valais'. *Theoretical and Applied Genetics* **107** (3), 448-454.
- Vouillamoz J. F., 2017. Cépages suisses. Histoire et origines. Editions Favre, Lausanne, 159 p.
- Zufferey V., Spring J.-L., Voinesco F., Viret O. & Gindro K., 2015. Physiological and histological approaches to study berry shrivel in grapes. *J. Int. Sci. Vigne Vin* **49**, 113-125.

Summary**Influence of the rootstock on the mineral and water supply and vigour of Humagne Rouge under Central Valais conditions**

The influence of the rootstock on the mineral and water supply and vigour of Humagne Rouge was studied on the experimental field of the Agroscope research station in Leytron (canton of Valais). The following rootstocks were tested: 3309C, 5BB, Fercal, 41B MGt, 101-14 MGt and 161-49C. The rootstock mainly influenced the vigour and mineral supply of the graft. The 41B MGt and 161-49C rootstocks turned out to be less vigorous, and led to a lower nitrogen and potassium supply. 41B MGt and 161-49C rootstocks produced wines that were slightly more acidic. The 41B MGt, 161-49C and 101-14 MGt rootstocks exhibited a slightly greater sensitivity to water stress.

Key words : grape vine, Humagne rouge, rootstock, mineral nutrition, wine quality, water stress

Zusammenfassung**Einfluss der Unterlage auf die Mineralstoff- und Wasserversorgung sowie die Wuchskraft von Humagne rouge unter den Bedingungen im Mittelwallis**

Der Einfluss der Unterlage auf die Mineralstoff- und Wasserversorgung sowie auf die Wuchskraft von Humagne rouge wurde auf dem Versuchsbetrieb der Forschungsanstalt Agroscope in Leytron (VS) untersucht. Folgende Unterlagen wurden getestet: 3309 C, 5BB, Fercal, 41B MGt, 101-14 MGt und 161-49 C. Die Unterlage beeinflusste insbesondere die Wuchskraft sowie die Mineralstoffversorgung des Edelreisers. Die Unterlagen 41B MGt und 161-49 C erwiesen sich als weniger kräftig und erreichten eine geringere Stickstoff- und Kaliumversorgung. Die aus den Unterlagen 41B MGt und 161-49 C produzierten Weine hatten einen etwas höheren Säuregehalt. Die Unterlagen 41 B MGt, 161-49 C und 101-14 MGt waren etwas sensibler auf Wasserstress.

Riassunto**Influenza del portainnesto sull'apporto minerale e idrico e sul vigore dell'Humagne rosso nelle condizioni del Vallese centrale.**

L'influenza del portainnesto sull'apporto minerale e idrico e sul vigore dell'Humagne rosso è stata studiata nel vitigno sperimentale della Stazione di ricerca di Agroscope a Leytron (VS). Sono stati testati i portainnesti seguenti: 3309 C, 5BB, Fercal, 41B MGt, 101-14 MGt e 161-49 C. Il portainnesto ha influenzato soprattutto il vigore e l'apporto minerale dell'innesto. I portainnesti 41B MGt e 161-49 C si sono rivelati meno forti e hanno indotto un apporto di azoto e di potassio inferiore. Il 41B MGt e il 161-49 C hanno prodotto vini un po' più acidi. I portainnesti 41 B MGt, 161-49 C e 101-14 MGt hanno attestato una sensibilità leggermente più elevata allo stress idrico.

Comment appliquer correctement les produits phytosanitaires par le système d'irrigation goutte à goutte

Mauro JERMINI¹, Peter WYSS², Marco DE ROSSA³, Nicola SOLCÀ⁴, Sebastiano SCETRINI¹

¹Agroscope, 6593 Cadenazzo, Suisse

²Syngenta Crop Protection AG, 4002 Basel, Suisse

³Laboratorio chimico cantonale, 6500 Bellinzona, Suisse

⁴Ufficio della gestione dei rischi ambientali e del suolo, 6500 Bellinzona, Suisse

Renseignements : Mauro Jermini, tél. +41 58 466 00 32, e-mail : mauro.jermini@agroscope.admin.ch, www.agroscope.ch



Culture d'aubergine hors-sol.

Introduction

Il est mondialement reconnu que l'eau est un élément critique pour le développement d'une agriculture durable, en particulier dans les régions arides où la

gestion optimale de cette ressource représente une priorité (Chartzoulakis et Bertaki 2015). Pour cette raison, des techniques de micro-irrigation ou d'irrigation localisée ont été développées pour distribuer uniformément l'eau au niveau de la zone racinaire de la

plante (Dasberg et Or 1999). Ces techniques sont aussi utilisées pour une distribution ciblée d'engrais, de produits phytosanitaires ou de régulateurs de croissance et sont appelées, en anglais, « chemigation ». Dans les cultures maraîchères les premiers essais avec des produits phytosanitaires datent de 1980 (Ghidu et Smith 1980). La technique a fait preuve d'efficacité, aussi bien en plein champ que sous serres pour lutter contre les insectes et nématodes (Desaeger *et al.* 2011; Kuhar *et al.* 2009), les maladies du sol (McGovern *et al.* 1998; Miles *et al.* 2018; Ozbahce 2014; Slusarski et Spotti 2016; Tolentino *et al.* 2011) et les mauvaises herbes (Candole *et al.* 2007; Chase *et al.* 2006). Elle est aussi utilisée en arboriculture (Grout et Stephen 2005) ainsi qu'en viticulture (Byrne et Toscano 2006; Van Timmeren *et al.* 2012). De plus, cette technique convient également pour la distribution d'agents de contrôle biologique, comme *Trichoderma* spp. pour lutter dans les cultures de tomates contre *Sclerotinia sclerotiorum* (de Aguiar *et al.* 2014).

L'efficacité de cette technique dépend notamment de la distribution des produits phytosanitaires et de leur rémanence dans le sol et dans la plante. Cette dernière détermine par ailleurs aussi le risque de résidus dans les fruits (Candole *et al.* 2007; Juraske *et al.* 2009; Wang *et al.* 2013).

Dans les cultures sous protection, seuls Dekker *et al.* (1995) et Runia *et al.* (1995) décrivent le comportement de l'Oxamyl et du Propamocarb dans des systèmes de culture sur laine de roche, tandis que Bracy *et al.* (2003) ont évalué la technique d'injection.

En Suisse, l'homologation d'un produit est liée à son mode d'application. Or, à ce jour, cette technique, bien qu'utilisée depuis plusieurs années, n'est pas décrite dans les « bonnes pratiques agricoles » et les modalités d'application ne sont ainsi pas définies. Ainsi nous avons réalisé des essais dans le but de décrire la technique correcte d'application pour la distribution des produits phytosanitaires par un système d'irrigation goutte à goutte en culture maraîchère sous protection, en culture en pleine terre et en hors-sol. Nous avons également évalué l'efficacité biologique et les risques de résidus.

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

Les essais ont été réalisés dans des serres de 200 m² à Agroscope Cadenazzo. Le choix s'est porté, pour la culture en pleine terre, sur la variété de tomate grappe Climberley, greffée sur Beaufort et, pour le hors-sol, sur Maxifort. La densité de plantation a été de

Résumé L'irrigation des cultures par le système goutte à goutte répond à la sensibilité croissante de notre population pour la préservation de nos ressources. La technique du goutte à goutte est utilisée depuis quelques années en Suisse pour appliquer les produits phytosanitaires dans les cultures maraîchères sous protection. Dans le contexte du plan d'action national lancé par le Conseil fédéral en septembre 2017 visant notamment la réduction des risques liés à l'utilisation des produits phytosanitaires, il nous a paru opportun d'apporter un éclairage scientifique sur cette technique d'application. Des essais ont été conduits en 2008 sur des cultures de tomates en hors-sol et en pleine terre. Nous avons voulu vérifier, dans un environnement expérimental, les risques liés à une application incorrecte des produits phytosanitaires par le système d'irrigation goutte à goutte. Aussi avons-nous souhaité évaluer l'efficacité biologique de tels traitements ainsi que les risques de présence de résidus. Il s'agissait également de définir les modalités techniques qui permettent une distribution et une application correcte des produits phytosanitaires par ce système. Pour la lutte contre le puceron, l'efficacité de Thiamethoxam appliqué via le système goutte à goutte a été comparable à l'application foliaire et les résidus n'ont jamais dépassé les seuils de tolérance.

1,25 plantes/m² avec une conduite à 2 tiges pour une densité de 2,5 tiges/m². Le substrat utilisé pour la culture hors-sol était la fibre de coco. La plantation a eu lieu le 12 mars en 2008 et le 13 mars en 2009.

L'essai 2008 a été réparti sur trois serres, deux en culture en pleine terre et une en hors-sol. Dans l'une des serres en culture en pleine terre ainsi que dans la serre en hors-sol, deux variantes de « chemigation » ont été appliquées: 1. une seule application à pleine dose (dosage homologué pour le traitement foliaire); 2. deux applications avec un dosage correspondant au 50 % de la pleine dose (dosage splitté) avec un intervalle de traitement maximum de trois semaines. Dans la seconde serre en culture en pleine terre deux autres variantes ont été définies: 1. témoin non traité et séparé du reste de la serre par un filet anti-insecte; 2. applications foliaires effectuées selon la dynamique

de croissance des ravageurs. Les serres ont été divisées en blocs homogènes selon les variantes appliquées dans chaque serre et chaque bloc divisé à son tour en 4 sous-blocs (répétitions).

L'essai 2009 a été effectué dans une serre hors-sol et dans une serre en culture pleine terre. Le dessin expérimental a été le même qu'en 2008 avec la différence que chaque bloc a été divisé en 3 sous-blocs (répétitions). Sur la base des résultats obtenus en 2008, deux variantes «chemigation» ont été planifiées dans la serre hors-sol: 1. une seule application à la pleine dose (dosage homologué pour le traitement foliaire); 2. deux applications avec un dosage égal au 50 % de la pleine dose avec un intervalle de traitement maximum de trois semaines. La serre avec culture en pleine terre comprenait trois variantes: 1. «chemigation» à dosage splitté (comme variante 2 serre hors-sol); 2. traitements foliaires; 3. témoin sans traitement.

Méthode d'application des produits

Les applications foliaires ont été effectuées par un pulvérisateur à dos Birchmeier. Le protocole d'application des produits par solution nutritive a été élaboré par le groupe de technique d'application de Syngenta. Ce protocole sera présenté et discuté dans les résultats. L'appareil d'injection (fig. 1) est un prototype développé en collaboration avec la firme Anacquaria SA de Tenero (www.anacquaria.ch).

Matières actives utilisées et détermination de l'efficacité biologique

Dans l'essai de 2008 le premier bloc d'applications a été centré sur le puceron *Macrosiphum euphorbiae* et le deuxième sur la mouche blanche (*Trialeurodes vaporariorum*). *M. euphorbiae* a été lâché dans les serres le 17 mars. La matière active de référence choisie a été le Thiamethoxam (Actara 25 WG), qui était alors encore homologué sur tomate en culture sous protection (voir encadré pour l'état actuel d'homologation). Cet insecticide a été utilisé à la dose de 200 g m.a./ha (800 g/ha de produit) aussi bien pour le traitement foliaire que pour la «chemigation» avec une seule application à pleine dose. Pour la deuxième variante de «chemigation» ce dosage a été splitté en deux applications de 100 g m.a./ha. La première application a été effectuée le 7 avril, 26 jours après la plantation. Les dates d'application des deux blocs sont présentées dans le tableau 1.

