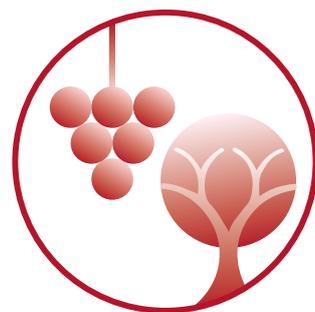


VITICULTURE ARBORICULTURE HORTICULTURE



S E P T E M B R E - O C T O B R E 2 0 1 7 | V O L . 4 9 | N ° 5



- Protection des végétaux** Insectes ravageurs émergents **Page 272**
- Viticulture** Alimentation en eau et comportement du Pinot noir dans les conditions du Valais central **Page 290**
- Actualités** Un nouveau ravageur en Suisse dans les plantes médicinales et aromatiques: *Chrysolina americana* **Page 310**



Photographie de couverture:
Chrysolina americana, nouveau ravageur dans les plantes médicinales et aromatiques, observé et identifié ce printemps par Agroscope (voir p. 310).
(Photo: Hervé Bouyon)

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, CP 1080, 1001 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 (directeur CHANGINS), Ph. Droz (Agridea)

Publicité

Inédit Publications SA,
Avenue de Rumine 37, CP 900, 1001 Lausanne, tél. +41 21 695 95 95

Préresse

Inédit Publications SA, 1001 Lausanne

Impression

Stutz Medien AG, 8820 Wädenswil

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

Tarifs des abonnements

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

Abonnements et commandes

Michael Thierrin,
Avenue des Jordils 5, CP 1080, 1001 Lausanne
Tél. +41 21 614 04 77
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

Septembre–Octobre 2017 | Vol. 49 | N° 5

269 Editorial

Protection des végétaux

- 272 **Insectes ravageurs émergents – Etablissement et optimisation d'un réseau de surveillance dans un contexte de réchauffement climatique**
Gaël Pétremand, Olivier Vonlanthen, Vincent Gigon, Nicolas Delabays, Dominique Fleury, François Lefort et Sophie Rochefort

Viticulture

- 280 ***Orientus ishidae*, un nouveau vecteur de la flavescence dorée au Tessin**
Mauro Jermini, Santiago Schaerer, Paola Casati, Giacomo Corbani, Fabio Quaglino, Ivo Rigamonti et Piero Bianco
- 290 **Alimentation en eau et comportement du Pinot noir dans les conditions du Valais central**
Vivian Zufferey, Jean-Laurent Spring, Thibaut Verdenal, Ágnes Dienes-Nagy, Sandrine Belcher, Fabrice Lorenzini, Carole Koestel, Johannes Röstli, Katia Gindro, Jorge E. Spangenberg et Olivier Viret

Cultures sous serre

- 302 **Eclairage LED interligne en culture de tomate sur substrat**
Céline Gilli, Yannick Fleury et Cédric Camps

Actualités

- 310 **Un nouveau ravageur en Suisse dans les plantes médicinales et aromatiques: *Chrysolina americana***
Claude-Alain Carron et Catherine Baroffio

Informations techniques

- 312 **Utilisation des ressources génétiques fruitières (NUVOG) pour le cidre**
Jonas Inderbitzin, Andreas Bühlmann, Eva Arrigoni, Rolf Zimmermann, Sonia Petignat, Jennifer Gassmann et Romano Andreoli

318 La page de CHANGINS



PÉPINIÈRES VITICOLES J.-J. DUTRUY & FILS

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

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

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



Flavy FX ICS

La filtration tangentielle Bourbes **et** Vins



La solution "2 en 1" pour filtrer toute l'année.

Fort de son expertise en filtration des vins, Bucher Vaslin développe la technique de filtration tangentielle pour le traitement des bourbes pendant les vendanges.

Bourbes et Vins sont ainsi traités avec le même filtre, pour un fonctionnement toute l'année. Cette nouvelle solution "2 en 1" présente plusieurs atouts : une valorisation du produit fini, un gain économique indéniable et une réelle valeur ajoutée pour la cave.

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 Farmer 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

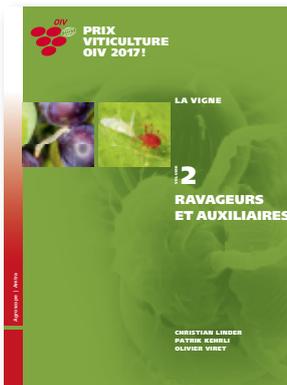
BUCHER
vaslin

www.buchervaslin.com
Votre réussite est notre priorité

Prix de viticulture 2017 de l'OIV pour l'ouvrage *Ravageurs et Auxiliaires*



Judith Auer
Rédactrice en cheffe, AMTRA
j.auer@agora-romandie.ch



En 2015, le 1^{er} tome de la collection La Vigne: *Maladies fongiques* avait été récompensé par le Prix de viticulture de l'OIV. Le 31 mai dernier, à Sofia (Bulgarie), le Jury international de l'OIV a attribué le Prix de viticulture au tome II de l'ouvrage La Vigne: *Ravageurs et Auxiliaires*, édité par l'AMTRA. Les auteurs, Olivier Viret, Christian Linder et Patrik Kehrl d'Agroscope, voient ainsi leur magnifique travail récompensé. La remise des prix a eu lieu le 16 octobre à Paris.