Sur la base des résultats 2008, l'essai 2009 a été centré sur la mouche blanche (*T. vaporariorum*) en utilisant les matières actives Thiamethoxam et Pyméthrozine (Plenum 25 WG). Le Thiamethoxam a été uti-



Figure 1 | Système d'injection utilisé dans les essais constitué d'une pompe volumétrique (A), d'un bac pour la bouillie (B) et pour le rinçage des tuyaux (C). Point d'injection dans le tuyau du système d'irrigation (D).

lisée dans les deux serres avec deux injections de 100 g m.a./ha comme en 2008. La Pyméthrozine a été appliquée par «chemigation» uniquement dans la culture hors-sol car une application en pleine terre induirait une fixation de cette matière active dans le sol qui ne pourrait alors pas être absorbée par les racines. Le dosage en culture hors-sol a été de 187,5 g m.a./ha et il a été calculé sur la base de l'homologation hollandaise qui est de 15 g de produit pour 1000 plantes ou tiges. Dans la serre en culture en pleine terre, le dosage a été de 110 g m.a./ha (220 g/ha de Plenum WG). Les dates d'application sont reportées dans le tableau 2.

L'évolution des ravageurs a été suivie chaque semaine selon le principe «présence/absence», sans estimation du nombre d'individus. Pour chacun des sous-blocs, 25 % des plantes ont été échantillonnées en choisissant au hasard, lors de chaque suivi, une plante sur laquelle on a contrôlé trois feuilles, soit une feuille de la partie basale, une de la partie centrale et une de la partie apicale. Pour chacune des feuilles les 4 feuilles apicales ont été contrôlées.

Tableau 1 | Essais 2008 sur puceron (*Macrosiphum euphorbiae*) et mouche blanche (*Trialeurodes vaporariorum*) : nombre d'applications, dosage en g/ha de matière active (m.a.) et dates d'applications. La variante « Deux applications 50 % pleine dose » correspond à la pleine dose splittée en deux applications de 100 g/ha de Thiamethoxam.

Variantes		Dosage m.a. g/ha	Nombre d'applications	Dates d'applications
Essai puceron				
Chemigation culture en hors-sol	Application pleine dose	200	1	7 avril
	Deux applications 50 % pleine dose			
Application foliaire	Application pleine dose	200	3	8 et 18 avril, 2 mai
Essai mouche blanche				
Chemigation culture en pleine terre	Application pleine dose	200	1	24 juillet
	Deux applications 50 % pleine dose			
Application foliaire	Application pleine dose	200	3	24 juillet, 4 et 13 août

Analyse des résidus dans les fruits

Dans chaque variante, un kilo de fruits ayant le même degré de maturation (fruits rouges prêts à la récolte) a été prélevé pour analyse des teneurs en résidus de Thiamethoxam (2008 et 2009) et de Pymétrozine (2009). La méthode d'analyse du Thiamethoxam consiste en une préparation d'échantillon par extraction avec de l'acétonitrile suivi d'un partage liquide-liquide par addition de sulfate de magnésium, de chlorure de sodium et de sels de citrate tampons, suivie d'une purification de dispersion de la matrice sur phase solide (dSPE). La quantification a été réalisée par chromatographie liquide à haute performance avec une colonne à phase inverse du type C18 couplée à la spectrométrie de masse à triple quadripôle LC-MS/MS, source d'ionisation electrospray en mode positif (ESI+) et acquisition MRM sur deux ions fils ($m/z = 132$, $m/z = 211$) de l'ion pseudomoléculaire ($m/z = 292$).

La mesure des résidus de la Pymétrozine a été effectuée par Syngenta chez un laboratoire privé.

En 2008, un premier échantillonnage a été effectué le 5 juin, correspondant à la première récolte de tomates dans les serres, pour déterminer la teneur en résidus du premier bloc d'applications (tabl. 1). Dans une deuxième

Tableau 2 | Essais 2009 sur mouche blanche (*Trialeurodes vaporariorum*) : nombre d'applications, dosage en g/ha de matière active (m.a.) et dates d'applications. Pour le traitement au Thiamethoxam, la variante « chemigation » correspond à deux applications 100 g/ha (= 50 % de la pleine dose 200 g/ha).

Variantes		Dosage m.a. g/ha	Nombre d'applications	Dates d'applications
Essai mouche blanche				
Chemigation culture en hors-sol	Thiamethoxam	100	2	5 et 19 juin
	Pymétrozine	187,5	2	5 et 19 juin
Chemigation culture en pleine terre	Thiamethoxam	100	2	5 et 19 juin
Application foliaire culture en pleine terre	Pymétrozine	110	3	5 et 19 juin, 6 juillet

série, 16 échantillons ont été prélevés à partir du 25 juillet avec un intervalle de 3-4 jours (tabl. 1 et 3). Les récoltes du 4 et 13 août ont été effectuées avant les applications.

En 2009, les teneurs en résidus du Thiamethoxam ont été mesurées 3, 7 et 14 jours après la première et la seconde injection (tabl. 2). Dans la variante « chemigation », les teneurs en Pymétrozine après la première injection n'ont pu être mesurées qu'une seule fois, soit 14 après traitement, en raison d'un manque de tomates à maturation. Lors du second traitement, les mesures ont été effectuées après 3 et 7 jours. Dans la variante application foliaire, les mesures ont été effectuées sur des échantillons récoltés 3, 7 et 14 jours après le premier traitement et 3 et 7 jours après le deuxième (tabl. 2).

Résultats

Technique correcte d'application des produits phytosanitaires par solution nutritive

Cette technique est couramment utilisée dans la pratique. Le producteur calcule simplement la dose de produit en tenant compte de la surface à traiter et du dosage homologué pour l'application foliaire. La dose est ensuite ajoutée à la solution du bac de l'automate d'irrigation. Ce système, très simple, ne tient toutefois pas compte de la problématique de répartition du produit sur l'ensemble de la surface à traiter ni des quantités réellement distribuées, une partie reste en effet dans le système d'irrigation.

Il est donc fondamental de dissocier l'opération d'irrigation de celle de l'injection de produits phytosa-

nitaires. Cette dernière est une opération indépendante qui doit tenir en compte de quatre paramètres clés.

Le système d'injection

L'appareil (fig. 1) doit être mobile pour permettre son déplacement dans les différents secteurs de la serre. Il doit être équipé d'une pompe qui répond à deux exigences clés:

- assurer une pression constante lors de l'injection
- fournir des débits constants à basse pression (le système d'irrigation goutte à goutte fonctionne à basse pression).

La pompe est ainsi un élément clé du système, elle doit être correctement installée et entretenue pour assurer une distribution régulière de la solution à chaque émetteur dans le système d'irrigation. Deux types de pompes répondent à ces critères: la pompe doseuse et la pompe volumétrique à débit constant.

Exécution de l'injection par secteur de la surface cultivée

La pression de l'irrigation diminue généralement lorsque l'on s'éloigne du point de départ de l'injection du produit et donc de l'automate d'irrigation. Cette diminution de pression peut induire une distribution hétérogène de l'eau (et donc du produit) sur la surface et provoquer un dosage irrégulier. Il s'agit donc de diviser la surface cultivée en secteurs homogènes. La taille des secteurs dépend de la pression d'irrigation, elle-même liée à la distance entre le point de départ de l'eau et les surfaces à irriguer et de l'appareil d'injection. Il est important de garantir une pression constante pour chaque secteur. Pour ce faire, on installe sur la conduite de chaque secteur un point d'injection avec une vanne qui évite le passage du produit dans les autres secteurs ainsi qu'un retour au bac de l'automate d'irrigation. L'automate d'irrigation doit être programmé pour des irrigations séparées selon le nombre de secteurs à traiter. Il est fortement conseillé que l'eau d'irrigation, lors de l'injection, soit claire, sans adjonction d'engrais, pour éviter d'éventuelles interactions négatives dues au pH ou à la salinité de la solution avec les produits phytosanitaires.

La durée minimale d'injection

Une durée minimale d'injection, qui se base sur la vitesse d'écoulement, est fondamentale pour la dispersion homogène du produit. Elle est déterminée avec l'injection d'un colorant alimentaire bien visible lorsqu'il sort des goutteurs. Le temps nécessaire entre l'apparition du colorant au premier et au dernier émetteur du secteur correspond à la durée minimale

d'injection. Un temps d'injection trop court se traduit par une dispersion inégale du produit. La quantité d'eau pour la préparation de la bouille est déterminée sur la base du temps d'injection et du débit de la pompe, tandis que la quantité de produit est calculée par rapport à la surface du secteur à traiter. La pression utilisée pour l'injection doit être constante lors de cette opération et rester la même pendant toute la saison. Après l'injection de la bouille, l'arrosage doit se poursuivre jusqu'à ce que toutes les molécules de matière active soient transportées dans le système. Cette opération de calibrage est effectuée idéalement avant la plantation et elle doit être répétée pour chaque secteur afin de définir d'éventuelles différences liées à la pression de l'irrigation et à la taille des surfaces.

Préparer la culture à absorber le produit

Une absorption rapide du produit par les racines est primordiale. Elle peut être favorisée en créant un léger état de stress hydrique qui, dans une culture hors-sol, ne doit être ni trop élevé ni trop faible. Une contrainte trop élevée pourrait engendrer des problèmes de production alors que des contraintes trop basses pourraient favoriser le drainage du produit lors du premier cycle d'injection (correspondant au moment de l'injection) ou lors du second cycle d'arrosage. Dans les cultures en sol c'est le type de sol qui détermine le niveau du stress hydrique mais la problématique reste la même. Comme il n'existe pas de règle générale pour préparer les cultures le producteur devra tenir compte du type de sol et du substrat pour gérer l'application des produits par goutte à goutte. Dans nos conditions d'essais (substrat en fibre de coco pour la culture hors-sol et sol sablonneux pour celle en pleine terre), nous avons, dans les cultures en pleine terre stoppé l'irrigation 24h avant l'injection et, dans la culture hors-sol, sauté la dernière de la journée (soir). L'injection est effectuée le lendemain avec le premier cycle d'irrigation du matin.

Injection des produits phytosanitaires

Le protocole d'injection doit être rigoureusement suivi afin d'éviter des risques de distribution hétérogène. Juste avant la fin de l'injection les tuyaux du système d'irrigation doivent être rincés pour garantir que tout le produit ait été mis en circulation. Cette opération est effectuée en utilisant simplement un deuxième bac d'eau claire ou en ajoutant l'eau claire dans le bac. Le rinçage de la pompe est nécessaire surtout si l'on travaille avec une pompe volumétrique pour éviter qu'elle aspire de l'air.

Efficacité biologique

L'essai 2008 sur le puceron *M. euphorbiae* a montré l'efficacité de la méthode. Une seule application à pleine dose par «chemigation» ou splittée en deux injections a donné une très bonne efficacité comparable à celle des traitements foliaires et ce indépendamment du type de culture où elle a été appliquée (fig. 2).

Culture hors-sol

Dans la culture hors-sol, l'efficacité de la variante «chemigation» avec une seule injection à pleine dose a été de 100 % au 15 avril (8 jours après son application) et de 94 % lors du contrôle du 9 juillet. Quant à la variante pleine dose splittée en deux injections (tabl. 1), on constate une efficacité de 99 % au 15 avril (8 jours après la première injection), tandis que la seconde application du 25 avril ne semble pas apporter d'améliorations particulières (fig. 2). En général, l'efficacité reste très élevée et varie entre 100 % et 97 % au 9 juillet. A cette date on observe une légère remontée des populations de pucerons, même si dans le témoin elles étaient déjà en phase de diminution (fig. 2).

Culture en pleine terre

L'application de la «chemigation» en culture en pleine terre montre la même évolution (fig. 2). Lors du contrôle du 9 juillet le dosage splitté indique une efficacité de 91 %. Dans la variante traitement foliaire (fig. 2) l'efficacité a été bonne et était comprise entre

96 % et 97 % après les deux premières applications, puis a baissé jusqu'à 74 % lors du contrôle du 9 juillet.

Mouche blanche (*T. vaporariorum*)

Les premiers foyers d'adultes de mouche blanche (*T. vaporariorum*) ont été trouvés le 3 avril dans les parcelles des variantes «traitement foliaire» et «chemigation» en culture hors-sol avec pleine dose avec 1,4 % et, respectivement, 0,6 % de feuilles colonisées. Depuis cette date, les populations ont augmenté régulièrement pour exploser à partir de la deuxième moitié de juin (fig. 3). Thiamethoxam n'a eu aucune efficacité aussi bien dans les variantes «chemigation» que traitement foliaire (fig. 3). Ce résultat laisse supposer que les populations présentes dans les serres présentaient probablement déjà une résistance aux néonicotinoïdes par une utilisation antérieure à l'essai ou que les applications ont été effectuées trop tard par rapport à l'évolution de la population. L'essai 2009 a confirmé que aussi bien le Thiamethoxam que la Pymétozine présentaient effectivement des fortes limites d'efficacité en confirmant la possible résistance envers ces deux matières actives des populations présentes dans nos serres (fig. 4).

Les résidus dans les fruits

Le premier échantillonnage dans l'essai 2008 a été effectué dans les deux cultures au 5 juin à la première récolte de tomates, c'est-à-dire 34 jours après la dernière application foliaire, 59 jours après l'injection dans la variante

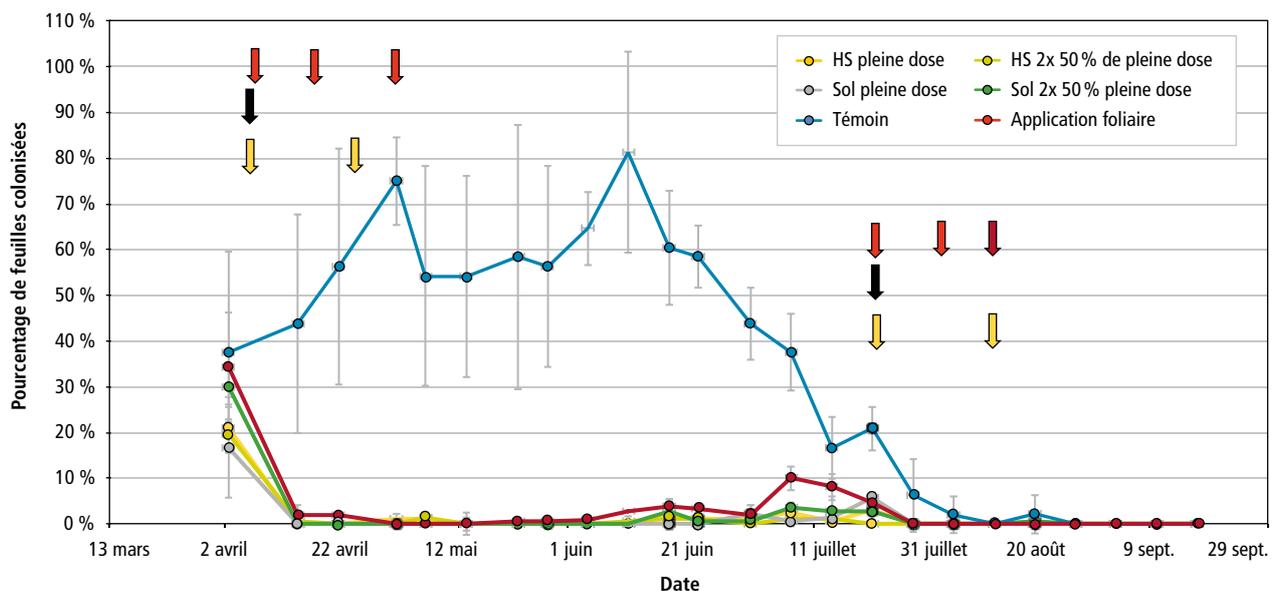


Figure 2 | Essai 2008. Evolution des populations du puceron *Macrosiphum euphorbiae* en pourcentage de feuilles colonisées. Les flèches indiquent les dates d'applications reportées dans le tableau 1. Flèche rouge = application foliaire; flèche jaune = injection avec le 50 % pleine dose; flèche noire = injection à la pleine dose.

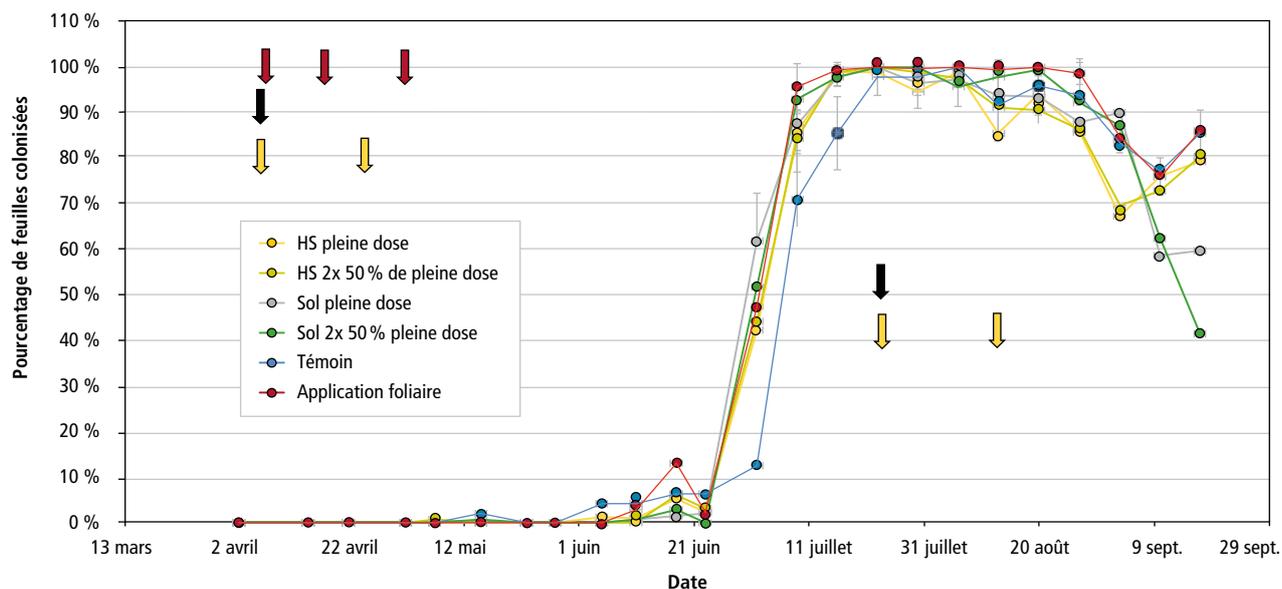


Figure 3 | Essai 2008. Evolution des populations des formes immatures de la mouche blanche (*Trialeurodes vaporariorum*) en pourcentage de feuilles colonisées. Les flèches indiquent les dates d'applications reportées dans le tableau 1. Flèche rouge = application foliaire; flèche jaune = injection avec le 50 % pleine dose; flèche noire = injection avec pleine dose.

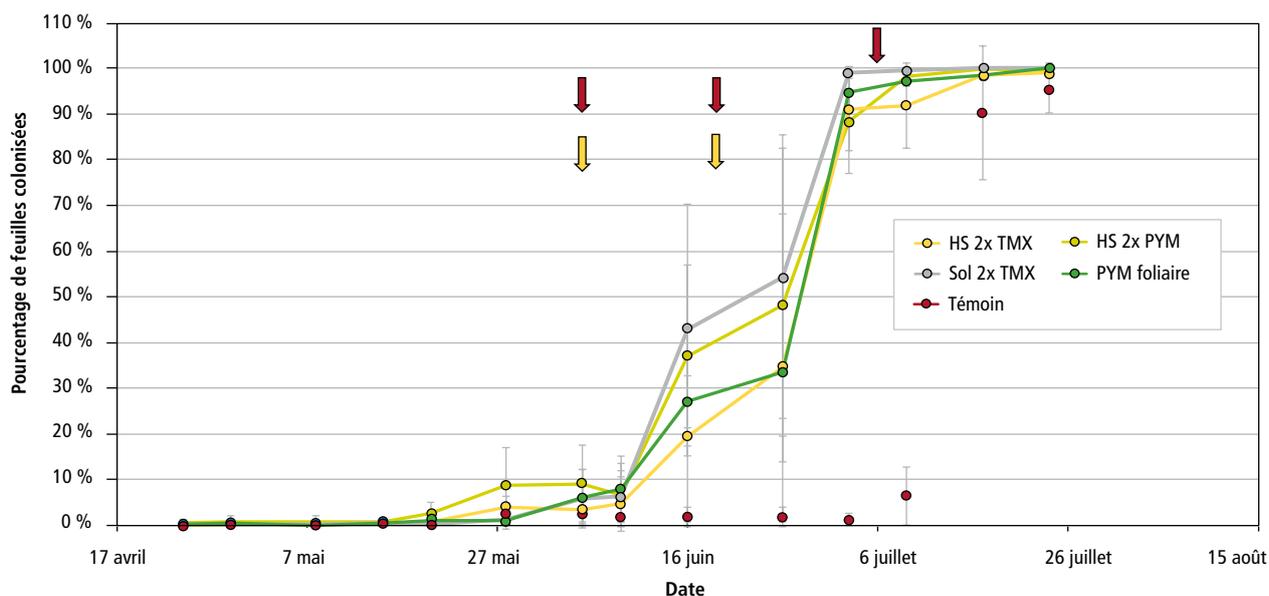


Figure 4 | Essai 2009. Evolution des populations des formes immatures de la mouche blanche (*Trialeurodes vaporariorum*) en pourcentage de feuilles colonisées en culture hors-sol et en pleine terre. Les flèches indiquent les dates d'applications reportées dans le tableau 2. Flèche rouge = application foliaire; flèche jaune = injection avec le 50 % pleine dose.

pleine dose et 41 jours après la deuxième injection dans la variante dose splittée. La teneur était de 12,1 µg/kg pour la variante « application foliaire », 13,6 µg/kg pour la variante « chemigation » en pleine terre, 6,9 µg/kg pour la variante « chemigation » en hors-sol, 24,9 µg/kg pour la variante « chemigation » splittée pour la culture en pleine terre et 14,0 µg/kg pour celle en hors-sol. Ce résultat montre la persistance du produit même si les quantités mesurées sont bien inférieures à la valeur

limite en résidus fixée dans la législation. L'application du produit par injection dans une culture en pleine terre semble conduire à des teneurs en résidus plus élevées par rapport à la culture hors-sol (supérieur de 51 % pour la variante pleine dose et 56 % pour la variante splittée). Trois applications foliaires ont apporté une teneur comparable aux variantes « chemigation » pleine dose en pleine terre et pleine dose splittée en hors-sol. Au contraire le fait de splitter la pleine dose en pleine terre