Une publication essentielle

La lecture de ce précieux savoir scientifique montre à quel point des progrès ont été accomplis dans la lutte contre les ravageurs et dans le développement de la lutte raisonnée en viticulture. Comme le relève Jean-Philippe Mayor dans la préface de l'ouvrage, «la matière ne manque pas: allant toujours plus au cœur des interactions entre la vigne et ses hôtes, les moyens d'intervention préventifs, biologiques et biotechniques offrent aujourd'hui de multiples alternatives efficaces à l'usage des insecticides».

Ce savoir est aujourd'hui plus que jamais indispensable pour offrir des solutions de lutte contre les nouveaux nuisibles qui arrivent en Suisse et pour assurer une production de qualité. Deux publications que vous trouverez dans ce numéro illustrent bien cette nouvelle problématique. En effet, C. Baroffio présente un nouveau ravageur des plantes aromatiques et médicinales, *Chrysolina americana*, originaire du pourtour méditerranéen et identifié par Agroscope pour la première fois ce printemps en Suisse. G. Pétremand et ses collègues rappellent que «l'évolution du climat affectera les populations de certaines espèces animales ou végétales nécessitant un suivi des ravageurs actuels et potentiels en Suisse afin de minimiser leur impact».

L'édition: un véritable défi

La parution d'un ouvrage tel que La Vigne: *Ravageurs et Auxiliaires* ne saurait être possible sans un partenariat fort entre éditeur et auteur. Si l'auteur apporte ses connaissances scientifiques, l'éditeur fournit son expertise pour la diffusion du savoir. Le rôle de l'éditeur est multiple et déterminant. Pour la collection La Vigne, l'AMTRA a élaboré un concept global de la collection d'ouvrages, en a défini son support, sa forme et sa structure en collaborant étroitement avec les auteurs et des professionnels de la publication*. Elle a guidé et soutenu les auteurs dans le vaste travail rédactionnel et iconographique. Le résultat est une lecture de l'ouvrage facilitée, grâce à deux niveaux de lecture: d'abord des informations de base, ensuite un aperçu des travaux originaux de recherche d'Agroscope. Aussi, le lecteur est d'entrée frappé par l'importance accordée au visuel. De nombreuses illustrations soutiennent le texte et donnent vie aux descriptions.

L'AMTRA a cherché à assurer une visibilité aussi large que possible à *Ravageurs et Auxiliaires*. Ainsi, elle en a confié la diffusion auprès des librairies suisses et étrangères à Lavoisier, le premier pôle d'édition scientifique en France.

Si la diffusion de cet ouvrage tant attendu est accueillie favorablement par les scientifiques, les vulgarisateurs et les praticiens, force est de constater que le lectorat intéressé par cette thématique très spécifique est restreint. Aussi, un tel ouvrage doit d'autant plus prouver son excellence, ce qui n'a pas échappé à l'OIV. Sa reconnaissance avisée représente une consécration importante, tant pour les auteurs que pour l'éditeur. Merci!

*Conception graphique
et impression:
Stutz Druck AG Wädenswil.

PEPINIERES VITICOLES
LAPALUD
FRERES SARL



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

PLANTATION MECANIQUE DE VOS VIGNES
PAR GUIDAGE GPS
ET MISE EN PLACE DES TUTEURS

lapalud@bluewin.ch

079 228 77 40

021 807 42 11

1163 ETOY

ELTEL SA

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

RENOUVELLEMENT DE VERGERS

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

PAILLE DES MARAIS

- balles, largeur 120 cm ou 60 cm
- paille compostée, prête à l'emploi



VOTRE SPÉCIALISTE
POUR:

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



Gaz alimentaires
GOURMET

MESSER
Messer Schweiz AG

CHS CUÉNOUD SA

www.cuenoud.ch – cuenoud.sa@bluewin.ch
TÉL. 021 799 11 07 – FAX 021 799 11 32

ACTION
- prévente pour matériel de vigne
Profitez de notre action du 13.11.2017 au 8.12.2017!

gvz-rossat sa
Tel.: 026 662 44 66

Chemin du Milieu 6, z.l. Est C1
gvzsales@gvz-rossat.ch

1580 Avenches
www.gvz-rossat.ch

gvz_rossat
Le choix des professionnels

Piquets:

- Voest
- Reisacher

Fils:

- Crapal
- Arcelor
- Bayco

... *Nous multiplions votre avenir*

Hybridation • Sélection • Multiplication
Conseil • Plantation • Suivi

*Réservez maintenant les plants adaptés
à vos projets!*

- Cépages classiques
- Nouvelles variétés résistantes
- Greffage hautes-tiges



Pépinières Borioli

Ch. du Coteau 1 • 2022 BEVAIX • Tél. 032 846 40 10 • Fax 032 846 40 11
info@multivitis.ch • www.multivitis.ch

Présent
à AGROVINA
Stand
2211

Avantage de la levure 1895C

- + Utilisation économique (10 g/hl)
- + 100% fructophile
- + Seulement 1/3 de biomasse environ
- + Renforce l'arôme typique de chaque cépage
- + Très peu de formation de H₂S
- + Aucune formation de mousse
- + nouveau en paquet de 125 g

swiss-wineyeast.ch

Swiss Wineyeast GmbH | Seestrasse 867 | CH-8706 Meilen
+41 44 793 11 15 | info@swiss-wineyeast.ch | swiss-wineyeast.ch

1895C yeast

Selected from nature
Saccharomyces cerevisiae



La pépinière romande à votre
disposition

Europlant S.à.r.l.