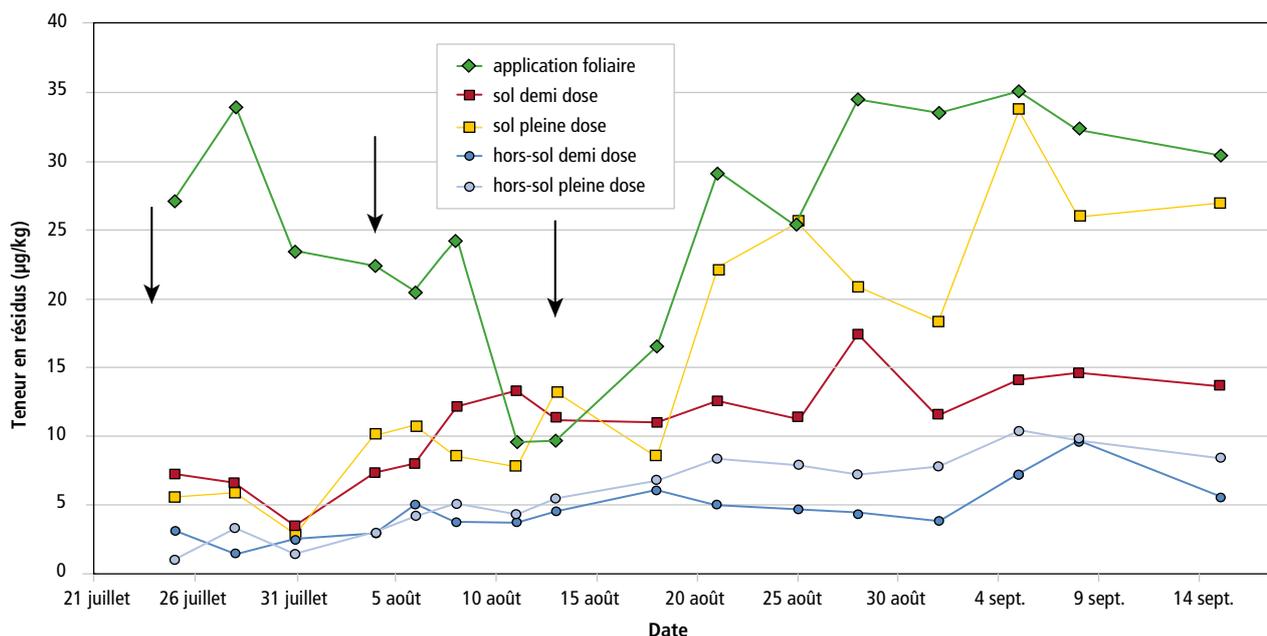


Figure 5 | Essai 2008. Evolution des résidus de Thiamethoxam dans les fruits de tomate depuis la première application du 24 juillet 2008 (tabl. 1) et les différentes dates de prélèvement (tabl. 3). Les flèches indiquent les moments des applications selon les dates reportées dans le tableau 1.

semble augmenter la teneur en résidus de 49 %, tandis qu'une seule application à pleine dose en hors-sol la diminue de 57 %.

En 2008, le suivi régulier de l'évolution de la teneur en résidus de la deuxième série d'applications débutée au 24 juillet (tabl. 1) confirme que dans injection en culture hors-sol avec les deux variantes Thiamethoxam les teneurs en résidus restent très faibles et régulières pendant toute la période de contrôle par rapport à l'application en pleine terre et plus particulièrement avec la variante application foliaire (fig. 5). Ce suivi pendant la phase de production de la plante met en évidence que, dans la culture en pleine terre, une application à pleine dose augmente les résidus par rapport à la variante splittée (fig. 5) et que les teneurs les plus élevées sont analysées avec la variante application foliaire et ce même 33 jours après la dernière application (fig. 5 et tabl. 3). Toutefois, ces teneurs sont également inférieures à la valeur limite tolérée. Dans l'essai 2009 les résultats, exprimés en mg/kg de matière active, ont confirmé pour toutes les dates de contrôle des teneurs en résidus inférieures à 0,02 mg/kg de Thiamethoxam. Le même résultat a été obtenu pour la Pymétrozine avec des teneurs en résidus systématiquement inférieures à 0,01 mg/kg.

Discussion

La technique d'injection décrite précédemment donne les bases pour une application correcte. Celle-ci passe

Tableau 3 | Essai 2008 sur la mouche blanche. Nombre de jours écoulés entre l'échantillonnage et la dernière application selon les variantes (tabl. 1). Le 5 juin correspond à la première récolte dans les serres. Les échantillonnages du 25 juillet au 4 août suivent les applications du 24 juillet; ceux du 6 au 13 août l'application foliaire du 4 août et ceux du 18 août au 15 septembre l'application foliaire du 13 août.

Date échantillonnage	Nombre de jours écoulés		
	Application foliaire	Chemigation avec 2 applications de 100g/ha	Chemigation avec la pleine dose de 200g/ha
5 juin	34	41	59
25 juillet	1	1	1
28 juillet	4	4	4
31 juillet	7	7	7
4 août	11	11	11
6 août	2	13	13
8 août	4	15	15
11 août	7	18	18
13 août	9	20	20
18 août	5	5	25
21 août	8	8	28
25 août	12	12	32
28 août	15	15	35
1 ^{er} septembre	19	19	39
5 septembre	23	23	43
8 septembre	26	26	46
15 septembre	33	33	53

par une répartition uniforme du produit dans la serre avec un système d'injection approprié à l'aide de pompes doseuses ou de pompes volumétriques à débit constant (Bracy *et al.* 2003). Il est donc fondamental de fragmenter la surface cultivée en secteurs à traiter comme cela a été mis en évidence par Runia *et al.* (1995). Ces auteurs ont montré qu'une injection d'Oxamyl dans les différents secteurs d'une serre permet de garantir une homogénéité de sa répartition. Une répartition hétérogène peut en effet créer des sous-dosage dans différentes parties de la serre, réduisant d'une part l'efficacité du traitement et augmentant d'autre part le risque de sélectionner des populations résistantes aux produits. Le second élément important est de préparer les plantes à absorber le produit. Dans les cultures hors-sol le fait d'éviter d'avoir du drainage lors du premier et deuxième cycle d'arrosage garantit que le produit reste confiné dans le substrat et qu'il soit absorbé par la plante. Si pour les utilisations en pleine terre, le risque d'induire des contraintes de production par un léger stress hydrique est limité, d'autres problèmes peuvent survenir relatifs à la rapidité de dégradation de la matière active, sa distribution horizontale et verticale, ainsi que la capacité du sol de la bloquer. Le mouvement de la matière active dépend partiellement de la texture et de la quantité de matière organique. Si la texture détermine la fréquence et la durée des irrigations, la teneur en matière organique, associée aux propriétés chimiques et physiques de la matière active, influence la possibilité d'absorption du produit par les racines et sa mobilité (Ghidiu *et al.* 2012). La connaissance de ces éléments devient importante pour déterminer des consignes spécifiques à leur utilisation dans des cultures en pleine terre.

Au niveau de l'efficacité biologique, l'essai, 2008 a montré l'efficacité de la technique sur le puceron *M. euphorbiae*. Une seule injection de Thiamethoxam à pleine dose ou splittée en deux injections ont fourni la même efficacité de trois applications foliaires aussi bien dans la culture en pleine terre qu'en hors-sol. (fig. 2). Malgré le manque de résultats d'efficacité sur la mouche blanche, ces deux années d'essais ont permis de valider la méthode d'injection. D'autres auteurs ont montré la validité de cette technique soit en plein champ soit sous serre pour lutter contre des insectes et nématodes (Desaeger *et al.* 2011), maladies du sol (McGovern *et al.* 1998; Miles *et al.* 2018; Ozbahce 2014; Slusarski et Spotti 2016; Tolentino *et al.* 2011) et mauvaises herbes (Candole *et al.* 2007; Chase *et al.* 2006). Kuhar *et al.* (2009), par exemple, montrent qu'une ou deux applications de chlorantraniliprole ont significativement diminué les dégâts de *Helicoverpa zea* sur les tomates par rapport aux applications foliaires.

Les résidus mesurés dans les fruits n'ont jamais dépassé les limites légales. Le suivi de 2008 a mis en évidence la tendance que l'utilisation du Thiamethoxam par injection en culture hors-sol limite plus fortement la teneur en résidus par rapport à la culture en pleine terre et surtout à l'application foliaire. Ce comportement ne peut pas être extrapolé pour d'autres matières actives qui pourraient avoir un autre comportement dans la plante et en particulier dans le sol. Nos résultats se trouvent en partie confirmés par ceux de Jurasko *et al.* (2009) qui ont montré que l'application en pleine terre d'Imidachloprid diminue de 5 fois les résidus dans les fruits de la tomate.

Indépendamment de l'utilisation en culture hors-sol ou en pleine terre, cette technique présente des avantages et des désavantages que le producteur doit considérer lors de l'application. Les avantages sont: 1. aucune contamination directe des personnes qui travaillent dans les infrastructures sauf au moment de la préparation de la bouillie; 2. l'application est rapide et entraîne une réduction des coûts du traitement; 3. aucun problème de dérive des produits et aucun risque de contamination pour le travailleur après l'application; 4. un faible risque de résidus dans les fruits; 5. la possibilité d'application plus précise de matières actives de contact ou d'agents de contrôle biologique pour la lutte contre des ravageurs ou maladies des racines; 6. la réduction du risque de mortalité pour les auxiliaires utilisés dans la lutte biologique.

Ces avantages sont significatifs dans le contexte du plan d'action de la Confédération visant à la réduction des risques et à l'utilisation durable des produits phytosanitaires, qui encourage les mesures visant à réduire l'utilisation des produits phytosanitaires et les risques pour le consommateur, les opérateurs, les organismes non cibles et la qualité des eaux et du sol (Conseil fédéral 2017).

Au niveau des désavantages, il faut distinguer si l'on cible, avec cette technique, la lutte contre des maladies ou des ravageurs du sol ou des parties aériennes de la plante. Dans ce dernier cas, il ne faut utiliser que des matières actives systémiques et seule l'application d'insecticides entre en considération. Utiliser une matière active fongicide systémique avec une simple mode d'action sur le pathogène constitue un fort risque de sélectionner des souches résistantes. Ce type de molécule est généralement mélangé avec des matières actives de contact pour limiter ce risque. Une fois injecté dans le système d'irrigation, seule la matière active systémique est absorbée et transportée dans la plante et ce fait constitue un risque élevé de sélectionner des souches résistantes. La partie de

contact reste, au contraire, dans le substrat ou le sol.

Par contre, pour lutter contre des ravageurs ou des maladies des racines et du collet, on peut appliquer par cette technique des produits de contact ou des organismes de contrôle biologique. Une application correcte de la technique nécessite des investissements pour les modifications du système d'irrigation pour permettre l'injection séparée dans les différents secteurs.

Conclusions

Ces deux années d'essais confirment que :

- L'application d'insecticides systémiques comme le Thiamethoxam par la solution nutritive est efficace et n'augmente pas le risque de résidus dans les fruits.
- La répartition homogène du produit et la préparation de la plante à l'absorber sont deux aspects fondamentaux pour la réussite de cette technique.
- Cette technique présente beaucoup d'avantages et elle est plus adaptée à la culture hors-sol puisque la texture et la teneur en matière organique du sol ainsi que les propriétés physiques et chimiques des matières actives sont les facteurs qui en limitent l'application.

La matière active Thiamethoxam fait partie de la famille des néonicotinoïdes. Les études sur leur écotoxicité ont conduit à une limitation progressive de leur homologation. Elle se limite actuellement aux utilisations en serre sur salades et plantes ornementales (<https://www.psm.admin.ch/de/wirkstoffe/1473> dernière consultation 22 octobre 2018).

Remerciements

Nous remercions Ildo Berri de la maison Anacquaria SA de Tenero pour l'aide au développement du système d'injection, ainsi qu'Olivier Felix de l'OFAG pour la lecture critique du manuscrit et Michele Gusberti et Corrado Cara pour l'aide technique dans la récolte des données.

Bibliographie

- Bracy R. P., Parish R. L. & Rosendale R. M., 2003. Fertigation uniformity affected by injector type. *HortTechnology* **13**(1): 103-105.
- Byrne F. J. & Toscano N. C., 2006. Uptake and persistence of imidacloprid in grapevines treated by chemigation. *Crop Protection* **25**(8): 831-834.
- Candole B. L., Csinos A. S. & Wang D., 2007. Distribution and efficacy of drip-applied metam-sodium against the survival of *Rhizoctonia solani* and yellow nutsedge in plastic-mulched sandy soil beds. *Pest Management Science* **63**(5): 468-475.
- Chartzoulakis K. & Bertaki M., 2015. Sustainable Water Management in Agriculture under Climate Change. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* **4**: 88-98.
- Chase C. A., Stal W. M., Simonne E. H., Hochmuth R. C., Dukes M. D. & Weiss A. W., 2006. Nutsedge control with drip-applied 1,3-dichloropropene plus chloropicrin in a sandy soil. *HortTechnology* **16**(4): 641-648.
- Conseil fédéral, 2017. Rapport du Plan d'action visant à la réduction des risques et à l'utilisation durable des produits phytosanitaires: 1-81.
- Dasberg S. & Or D., 1999. Drip irrigation. Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co.K. 171 pp.
- de Aguiar R. A., da Cunha M. G. & Lobo Junior M., 2014. Management of white mold in processing tomatoes by *Trichoderma* spp. and chemical fungicides applied by drip irrigation. *Biological Control* **74**: 1-5.
- Dekker A., Houx N. & Runia W., 1995. Behaviour of oxamyl and propamocarb in two rockwool cultivation systems: open drainage and recirculation of nutrient solution excess. *Acta Horticulturae* **382**: 278-287.
- Desaegeer J. A., Rivera M., Leighty R. & Portillo H., 2011. Effect of methomyl and oxamyl soil applications on early control of nematodes and insects. *Pest Management Science* **67**(5): 507-513.
- Ghidui G.M. & Smith N.L., 1980. Trickle irrigation system injected insecticides to control the European corn borer in bell pepper. In: Rutgers University Vegetable Entomology 190 Integrated Pest Management and Pest Control – Current and Future Tactics Research Results - 1980, New Jersey Agricultural Experiment Station, NJ Cooperative Extension Report No. 1: 5-6.
- Ghidui G., Kuhar T., Palumbo J., & Schuster D., 2012. Drip chemigation of insecticides as a pest management tool in vegetable production. *Journal Integrated Pest Management* **3**(3): 1-5; DOI: <http://dx.doi.org/10.1603/IPM10022>
- Grout T. G. & Stephen P. R., 2005. Use of an inexpensive technique to compare systemic insecticides applied through drip irrigation systems in citrus. *African Entomology* **13**(2): 353-358.
- Juraske R., Castells F., Vijay A., Muñoz P. & Antón A., 2009. Uptake and persistence of pesticides in plants: Measurements and model estimates for imidacloprid after foliar and soil application. *Journal of Hazardous Materials* **165**(1): 683-689.
- Kuhar T. P., Walgenbach J. F. & Doughty H. B., 2009. Control of *Helicoverpa zea* in tomatoes with chlorantraniliprole applied through drip chemigation. *Plant Health Progress* DOI 10.1094/PHP-2009-0407-01-RS
- McGovern R. J., Vavrina C. S., Noling J. W., Datnoff L. A. & Yonce H. D., 1998. Evaluation of application methods of metam sodium for management of Fusarium crown and root rot in tomato in southwest Florida. *Plant Disease* **82**(8): 919-923.
- Miles T. D., Glass B. W., Sysak R. W. & Schilder A. C., 2018. Post-plant strategies for management of black root rot-related decline of perennial strawberry fields. *Crop Protection* **104**: 78-85.
- Ozbahce A., 2014. Chemigation for soil-borne pathogen management on melon growth under drought stress. *Australasian Plant Pathology* **43**(3): 299-306.
- Runia W., Dekker A. & Houx N., 1995. Distribution and emission of oxamyl in a rockwool cultivation system with open drainage of the nutrient solution. *Acta Horticulturae* **382**: 269-277.
- Slusarski C. & Spotti C. A., 2016. Efficacy of chloropicrin application by drip irrigation in controlling the soil-borne diseases of greenhouse pepper on commercial farms in Poland. *Crop Protection* **89**: 216-222.
- Tolentino J. B. Jr., Rezende R., Itako A. T., de Freitas P. S. L. & Frizzone J. A., 2011. Drip fungigation in early blight control of tomato. *Acta Scientiarum-Agronomy* **33**(1): 9-14.
- Van Timmeren S., Wise J. C. & Isaacs R., 2012. Soil application of neonicotinoid insecticides for control of insect pests in wine grape vineyards. *Pest Management Science* **68**(4): 537-542.
- Wang Z. W., Huang J. X., Chen J. Y. & Li F. L., 2013. Time-dependent movement and distribution of chlorothalonil and chlorpyrifos in tomatoes. *Ecotoxicology and Environmental Safety* **93**: 107-111.

Summary

How to correctly apply the phytosanitary products by the drip irrigation system

Pesticides application by drip irrigation system is a technique already applied in Switzerland for years in protected horticulture. This technique is currently applied without experimental basis that is necessary to limit the risks associated with incorrect use. During 2008-2009 tests were carried out in tomato cultivation on hydroponics and on soil to describe the correct technique of application for the distribution of pesticides by a drip irrigation system in horticulture and evaluate the biological efficiency and risks of residues linked to this technique. The efficacy on aphids was comparable to that of foliar applications and residues never exceeded tolerance threshold.

Key words: chemigation, Thiamethoxam, aphids, pesticide residues, tomato

Zusammenfassung

Wie bringt man Pflanzenschutzmittel durch ein Tropfbewässerungssystem richtig aus

Die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln durch Tropfbewässerungssystem ist eine Technik, die in der Schweiz schon seit Jahren im geschützten Gemüsebau angewendet wird. Diese Technik wird derzeit ohne erprobte Grundlage angewendet, welche jedoch notwendig ist, um die mit einer falschen Anwendung verbundenen Risiken zu begrenzen. Im Zeitraum 2008-2009 wurden im Tomatenanbau Hors-Sol, sowie im Bodenbau Versuche durchgeführt, um die korrekte Anwendungstechnik zur Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln durch ein Tropfbewässerungssystem in Gemüsebaukulturen zu beschreiben und die biologische Effizienz und die mit dieser Technik verbundenen Rückstandsrisiken zu bewerten. Die Wirksamkeit gegenüber Blattläusen war mit der der Blattspritztechnik vergleichbar und die Rückstände lagen nie über der Toleranzschwelle.

Riassunto

Come applicare correttamente i prodotti fitosanitari con il sistema d'irrigazione goccia-goccia

L'applicazione dei prodotti fitosanitari mediante il sistema d'irrigazione goccia-goccia è una tecnica già utilizzata in Svizzera da anni nel settore dell'orticoltura sotto protezione. Questa tecnica è attualmente applicata senza la necessaria base sperimentale per limitare i rischi legati ad un suo uso scorretto. Nel periodo 2008-2009 sono stati effettuati delle prove in colture di pomodori coltivati in hors-sol e in piena terra con lo scopo di descrivere la tecnica corretta di distribuzione dei prodotti fitosanitari mediante il sistema d'irrigazione goccia-goccia nelle colture orticole e per valutarne l'efficacia biologica e i rischi dei residui ad essa collegati. L'efficacia sugli afidi è paragonabile a quella delle applicazioni fogliari e i residui non hanno mai superato la soglia di tolleranza.

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

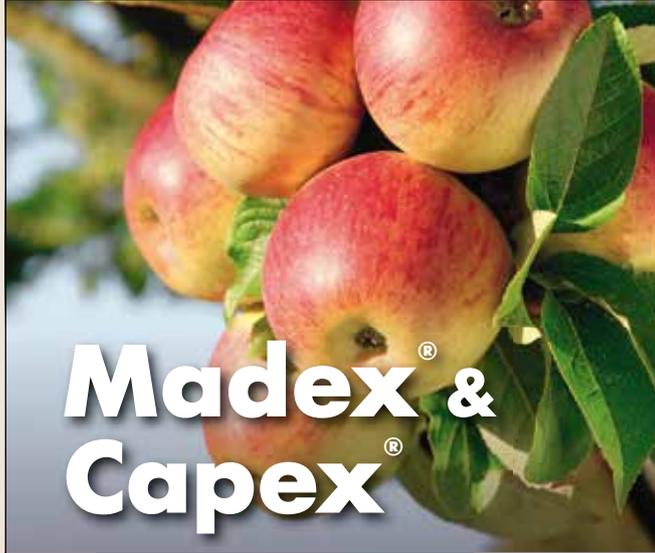


**JEAN-CLAUDE
FAY**
PÉPINIÈRES
VITICOLES

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



**Madex® &
Capex®**

Contre le carpocapse et le capua

- Efficacité éprouvée et sélective
- Pas de résidus
- Un produit suisse 

 **Andermatt
Biocontrol**

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

AGROBIO
CONSEILS SA

NOUVEAUTE

**Fruits
Engrais-Phytos
Analyses de sol
Swissgap-Vitiswiss-Conseils**

EN PRODUCTION BIO ET PI

**STIMUREL FOLIAIRE ET LIQUIDE
FERTILISANT DE NUTRITION
D'ORIGINE NATURELLE**

VITI-ARBO-CULTURES MARAICHERES

SOLUTION N-K + COMPLEXE D'ACIDES AMINES + OLIGO-ELEMENTS

**+41 27 746 33 47- agrobio@bluewin.ch - www.agrobioconseils.ch
 Carine Bovio Spielmann +41 79 286 49 30 - 1906 Charrat**

Facteurs influençant la présence de *Scaphoideus titanus*, vecteur de la flavescence dorée, dans le vignoble genevois

Stefano BILOTTA^{1,2}, François LEFORT¹, Sophie ROCHEFORT¹, Pascale DENEULIN³, Valeria TRIVELLONE⁴, Patrik KEHRLI²

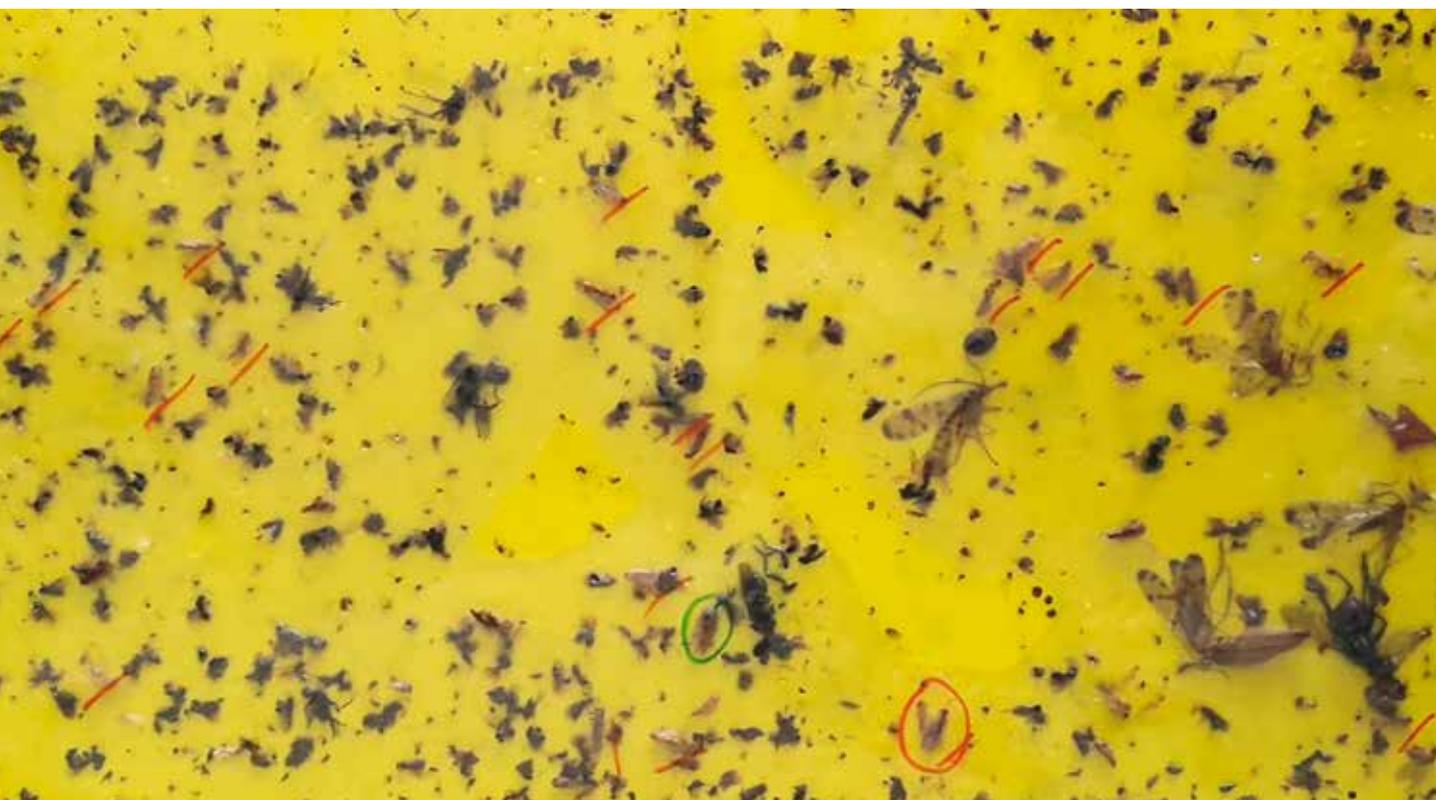
¹ Institut Terre Nature Environnement (inTNE), HEPIA, HES-SO/Genève, 1254 Jussy, Suisse;

² Agroscope, 1260 Nyon, Suisse;

³ Changins, 1260 Nyon, Suisse;

⁴ University of Illinois, Champaign USA

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



Captures de *S. titanus* à l'aide de plaques jaunes engluées.