Scions fruitiers

toutes espèces fruitières

hautes tiges
arbres formés

greffage sous contrat



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

Insectes ravageurs émergents

Etablissement et optimisation d'un réseau de surveillance dans un contexte de réchauffement climatique

Gaël PÉTREMANT¹, Olivier VONLANTHEN¹, Vincent GIGON¹, Nicolas DELABAYS^{1,2}, Dominique FLEURY^{2,3}, François LEFORT¹ et Sophie ROCHEFORT¹

¹Institut Terre-Nature-Environnement (INtNE), hepia, HES-SO Genève, 1254 Jussy, Suisse

²Direction générale de l'agriculture et de la nature (DGAN), 1228 Plan-les-Ouates, Suisse

³CHANGINS, Haute Ecole de viticulture et œnologie, 1260 Nyon, Suisse

Renseignements: Sophie Rochefort, e-mail: sophie.rochefort@hesge.ch, tél. +41 22 546 68 07, www.hepia.hesge.ch



Piège pour le suivi de *Halyomorpha halys* en verger.

Introduction

A l'horizon 2060, les températures devraient augmenter de 0,5 à 3,6°C en Suisse et de 1,1 à 3,4°C sur le Plateau lémanique (Météosuisse 2014). De plus, les modèles climatiques prédisent une augmentation des fréquences et intensités d'événements climatiques extrêmes (par exemple, sécheresse, vagues de chaleur) dans les prochaines années (IPPC 2013).

Cette évolution du climat devrait affecter positivement ou négativement les populations de certaines espèces animales ou végétales et pourrait restructurer les communautés d'espèces (Root et al. 2003). Par exemple, la diffusion d'organismes nuisibles émergents (qui élargissent leur niche géographique et/ou écologique et deviennent problématiques) et/ou d'espèces exotiques envahissantes pourrait être favorisée. En Europe, l'expansion au nord de l'aire de distribution

de plusieurs espèces semblent avoir été favorisée par l'augmentation récente des températures. C'est le cas par exemple de la punaise verte du soja, *Nezara viridula*, qui, suite au réchauffement des températures depuis le début des années 1990 et en particulier à la canicule de 2003, s'est propagée depuis les régions méditerranéennes jusque dans des pays du centre et du nord de l'Europe (Rabitsch 2008).

Dans ce contexte de changement climatique, il est important d'assurer un suivi des ravageurs actuels et potentiels en Suisse afin de minimiser leur impact. Pour obtenir des éléments de réponse, un projet financé par la Confédération dans le cadre du programme pilote «Adaptation aux changements climatiques» a été mis en place de 2014 à 2016 dans le canton de Genève. Ce canton, caractérisé par une longue frontière avec la France, des déplacements transfrontaliers nombreux, un aéroport international et un port franc, est un site clé d'introduction d'organismes au nord des Alpes et nécessite donc un suivi particulier. Dans le cadre de ce projet mené par hepia, la Direction générale de l'agriculture et de la nature du canton de Genève (DGAN) et Changins, la mise en place d'un réseau de surveillance précoce ainsi que l'élaboration de méthodes de détection ont été réalisées pour certains arthropodes, adventices et pathogènes des cultures et des arbres. Cet article présente les observations et résultats concernant les arthropodes.

Matériel et méthodes

Démarche pour la sélection des ravageurs et des cultures cibles

La première étape du projet a consisté à déterminer les ravageurs à intégrer dans le réseau de surveillance. La sélection s'est appuyée sur deux principaux critères:

- 1) une colonisation récente de l'espèce depuis une région exotique et un potentiel d'établissement et de dégâts économiques importants dans les années à venir, potentiel qui pourrait éventuellement être favorisé par un réchauffement du climat et/ou des événements climatiques extrêmes;
- 2) un établissement historique de l'espèce, avec des méthodes de lutte déjà en place en Suisse, et pour laquelle les dommages occasionnés aux cultures seraient susceptibles d'augmenter avec le réchauffement du climat et/ou des événements climatiques extrêmes. Ce risque pouvant notamment s'illustrer par une génération annuelle supplémentaire ou de meilleures conditions pour passer la période hivernale, engendrant, par exemple, une augmentation plus rapide des populations en début de saison. Le choix des espèces a également été motivé