Introduction

La cicadelle vectrice de la flavescence dorée, *Scaphoideus titanus* Ball, est un hémiptère de la famille des Cicadellidae. Elle est originaire d'Amérique du Nord et a probablement été introduite en Europe au début du XX^e siècle. Aujourd'hui, sa présence sur le continent européen est signalée dans plus de treize pays (Chuche et Thiéry 2014). En Suisse, elle a été repérée pour la

première fois en 1967 dans le canton du Tessin puis en 1996 sur la rive gauche du canton de Genève. En Europe, *S. titanus* est inféodée à *Vitis vinifera* alors que dans le Nord-Est américain on la retrouve principalement sur *V. aestivalis*, *V. labrusca*, *V. riparia* et *V. vinifera*. Cet insecte, de par son mode de vie, ne cause aucun dégât important sur la vigne en Europe. Par contre, il est le principal vecteur connu de la transmission épidémique de la flavescence dorée (FD), maladie

de quarantaine selon l'Ordonnance sur la protection des végétaux (RS 916.20). Cette maladie à phytoplasme est due à '*Candidatus Phytoplasma vitis*' une bactérie sans paroi cellulaire du groupe ribosomal 16Sr-V (Elm yellows) (Lee *et al.* 2004). La première observation de la FD en Suisse remonte à 2004 au Tessin, et depuis la maladie s'est étendue sur la quasi-totalité du vignoble tessinois (Jermini *et al.* 2014). A la fin de l'année 2015, des foyers de FD sont observés dans deux communes vaudoises. Par la suite, la maladie se propage et est également identifiée dans une parcelle en Valais et dans la vallée du Misox dans le canton des Grisons (com. pers. Santiago Schaerer).

Afin de mieux comprendre l'épidémiologie de la FD, il est primordial de comprendre les facteurs influençant l'occurrence et l'abondance de son principal vecteur. Dans le passé, l'orientation des parcelles (Linder et Jermini 2007) et le cépage (Posenato *et al.* 2001) ont été identifiés comme des facteurs influençant l'abondance de *S. titanus* dans les vignobles. Il en va de même pour la flore occupant l'interligne, qui peut servir de nourriture alternative pour le vecteur (Chuche et Thiéry 2014). Ainsi, Trivellone *et al.* (2013) ont démontré que les nymphes de *S. titanus* se nourrissent et se développent également sur la renoncule rampante (*Ranunculus repens*) et le trèfle blanc (*Trifolium repens*).

Cette étude avait pour but d'étudier la répartition de *S. titanus* au sein du vignoble genevois et de vérifier l'importance des facteurs mentionnés ainsi que d'en identifier d'autres pouvant influencer la présence de l'insecte dans le vignoble. Pour ce faire, diverses données collectées sur le terrain ont été analysées à l'aide de deux différentes méthodes statistiques complémentaires, notamment des analyses univariées et bayésiennes.

Matériel et méthodes

Sites d'étude

Cette étude a été menée dans deux régions viticoles du canton de Genève, sur la rive droite du Rhône (communes de Satigny, Dardagny et Russin) et sur la rive gauche du lac Léman (communes d'Anières, Corsier, Collonge-Bellerive, Choulex, Meinier, Gy, Jussy et Presinge).

Méthode de capture de *S. titanus*

Afin de capturer des individus de *S. titanus*, 154 plaques chromatiques engluées jaunes (Aeraxon™, 10 x 26 cm) ont été installées dans les vignes; 110 sur la rive droite et 44 sur la rive gauche. Les pièges ont été posés à la

Résumé La cicadelle *Scaphoideus titanus* est actuellement le principal vecteur connu de la transmission épidémique de la flavescence dorée. Cette étude a été réalisée durant l'été 2017 dans le but d'identifier les facteurs biotiques et abiotiques influençant la présence de cette cicadelle dans le vignoble du canton de Genève. Nos captures montrent que *S. titanus* est présente dans toutes les parcelles échantillonnées et confirment sa distribution sur la quasi-totalité du vignoble genevois. L'abondance de *S. titanus* diffère selon l'orientation des lignes et diminue avec la pente de la parcelle. Nos données indiquent également que la densité de *S. titanus* est plus élevée lorsque la surface viticole est importante dans les environs. Dans le cadre de prospections de *S. titanus* en Suisse, cette étude recommande donc d'échantillonner des parcelles bien ensoleillées au milieu de grands vignobles à faible pente.

verticale juste en-dessus des grappes et au centre des parcelles choisies. Le piégeage s'est déroulé du 27 juillet au 3 septembre 2017. Le dénombrement de *S. titanus* sur les pièges s'est fait par la suite au laboratoire.

Facteurs étudiés

Durant cette étude, 20 facteurs ont été mesurés et comparés aux quantités de *S. titanus* capturés sur les pièges. Ils sont classés en quatre groupes: les facteurs topographiques, culturels, écologiques et environnementaux (tabl. 1 et 2). Pour les facteurs environnementaux, la proportion des surfaces de vignes, vergers, cours d'eau ainsi que surfaces forestières et agricoles, a été calculée pour des rayons de 50m autour de chaque piège par le logiciel ArcMAP. Les facteurs écologiques ont été déterminés par quatre relevés botaniques de 1m² dans toutes les parcelles étudiées durant le mois d'août. Dans ce relevé, les densités de la renoncule rampante (*Ranunculus repens*), du trèfle blanc (*Trifolium repens*) et du pissenlit (*Taraxacum officinale*) ont été estimées selon l'échelle de Londo (Londo 1976).

Analyses statistiques

Dans un premier temps, chaque facteur a été comparé à l'abondance de *S. titanus* via une corrélation linéaire de Pearson dans le cas où il s'agissait d'une variable

Tableau 1 | Résultats de l'ANOVA à un facteur sur les facteurs nominaux par rapport à l'abondance de *S. titanus* dans le vignoble genevois. Détails sur les facteurs, les degrés de liberté DDL (facteur/résiduelle), les valeurs de F et de P.

Facteurs	DDL	F	P-valeur
Topographiques Exposition des lignes (NE, E, SE, S, SO, O et NO)	6/146	2,38	0,03
Cultureaux Cépages (Aligoté, Chardonnay, Chasselas, Gamaret, Gamay, Merlot, Pinot gris, Pinot noir, Riesling-Sylvaner et autres)	9/144	0,87	0,56
Type de conduite (Guyot-basse, Guyot-mi-haute et autres)	2/151	3,00	0,06
Confusion sexuelle (oui/non)	1/152	0,09	0,76
Ecologiques Plantes dominantes (géraniums, graminées, liserons, plantains, renouées et potentilles)	5/132	0,70	0,62

Tableau 2 | Résultats des corrélations de Pearson entre les variables continues et l'abondance de *S. titanus* dans le vignoble genevois. Détails sur les différentes variables, des moyennes avec leurs extrêmes (N = 154), de la corrélation et de la P-valeur (P-valeur ajustée selon la procédure de Bonferroni).

Variables	Moyenne (min - max)	Coefficient de corrélation	P-valeur ajustée selon Bonferroni
Topographiques Pente moyenne (%)	9,6 (0,1 - 50)	-0,25	0,02
Radiation solaire en été (W/m ²)	516283 (410710 - 529144)	0,12	1
Exposition à la bise (Hillshade)	64,8 (0 - 251)	0,04	1
Cultureaux Age des ceps (années)	24,6 (5 - 54)	-0,03	1
Densité de la plantation des ceps (ceps/ha)	7931 (2778 - 14286)	0,19	0,25
Ecologiques Enherbement (%)	36,0 (0 - 83,3)	-0,15	1
Hauteur de l'enherbement (cm)	10,4 (0 - 28)	0,19	0,29
<i>Ranunculus repens</i> (%)	1,4 (0 - 22)	-0,08	1
<i>Trifolium repens</i> (%)	10,4 (0 - 53)	-0,07	1
<i>Taraxacum officinale</i> (%)	7,3 (0 - 65)	0,07	1
Environnementales Vignes à 50 m (%)	90,08 (47 - 100)	0,08	1
Vergers à 50 m (%)	0,14 (0 - 22)	0,06	1
Surfaces forestières à 50 m (%)	0,86 (0 - 32)	-0,09	1
Cours d'eau à 50 m (%)	0,02 (0 - 1)	-0,02	1
Surfaces agricoles à 50 m (%)	2,57 (0 - 52)	-0,09	1

continue et avec une ANOVA à 1 facteur s'il s'agissait d'un facteur nominal. Par la suite, une analyse bayésienne a été réalisée en utilisant le package BayesFactor implémenté sur le logiciel statistique R (Morey et Rouder 2015) afin de calculer les valeurs BF_{10} (la probabilité que les facteurs écologiques, topographiques et environnementaux affectent l'abondance de *S. titanus* par rapport à l'hypothèse nulle statuant que lesdits facteurs n'influencent pas l'abondance du vecteur).

Résultats

Relevés de *S. titanus* sur les pièges

Sur les 154 pièges de l'étude, un total de 14004 cicadelles de *S. titanus* a été dénombré. Tous les pièges ont capturé des individus de *S. titanus* avec un minimum de 4 et un maximum de 305 individus par piège (fig. 1). En moyenne, 90 adultes de *S. titanus* ont été capturés par plaque jaune avec une présence légèrement supérieure sur la rive droite que sur la rive gauche (95 vs 80 individus/piège).

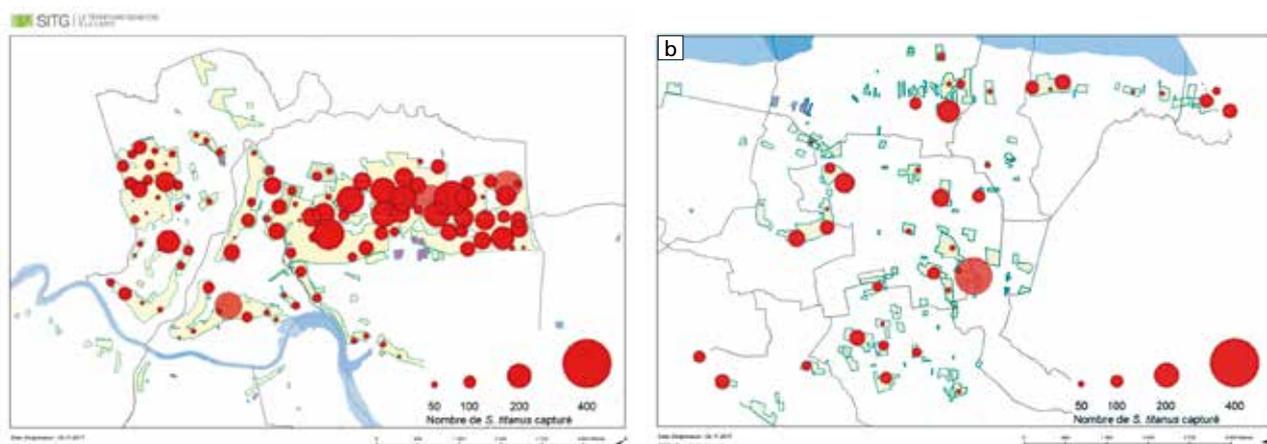


Figure 1 | Carte des sites de l'étude illustrant l'abondance de *S. titanus* selon les pièges a) pour la rive droite du Rhône et b) pour la rive gauche du lac Léman.

Facteurs influençant *S. titanus*

Pour les **facteurs topographiques**, seules l'exposition des parcelles et la pente moyenne ont significativement influencé la densité de *S. titanus* dans le vignoble (tabl. 1 et 2). On observe que plus le vignoble est en pente, moins il y a d'individus de *S. titanus*. Dans les parcelles exposées à l'est, nous avons capturé significativement moins de *S. titanus* que dans les parcelles exposées au sud-est (49 vs 106 individus/piège) et les cinq autres orientations se situent entre ces deux valeurs (fig. 2). Les **facteurs cultureux** étudiés, cépage inclus, n'ont significativement pas influencé l'abondance de *S. titanus* dans les parcelles (tabl. 1 et 2). Toutefois, la conduite Guyot-basse a présenté une tendance favorisant l'abondance de la cicadelle comparée à la conduite Guyot-mi-haute (102 vs 77 individus/piège). Aucun **facteur écologique** ne s'est révélé être significa-

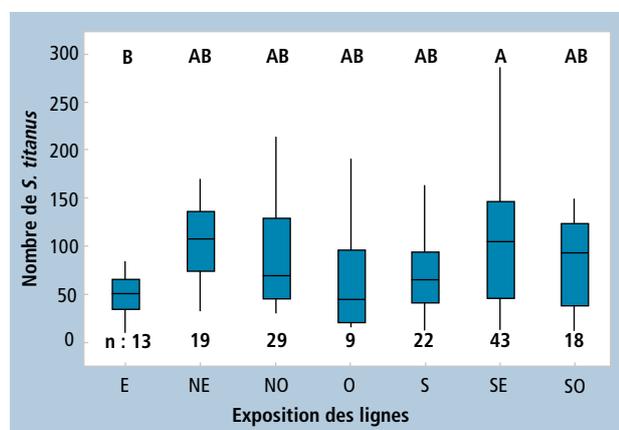


Figure 2 | Quantité de *S. titanus* capturés selon l'exposition des lignes. Les lettres différentes indiquent des orientations significativement différentes ($P \leq 0,05$) et le chiffre n précise le nombre de pièges par orientation.

tif (tabl. 1 et 2). Ni le pourcentage d'enherbement de l'interligne, ni sa hauteur, ni sa composition botanique ne semble influencer la présence de *S. titanus* dans le vignoble. A une distance de 50 m du piège, aucun **facteur environnemental** n'influence l'occurrence de *S. titanus* dans la parcelle (tabl. 2).

Les analyses bayésiennes confirment ces résultats précédents (tabl. 3). Les valeurs BF calculées pour les modèles avec les facteurs topographiques suggèrent également une forte évidence du rôle de la pente pour l'abondance de *S. titanus*. Cependant, les modèles avec des facteurs écologiques et environnementaux ne se distinguent pas de l'hypothèse nulle statuant que ces facteurs n'influencent pas l'abondance du vecteur.

Discussion

Cette étude a permis de confirmer la présence de *S. titanus* sur près de 75 % du vignoble genevois et laisse à penser que l'ensemble du vignoble du canton est colonisé par le vecteur de la FD comme avancé dans une récente publication de Linder *et al.* (2017) ainsi que de Pétremand *et al.* (2017). Ce piégeage à grande échelle complète donc les prospections faites depuis 1996 jusqu'à ce jour dans le canton de Genève.

Dans cette étude, nous avons également pu constater que le nombre de *S. titanus* est probablement directement influencé par des facteurs topographiques, notamment l'exposition des lignes et la pente de la parcelle. Nous confirmons donc l'étude de Linder et Jermini (2007) qui avançait que l'orientation des parcelles influencerait le nombre de *S. titanus*. En effet, il avait été démontré que les parcelles orientées au sud-est hébergeaient 11 fois plus de *S. titanus* que

Tableau 3 | Analyse bayésienne des données par rapport à l'abondance de *S. titanus* dans le vignoble genevois. H0 = La (les) variable(s) du modèle n'affectent pas l'abondance de *S. titanus*, H1 = La (les) variable(s) du modèle affectent l'abondance de *S. titanus* (interprétation des valeurs comme suggéré par Jeffreys (1961)).

Modèles	Facteur de Bayes (BF ₁₀)	Interprétation selon H. Jeffreys
Variables écologiques (meilleurs trois modèles)		
[1] % Enherbement	0,87	Evidence non fiable pour H0
[2] % Enherbement + % <i>Taraxacum officinale</i>	0,47	Evidence non fiable pour H0
[3] % <i>Ranunculus repens</i>	0,35	Evidence non fiable pour H0
Variables topographiques (meilleurs quatre modèles)		
[1] % Pente	20,11	Evidence forte pour H1
[2] % Pente + Radiation solaire	5,76	Evidence modérée pour H1
[3] % Pente + Exposition bise	4,95	Evidence modérée pour H1
[4] % Pente + Radiation solaire + Exposition bise	2,76	Evidence non fiable pour H1
Variables environnementales à 50 m (meilleurs trois modèles)		
[1] % Forêts	0,32	Evidence modérée pour H0
[2] % Surfaces agricoles	0,32	Evidence modérée pour H0
[3] % Vignes	0,26	Evidence modérée pour H0

celles orientées au nord-est sur le coteau de Choulex. De plus, le vecteur était également plus abondant dans la plaine tessinoise que dans les coteaux. Nous confirmons également ce résultat sur Genève en observant une corrélation négative entre la pente et le nombre de *S. titanus* capturés.

Dans notre étude, la proportion et la composition de l'enherbement dans les interlignes n'a pas eu un effet direct sur l'abondance de *S. titanus* dans le vignoble. La présence de la renouée rampante et du trèfle blanc n'a pas favorisé la cicadelle. De même pour la présence du pissenlit, plante indicatrice de sols riches en azote, qui n'a pas pu être corrélée avec la densité du vecteur.

Contrairement à Posenato *et al.* (2001), nous n'avons pas pu constater un effet direct du cépage sur la densité de *S. titanus* sur le territoire genevois. Néanmoins, le type de conduite de la vigne a présenté une tendance quant à l'abondance de la cicadelle. Cette tendance pourrait s'expliquer par une proportion de vigne en Guyot-basse plus élevée dans le grand vignoble autour de Satigny (33 sur 52 parcelles échantillonnées) que pour le reste du canton (47 sur 102 parcelles échantillonnées). C'est également autour de Satigny qu'on observe en moyenne plus de *S. titanus*

dans les parcelles que dans les autres vignobles (128 vs 72 individus par piège).

A une petite échelle de 50 m, les facteurs environnementaux relevés n'influencent pas directement l'occurrence de *S. titanus* dans la parcelle. Mais comme mentionné précédemment, plus de vecteurs ont été capturés dans le grand vignoble connecté de Satigny que dans les autres parties du vignoble genevois plus morcelées. Nos observations laissent donc penser que la présence de *S. titanus* augmente avec la surface de vignes aux alentours de la parcelle. En Europe, la présence de *S. titanus* est généralement plus importante dans les vignobles que dans les sous-bois. Ceci est contraire à la situation en Amérique du Nord (Maixner *et al.* 1993), région d'origine de *S. titanus* où l'insecte semble peu présent dans les vignobles et où la majorité des captures sont réalisées dans les sous-bois sur des plants de *Vitis* sauvages. On peut donc conclure que, sous nos latitudes, le climat viticole et la vigne semblent mieux convenir à *S. titanus* que les bordures de forêt et de cours d'eau.

Toutes nos observations laissent penser que le microclimat de la parcelle joue un rôle clé sur la présence de *S. titanus* (exposition sud-est avec fort ensoleillement, faible pente, entouré par une grande surface viticole). Il semble que des situations chaudes et sèches sont préférées par la cicadelle dans le vignoble genevois. En conséquence, on peut conclure que même si les mécanismes (mode de conduite, encépagement, entourage etc.) qui régissent la distribution de *S. titanus* dans le vignoble sont complexes (Linder et Jermini, 2007), le microclimat joue certainement un facteur clé. Pour les campagnes de prospection de *S. titanus* en Suisse, il semble donc conseillé d'échantillonner des parcelles bien ensoleillées au milieu de grandes surfaces viticoles.

Conclusions

- La cicadelle *S. titanus* est présente sur l'ensemble des sites de l'étude.
- Les parcelles à faible pente et exposées sud-est abritent en moyenne plus d'individus de *S. titanus*.
- La présence de *S. titanus* est plus importante dans le grand vignoble connecté autour de Satigny que dans les autres vignobles genevois plus morcelés.
- Pour les campagnes de prospection de *S. titanus* en Suisse, il est conseillé d'échantillonner des parcelles bien ensoleillées au milieu de grands vignobles. ■

Remerciements

Nous remercions Prof. Nicolas Delabays (HEPIA), Dr Dominique Fleury et ses collègues de l'OCAN (Office cantonal de l'agriculture et la nature) ainsi que M. Sébastien Chognard pour leur collaboration. Nous sommes également reconnaissants envers tous les viticulteurs genevois pour l'aide apportée à ce travail par la mise à disposition de leurs parcelles.

Bibliographie

- Chuche J. et Thiéry D., 2014. Biology and ecology of the Flavescence dorée vector *Scaphoideus titanus*: a review. *Agronomy for Sustainable Development* **34**, 381-403.
- Jeffreys H., 1961. Theory of probability (3rd ed.). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Jermini M., Schaerer S., Johnston H., Colombi L., et Marazzi C., 2014. Dix ans de Flavescence dorée au Tessin. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **46**, 222-229.
- Lee I., Martini M., Marcone C., Zhu S., 2004. Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology **54**, 337-347.
- Linder C. et Jermini M., 2007. Biologie et distribution du vecteur de la Flavescence dorée dans les vignobles. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **39**, 97-101.
- Linder C., Kehrli P., Jermini M., Bünter M. et Blaser S., 2017. Distribution du vecteur de la Flavescence dorée *Scaphoideus titanus* en Suisse. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **49**, 63-65.
- Londo G., 1976. The decimal scale for relevés of permanent quadrats. *Vegetation* **33**, 61-64.
- Maixner M., Pearson R.C., Boudon-Padieu E. et Caudwell A., 1993. *Scaphoideus titanus*, a possible vector of grapevine yellows in New York. *Plant Disease* **77**, 408-413.
- Morey R.D., Roudier J.N., 2015. BayesFactor: Computation of Bayes Factors for common designs. R package v0.9.12-4.2. URL: <http://CRAN.R-project.org/package=BayesFactor>.
- Pétremand G., Volanthen O., Gigon V., Delabays N., Fleury D., Lefort F. et Rochefort S., 2017. Etablissement et optimisation d'un réseau de surveillance dans un contexte de réchauffement climatique. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **49**, 272-279.
- Posenato G., Mori N., Bressan A., Girolami V., Sancassani G.P., 2001. *Scaphoideus titanus*, vettore della flavescenza dorata: conoscerlo per combatterlo. *L'Informatore Agrario* **57**, 91-93.
- Trivellone V., Jermini M., Linder C., Cara C., Delabays N. et Baumgartner J., 2013. Rôle de la flore du vignoble sur la distribution de *Scaphoideus titanus*. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **45**, 222-228.