Résumé Selon les derniers scénarios climatiques établis pour la Suisse, le climat continuera de se réchauffer de manière significative durant les décennies à venir. Un changement à ce niveau risque de modifier le cortège et la phénologie des ravageurs retrouvés dans les cultures. Un réseau de parcelles de surveillance de neufs insectes ravageurs émergents: *Halyomorpha halys*, *Nezara viridula*, *Zeuzera pyrina*, *Tuta absoluta*, *Diabrotica virgifera*, *Ostrinia nubilalis*, *Lobesia*, *Eupoecilia ambiguella*, *Scaphoideus titanus*, a été mis en place dans l'ensemble du canton de Genève sur une durée de trois ans (2014–2016). Il a permis d'identifier la présence et l'abondance de ces espèces, ainsi que d'établir des méthodes de détection précoces. Les résultats de ce projet ont notamment permis de démontrer la présence de *H. halys* en zone urbaine, l'établissement et les dégâts engendrés par *N. viridula* dans les cultures sous abris ou encore l'augmentation de la zone de répartition de *S. titanus* dans les vignobles genevois.

par la préexistence de réseaux de surveillance à Genève (par exemple, données de l'Organisation européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes, OEPP, et disponibilité de monitoring historiques). Différentes associations professionnelles (Agridea, Office technique maraîchère, Union fruitière lémanique), Agroscope et des horticulteurs ont également été consultés afin d'établir cette liste. Les cultures ciblées ont été sélectionnées selon leur importance économique pour la Suisse et plus spécifiquement pour Genève.

Choix des espèces selon le critère 1:

- La punaise marbrée ou punaise diabolique (*Halyomorpha halys*)
- La punaise verte du soja (*Nezara viridula*)
- La mineuse de la tomate (*Tuta absoluta*)

Choix des espèces selon le critère 2:

- La chrysomèle des racines du maïs (*Diabrotica virgifera*)
- La zeuzère du poirier (*Zeuzera pyrina*)
- La pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis*)
- L'eudémis (*Lobesia botrana*)
- La cochylis (*Eupoecilia ambiguella*)
- La cicadelle de la vigne (*Scaphoideus titanus*)



Sites du réseau de surveillance

Le réseau de surveillance pour chaque ravageur cible a été mis en place lors de la première année du projet en identifiant sur le territoire genevois les régions à haut risque et comportant les cultures ciblées (tabl. 1).

Respectivement, trois et quatre sites ont été intégrés dans les cultures maraîchères et fruitières. Le réseau de surveillance des cultures du maïs et de la vigne comptait respectivement neuf et dix sites répartis sur l'ensemble du territoire genevois. Deux sites ont été ajoutés pour l'année 2015 pour la surveillance de la punaise marbrée et de la punaise verte du soja: à Chancy dans le jardin d'un particulier (où un individu de *H. halys* a été trouvé à la fin de l'automne 2014) et aux Conservatoire et Jardin botaniques (CJB) de la Ville de Genève (où la première détection de cette punaise a eu lieu dans le canton en 2013). En 2016, un nouveau site a également été intégré pour la surveillance de ces deux punaises: le parc Beaulieu, au nord de la gare Cornavin. L'ajout de ces sites s'explique par le fait que *H. halys* semble être, de manière générale en Europe centrale,

principalement confinée en milieu urbain au début de son introduction, comme cela a été le cas en Amérique du Nord (Haye *et al.* 2014) avant sa dissémination dans les milieux agricoles.

Méthodes de détection des ravageurs

Le suivi de chaque ravageur a été réalisé à l'aide de pièges lumineux et/ou de pièges à phéromones d'avril à novembre 2014, 2015 et 2016. Les monitorings ont été effectués à une fréquence hebdomadaire pour le maïs et la vigne, et bimensuelle pour les cultures fruitières et maraîchères (tabl. 1). Les pièges installés pour les différentes espèces visaient tous la capture des individus au stade adulte. Cependant, c'est le stade larvaire qui est le plus souvent nuisible pour la culture.

Dans le cas de *H. halys*, les pièges lumineux n'ayant pas permis d'effectuer de capture et étant donc jugés inefficaces à la fin de l'année 2014, ils ont été remplacés en 2015 par des pièges pyramidaux comportant des attractifs provenant de l'entreprise International Pheromone Systems Ltd. (IPS, Ellesmere Port, Royaume-Uni).

Tableau 1 | Liste des ravageurs sélectionnés avec les périodes de suivi (années et mois), les méthodes de capture et le nombre de sites de capture en fonction des cultures.

Cultures	Ravageur ciblé	Période de suivi (mois et années)	Dispositif de piégeage	Nombre de sites	Communes échantillonnées
Fruitières, maraîchères	<i>Halyomorpha halys</i> ¹	Avril–novembre (2014–2016)	Piège lumineux (2014), piège pyramidal + attractif (2015, IPS; 2016, Serbios)	7	Cultures fruitières: Jussy, Meyrin, Versoix, Russin Cultures maraîchères: Troinex, Perly, Lully
	<i>Nezara viridula</i>	Avril–novembre (2014–2016)			
Maraîchères	<i>Tuta absoluta</i>	Avril–novembre (2014–2016)	Piège Delta collant + phéromones spécifiques	3	Troinex, Perly, Lully
Fruitières	<i>Zeuzera pyrina</i>	Mai–octobre (2015–2016)	Piège Funnel + phéromones spécifiques	4	Jussy, Meyrin, Versoix, Russin
Maïs	<i>Diabrotica virgifera</i>	Juillet–septembre (2014–2016)	Piège PAL collante	10 (2014) 10 (2015) 8 (2016)	2014: Versoix, Vernier, Dardagny, Collonge-Bellerive, Sionnet, Anières, Choulex, Veyrier, Plan-les-Ouates 2015: Puplinge, Compois, Corsinge, Meinier, Choulex, Veyrier, Laconnex, Vernier, Bardonnex 2016: Presinge, Meinier, Grand-Saconnex, Meyrin, Bernex, Bardonnex, Colley-Bossy, Lancy, Ferney-Voltaire (FR)
	<i>Ostrinia nubilalis</i>	Mai–septembre (2014–2016)			
Vigne	<i>Scaphoideus titanus</i>	Avril–novembre (2016)	Piège jaune collant	8	Hermance, Gy, Meinier, Laconnex, Bardonnex, Dardagny, Genthod, Bellevue
	<i>Lobesia botrana</i>	Avril–octobre (2014–2016)	Piège Delta collant + phéromones spécifiques	10 (2014)	2014: Dardagny, Russin, Jussy, Soral, Peissy, Anières, Gy, Satigny, Peney-Dessous 2015: Dardagny, Russin, Satigny, Peissy, Peney-Dessous, Jussy 2016: Peissy, Jussy
	<i>Eupoecilia ambiguella</i>			6 (2015) 2 (2016)	

¹Pour ce ravageur, trois sites additionnels ont été intégrés au réseau: chez un particulier à Chancy (2015, 2016), où des punaises avaient été détectées en 2014, aux Conservatoire et Jardin botaniques de Genève (2015, 2016) et au parc Beaulieu (2016).

Une substance attractive plus spécifique (RESCUE!® Stink Bug Trap lures) vendue par la firme italienne Serbios (Rome, Italie) a également été testée en 2016, afin d'observer d'éventuelles différences avec l'attractif d'IPS.

Des pièges Funnel avec phéromone ont été ajoutés à l'étude pour la détection de la zeuzère du poirier en 2015 et 2016.

Le suivi de la pyrale du maïs a été intégré au projet en collaboration avec Agroscope Changins et la station phytosanitaire de Genève. L'objectif était de détecter la présence de la race bivoltine dans le canton.

A Genève, le suivi de l'eudémis et de la cochylys est assuré par un réseau participatif (Florian Favre, DGAN). Les données antérieures à 2014 présentées dans cet article ont été obtenues auprès de la DGAN.

Résultats et discussion

La punaise marbrée (*Halyomorpha halys*)

Les premiers individus de *H. halys* ont été capturés uniquement en 2016 à l'aide des pièges pyramidaux. Tous les individus (plus d'une centaine) ont été capturés sur un seul des dix sites, soit celui du parc Beaulieu. Une petite surface de ce parc, situé au-centre ville de Genève, est constitué de jardins familiaux. Les pièges ont été placés à proximité des potagers et des serres de production de plantons (Association Les Artichaux). Les premiers adultes hivernants sont apparus vers la fin du mois de mai, où une trentaine d'individus ont pu être capturés. A partir de la fin du mois de septembre, ≥ 100 individus, issus de la nouvelle génération, ont ensuite été collectés. L'attractif vendu par la firme Serbios s'est montré nettement plus efficace que l'attractif d'IPS, avec respectivement 150 et un seul individu capturé sur un même site. L'absence de ce ravageur en zone agricole peut indiquer sa non-présence ou une présence pour le moment très limitée. En effet, puisque les attractifs utilisés sont notamment des phéromones d'agrégation, il est possible que leur efficacité soit dépendante d'une certaine densité de *H. halys*. En 2015 et en 2016, des larves ont toutefois été observées à Perly (GE), au sein d'une culture de concombres sous abri. A ce jour, c'est le seul cas rapportant la présence de *H. halys* en dehors de la métropole genevoise.

H. halys semble néanmoins bien présente en milieu urbain car, en plus des captures réalisées au parc Beaulieu à l'aide des pièges, des captures ponctuelles ont eu lieu en 2016, dans différentes zones de l'agglomération genevoise telles qu'à Carouge, au Petit-Saconnex, au Grand-Saconnex et à la Servette. En Suisse, *H. halys* semble globalement confinée en milieu urbain, en particulier à Bienne (comm. pers. Tim Hays) et à Zurich

(Frey *et al.* 2016). Il est probable que les températures plus élevées qui règnent au sein des villes favorisent la présence et le développement de *H. halys* et lui permettent d'y effectuer sa diapause durant l'hiver (Hays *et al.* 2014).