Summary**Factors influencing the presence of *Scaphoideus titanus*, the vector of Flavescence dorée, in the vineyards of Geneva**

The leafhopper *Scaphoideus titanus* is the main vector for the epidemiological transmission of Flavescence dorée. This study has been carried out in the summer 2017 with the goal to identify the biotic and abiotic factors, which could potentially influence the abundance of the leafhopper in the vineyard of the canton of Geneva. Captures showed that *S. titanus* was present in all sampled plots and confirmed its presence over nearly the whole vineyard of Geneva. The abundance of *S. titanus* differed in respect of the orientation of the rows and decreased with the slope of the plot. Our data also indicate that the density of *S. titanus* is higher with an increasing surface of grapevines in the surrounding. For the monitoring of *S. titanus* in Switzerland, it seems therefore to be recommended to sample sunny plots in the middle of large vineyards.

Key words: Viticulture, phytoplasma, grapevine yellows, epidemiology, landscape ecology

Zusammenfassung**Die Faktoren welche das Vorkommen von *Scaphoideus titanus*, dem Vektor der Goldgelben Vergilbung, im Genfer Rebberg beeinflussen**

Die Zikade *Scaphoideus titanus* ist aktuell der wichtigste bekannte Vektor der epidemischen Übertragung der Goldgelben Vergilbung. Diese Studie wurde im Sommer 2017 durchgeführt, mit dem Ziel die biotischen und abiotischen Faktoren, welche das Vorkommen der Zikade innerhalb des Genfer Rebberges erklären, zu identifizieren. *Scaphoideus titanus* konnte in sämtlichen untersuchten Parzellen gefangen werden und unsere Daten bestätigen daher sein Vorkommen im praktisch ganzen Genfer Rebberg. Die Häufigkeit von *S. titanus* unterschied sich in Abhängigkeit der Orientierung der Rebzeilen und sank mit der Parzellenneigung. Daneben weisen unsere Daten auch darauf hin, dass die Dichte von *S. titanus* höher ist, wenn die Rebfläche in der Umgebung gross ist. Für das Auffinden von *S. titanus* in der Schweiz scheint es sich daher zu empfehlen, sonnige Parzellen in Mitten eines grossen Rebberges zu beproben.

Riassunto**Fattori che influenzano la presenza di *Scaphoideus titanus*, vettore della Flavescenza dorata, nel vigneto ginevrino**

La cicalina *Scaphoideus titanus* è attualmente il principale vettore conosciuto della trasmissione epidemica della Flavescenza dorata. Questo studio è stato condotto durante l'estate 2017 con l'obiettivo di identificare i fattori biotici e abiotici che influenzano la cicalina nel vigneto del canton Ginevra. Le nostre catture mostrano che *S. titanus* è presente in tutti i lotti campionati e conferma la sua distribuzione su quasi tutto il vigneto ginevrino. L'abbondanza di *S. titanus* differisce secondo l'orientamento dei filari e diminuisce con la pendenza del terreno. I nostri dati mostrano che la densità di *S. titanus* è più alta quando ci sono più vigneti nelle vicinanze. Per i sondaggi di *S. titanus* in Svizzera, sembra sia preferibile campionare lotti ben soleggiati e in mezzo a grandi vigneti con lieve pendenza.

GIGANDET SA

Votre spécialiste
BUCHER
vaslin

VENTE - SERVICE - RÉPARATION - RÉVISION

Notre expérience dans vos projets sur mesure

Réception vendange



Pressoir



Filtre tangential



Oenopompe®



ADRESSES GÉNÉRALES

Gigandet SA Succursale de la Côte
Les Jaccolats 1 1166 Perroy
1853 Yvorne

POUR NOUS CONTACTER

info@gigandetsa.ch
+41 (0)24 466 13 83

POUR PLUS D'INFORMATION

www.gigandetsa.ch

BON
JOUR

Suivez votre ligne de vie, venez donner votre sang



TRANSFUSION INTERREGIONALE CRS
INTERREGIONALE BLUTSPENDE SRK



Numéro gratuit 0800 14 65 65 | itransfusion.ch

parentese-NOV.ch

Automatisation des analyses à CHANGINS

Le nombre de vinifications augmente depuis plusieurs années à la cave de CHANGINS. Julie Roeslé-Fuchs, œnologue, professeure d'œnologie et responsable de la cave didactique de CHANGINS le confirme: « En 2018, nous avons réalisé plus de 200 vinifications! ». Malgré ce grand nombre, une approche individualisée basée sur le savoir-faire, les observations en cave, ainsi que sur les analyses demeure incontournable. De ce fait, beaucoup d'échantillons sont analysés dans les laboratoires de CHANGINS dans le but d'assurer un suivi adéquat, ainsi que la stabilité des vins.

Aux analyses classiques (pH, azote assimilable, acidité titrable et volatile, SO_2 , sucres, alcool, etc.) s'ajoutent des méthodes plus complexes appliquant la chromatographie ou la spectrophotométrie.

Récemment, CHANGINS a acquis un spectromètre d'émission atomique par plasma micro-ondes (MP-AES) en remplacement du spectromètre d'absorption atomique (AAS). Le nouvel appareil permet de quantifier la composition en éléments des sols, raisins, moûts, vins ou intrants œnologiques. « Les limites de détection sont plus basses comparées à un AAS, les plages de quantification plus larges et la méthode permet des analyses multi-élémentaires », explique Marilyn Cléroux, responsable du service analytique. En combinaison avec le passeur d'échantillons, la nouvelle méthode facilite un haut débit d'analyses de façon automatisée.

Les analyses classiques restent cependant indispensables et bénéficient aussi d'une automatisation qui augmente le rendement et réduit le temps de travail requis. Priscilla Siebert, œnologue, qui a rejoint CHANGINS en 2018 précise: « Lors de périodes de forte demande analytique, par exemple durant les vendanges, ce gain de temps est précieux. » Dernière acquisition, l'auto-titreur SI Analytics, capable de quantifier le pH, l'acidité titrable, ainsi que le SO_2 libre et total de façon autonome dans plus de 40 échantillons, libère du temps pour d'autres analyses, telles que l'acidité volatile ou l'alcool.

Les avantages et les défis de l'automatisation à la cave et au laboratoire feront l'objet d'un article plus approfondi dans la Revue en 2019. ■

Ramón Mira de Orduña Heidinger, professeur de chimie du vin et responsable des laboratoires.



Grâce au quatre burettes et au passeur, le titreur automatique de SI Analytics permet de mesurer le pH, l'acidité titrable, le SO_2 libre et total sur 44 échantillons sans nécessité d'intervention.

Photo: A. Pernet, Changins



Le système d'analyse MP-AES de la société Agilent est capable de fournir des analyses multi-élémentaires. Photo: A. Pernet, Changins.

LA VIGNE

VOLUME 2

RAVAGEURS ET AUXILIAIRES

CHRISTIAN LINDER
PATRIK KEHRLI
OLIVIER VIRET



Acarien rouge

Panonychus ulmi (Linné)

INTRODUCTION

Considéré au début du 20^e siècle comme un hôte occasionnel des vignobles, *Panonychus ulmi* est reconnu dès les années 1950 comme un ravageur principal de la vigne. Il est largement admis que ce changement de statut est d'origine anthropique. Ainsi, le développement de l'usage d'insecticides à large spectre (sprouticides, autres phytosanitaires...), a entraîné la disparition de ses prédateurs naturels, et plus particulièrement des acariens typhlodromes, grands consommateurs d'acaridés rouges. L'essor de *P. ulmi* semble également avoir été stimulé par des changements qualitatifs dans son alimentation, engendrés notamment par des excès d'engrais azotés. Malgré le développement de nombreuses matières actives à action acaricide, les pullulations cycliques et souvent imprévisibles d'acaridés rouges rapidement résistants ont été à l'origine de dégâts considérables dans les vignobles septentrionaux. Affectant notamment la photosynthèse et la teneur en sucres des moûts, cette espèce a ainsi longtemps figuré, avec les vers de la grappe, parmi les arthropodes les plus dommageables à la culture de la vigne. Cependant, avec la mise en pratique des concepts de lutte et de production intégrées, les pullulations de *P. ulmi* sont devenues beaucoup plus rares ces dernières années. Ainsi, le développement et l'usage de produits et techniques respectant les prédateurs a permis le retour des typhlodromes qui assurent à eux seuls le contrôle du ravageur dans les vignes. Ce bel exemple de lutte biologique est cependant tributaire d'une vigilance permanente, car même si l'acaridés rouge est redévenu un hôte discret des vignobles, il a démontré, dans un passé proche, tout son potentiel de nuisibilité.

18 | ACARIENS ROUGES



Vers de la grappe

La grappe est un organe sensible à de nombreuses maladies et ravageurs. Parmi ceux-ci, les vers de la grappe sont les plus dommageables. Ils sont responsables de dégâts importants, notamment en termes de rendement et de qualité des raisins. Ces insectes sont très difficiles à contrôler, car ils sont capables de se cacher dans les grappes et de résister à de nombreux traitements. Leur présence est souvent détectée lors de la vendange, lorsque les grappes sont écrasées et que les vers sont libérés. Les symptômes de leur présence sont des grappes déformées, des raisins tombés prématurément et une forte odeur de fermentation. Les vers de la grappe sont donc un véritable fléau pour les viticulteurs, et leur contrôle nécessite une vigilance constante et l'utilisation de produits adaptés.



Le deuxième volume *Ravageurs et Auxiliaires* offre au lecteur un descriptif détaillé des visiteurs indésirables, mais aussi de la faune bénéfique qui réside dans nos parcelles.

Les dégâts, les cycles biologiques des ravageurs et les mesures recommandées pour leur contrôle sont rehaussés d'images spectaculaires.

LA VIGNE – Volume 2 – RAVAGEURS ET AUXILIAIRES

Christian Linder, Patrik Kehrlí et Olivier Viret – 394 pages, ISBN 978-3-85928-099-1 CHF 85.– / dès 10 ex. CHF 72.– / Ecoles CHF 69.– (TVA incluse, frais de port non compris)

COMMANDE:

info@revuevitiarbohorti.ch

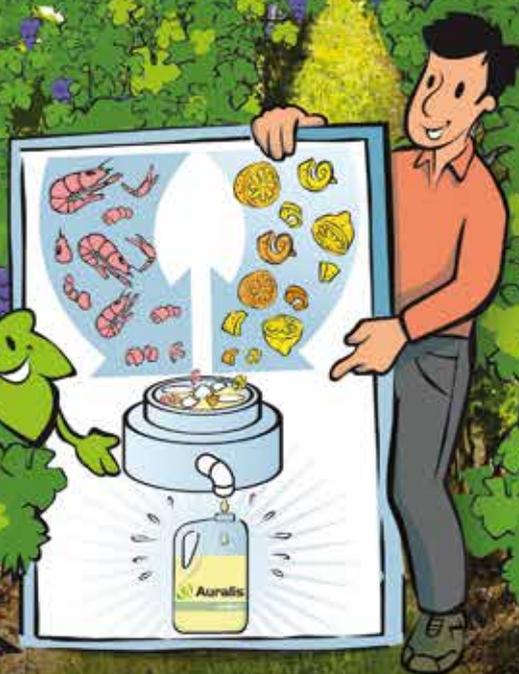
AMTRA, avenue des Jordils 5, case postale 1080, 1001 Lausanne



Agroscope | Agora | Amtra

UN NOUVEAU PAS DANS LA LUTTE CONTRE LE MILDIU ET L'OÏDIUM

- Produit biologique contre le mildiou et l'oïdium
- Résistant au lessivage
- Ne laisse aucune trace



 Biosolutions

 **Auralis**

syngenta®

Plus d'informations sous www.syngenta.ch

Utilisez les produits phytosanitaires avec précaution.
Avant toute utilisation, consulter les indications sur l'emballage.