La punaise verte du soja (*Nezara viridula*)

Malgré un faible nombre d'individus capturés (40) de 2014 à 2016 (parc Beaulieu, Troinex, Lully), cette punaise a largement été observée ces dernières années dans le canton, probablement à cause de conditions climatiques estivales très chaudes durant ces années. A Genève, elle a été trouvée au centre-ville sur des toitures végétalisées en 2015, dans de nombreux jardins potagers privés ainsi que dans différentes cultures. Passablement de dégâts ont été observés par les maraîchers dans les cultures de concombres et d'aubergines sous abri, notamment à Lully et Perly (comm. pers. G. Jaccard). Elle a également été signalée dans un champ de soja en production biologique (Veyrier). L'étude de *N. viridula* a permis de détecter en 2015 l'arrivée au nord des Alpes de sa mouche parasitoïde *Trichopoda pennipes* (Pétremand *et al.* 2015), qui possède un potentiel de régulation actuellement étudié par Agroscope dans le cadre de lâchers sous abri (comm. pers. Serge Fischer).

La zeuzère du poirier (*Zeuzera pyrina*)

Le suivi de ce ravageur s'est traduit par une absence totale de captures dans le canton en 2015 et 2016 dans les cultures fruitières. Cette absence de capture peut s'expliquer, d'une part, par la présence très sporadique de l'espèce, qui n'a pas été présente dans le rayon de capture des pièges. D'autre part, l'absence de captures pourrait être liée à l'inefficacité des pièges et/ou des phéromones testées. En effet, les phéromones contenues dans les pièges ne sont peut-être pas adaptées aux populations de zeuzères présentes en Suisse. Cette absence de capture est d'autant plus étonnante que sa présence a tout de même été relevée à l'aide de pièges lumineux en milieu forestier ainsi qu'en milieu urbain sur l'ensemble du canton. Conjointement, de nombreux dégâts ont été répertoriés sur des arbres urbains dans l'agglomération genevoise (Minguely 2015 a). Des individus ont été répertoriés en milieu naturel (pièges lumineux) dans les communes suivantes: Cartigny, Dardagny, Jussy et Versoix en 2010, 2011, 2012 et 2015 (Baumgart & Pastore 2016). Quoique représentant des captures isolées, ces données, récoltées dans différents sites du canton, démontrent que cette espèce est bel et bien installée, mais reste peu abondante et quasiment absente des cultures fruitières.



La mineuse de la tomate (*Tuta absoluta*)

En 2014, aucune capture n'a été effectuée pour cette mineuse, tandis qu'en 2015, une centaine d'individus ont été capturés en octobre dans les communes de Perly et de Lully. En 2016, les captures ont été constantes et relativement importantes de mai à octobre. La soudaine abondance de captures à Lully et Perly le 30 octobre 2015 (fig. 1) pourrait s'expliquer par un phénomène de dispersion et de colonisation de nouveaux sites à partir des cultures infestées. En effet, après un été chaud et donc favorable à l'espèce, cette dernière, après avoir complété quelques générations, a probablement eu tendance à se disperser afin de coloniser de nouveaux habitats à l'automne. En 2016, les premières captures ont été plus précoces et plus nombreuses que les années précédentes, laissant penser que les individus observés en octobre 2015 ont réussi à passer la saison hivernale à proximité ou à l'intérieur des serres, permettant une colonisation rapide et importante au printemps suivant.

La chrysomèle des racines du maïs (*Diabrotica virgifera*)

Dans différentes parcelles investiguées, aucun spécimen n'a été capturé dans le canton de Genève, et ce, pour les trois années du projet. Il semblerait qu'au nord des Alpes, aucun individu de cette espèce n'ait été collecté au cours des dernières années. Au Tessin, depuis plusieurs années, pratiquement tous les pièges installés capturent la chrysomèle des racines du maïs. Toutefois, cette dernière ne semble plus causer de problèmes majeurs aux maïs grâce à la rotation des cultures qui retarde l'infestation des parcelles de ± 15 jours (Bertossa et al. 2013). La rotation des cultures, obligatoire à Genève, suffirait donc pour lutter contre ce ravageur s'il venait à s'installer.

La pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis*)

Les résultats de piégeage indiquent uniquement la détection de la race univoltine dans les cultures de maïs de Genève (fig. 2). On observe un pic de vol plus tardif

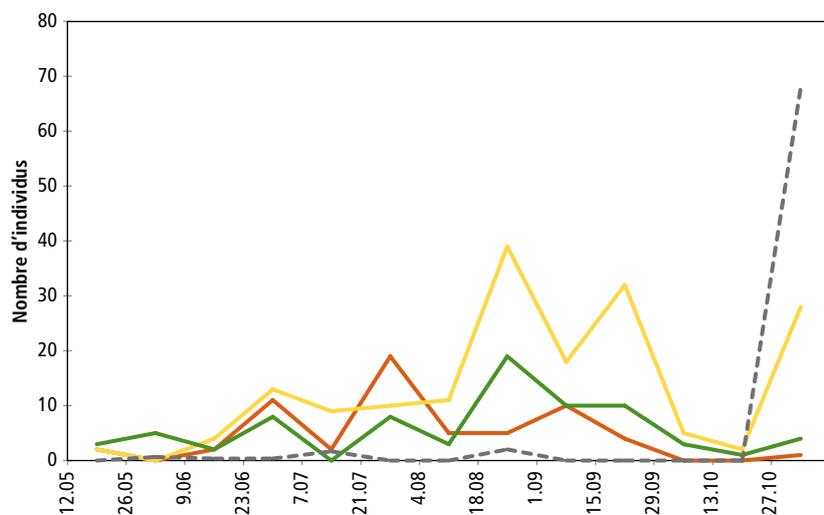


Figure 1 | Nombre d'individus collectés de la mineuse de la tomate dans les trois sites maraîchers du canton de Genève en 2016 en regard de la moyenne des captures en 2015.

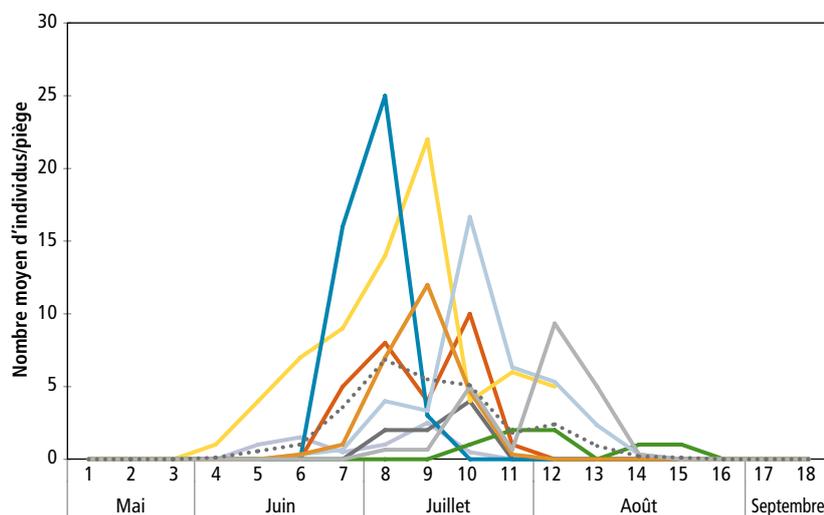


Figure 2 | Nombre moyen d'adultes de la pyrale du maïs du canton de Genève observés en 2006 et de 2009 à 2016. Les piégeages commençant à la semaine «1», soit à la mi-mai.

en 2014 et en 2016 par rapport à celui observé en 2015. Les conditions plus chaudes de l'été 2015 expliquent ce décalage avec les années 2014 et 2016.

Les données de captures de 2014 à 2016 ont été comparées aux données datant de 2006 (DGAN) et de 2009 à 2016 (source: S. Breitenmoser, Agroscope), afin d'établir s'il y avait une différence dans le temps de la dynamique de vol de cette espèce. Les résultats montrent une variabilité importante d'une année à l'autre de l'abondance de la pyrale du maïs (fig. 2). Les années 2009, 2011, 2012 et 2015 ont des pics de vol plutôt précoces (début juillet), tandis qu'en 2013 et 2016, les captures ont été relativement tardives (début août). L'apparition d'adultes dépend en effet fortement des conditions climatiques printanières (températures).

L'eudémis (*Lobesia botrana*) et la cochylys (*Eupoecilia ambiguella*)

Pour la cochylys, les captures des trois dernières années sont largement inférieures à celles de la moyenne issue des observations obtenues entre 1998 et 2016 (fig. 3). Depuis 2004 (fig. 5), il semblerait que le nombre d'individus capturés ait brusquement chuté. Cette diminu-

tion s'explique par différents facteurs: augmentation des températures, plus faibles précipitations, effet de la confusion sexuelle. Aucune 3^e génération n'a pu être détectée en 2016 et durant les années précédentes (comm. pers. Guillaume Potterat). L'évolution actuelle du climat et les scénarios climatiques pour les années à venir semblent donc plutôt en défaveur de la cochylys à tendance hygrophile.

Les relevés de piégeage 2016 indiquent que le 1^{er} et le 2^e vol de l'eudémis ont été très tardifs et faibles (surtout le 1^{er} vol au printemps) dans les vignes (zones hors confusion) de Genève (fig. 4). Le 1^{er} pic de vol de l'eudémis apparaît au mois de mai, le 2^e à la fin juillet et le 3^e (détecté sur le site de Jussy-Sionnet) au mois de septembre (fig. 4). Globalement, les individus piégés en 2014 et en 2015 ont été plus nombreux que la moyenne observée entre 1998 et 2016. Cependant, les pics de vol apparaissent relativement simultanément durant la saison. En 2014 spécifiquement, un printemps particulièrement chaud a favorisé un développement très précoce de l'eudémis. Malgré un deuxième vol en 2016 très tardif, une troisième génération de l'eudémis a été détectée en septembre grâce à la poursuite de l'échantillonnage. Les captures

Figure 3 | Suivi du vol de la cochylys dans les vignobles (hors confusion) du canton de Genève 2014–2016.

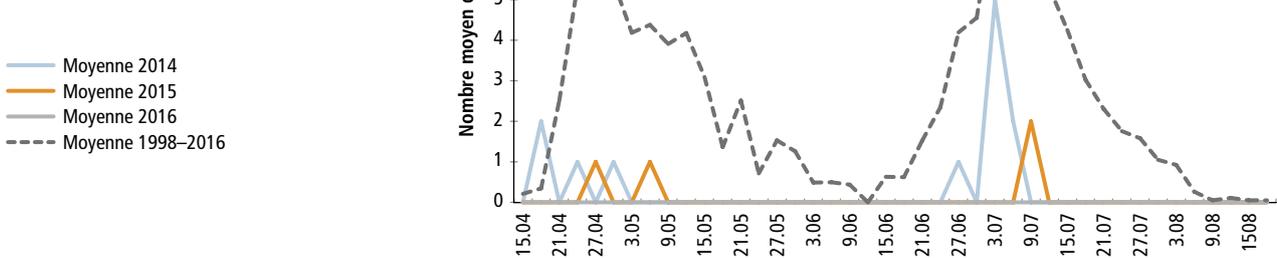
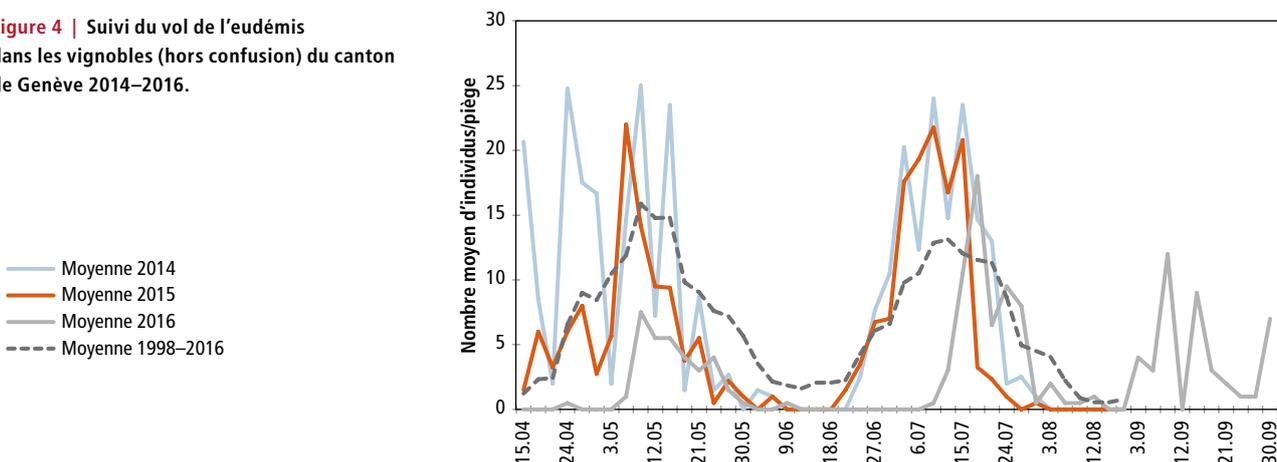


Figure 4 | Suivi du vol de l'eudémis dans les vignobles (hors confusion) du canton de Genève 2014–2016.



sont à présent généralement moins nombreuses qu'au début des années 2000, mais elles restent importantes, et ce, surtout durant les années à été chaud et sec (2000, 2003, 2007–2009, 2014, 2015) (fig. 5).

La cicadelle de la vigne (*Scaphoideus titanus*)

Pour l'année 2016, le principal but du suivi était de constater la présence/absence de *S. titanus* au sein de parcelles contrôlées et déclarées négatives entre 1994 et 2007 (SITG 2016), afin de noter une éventuelle augmentation de son aire de répartition sur Genève. Huit parcelles identifiées comme négatives entre 1994 et 2007 ont été sélectionnées en 2016 dans les différentes régions viticoles genevoises. Les résultats obtenus indiquent que *S. titanus* est actuellement présent sur l'ensemble des parcelles suivies déclarées négatives

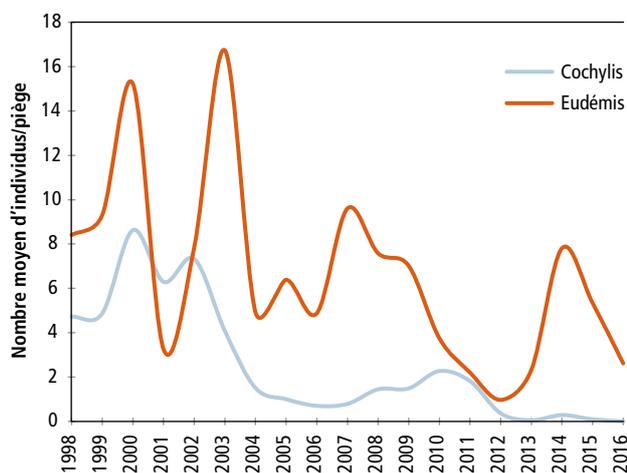


Figure 5 | Moyennes annuelles des captures de l'eudémis et de la cochylys dans les vignobles du canton de Genève entre 1998 et 2016.

Remerciements

Ce travail a pu être réalisé grâce à la collaboration des exploitants agricoles qui ont permis le suivi des espèces ciblées dans le cadre du projet. Nous adressons également nos remerciements aux collaborateurs d'Agroscope Changins (Serge Fischer et Stève Breitenmoser), de la station viticole du canton de Genève (Guillaume Potterat et Florian Favre) et d'Agridea ainsi qu'à Christian Keimer (retraité DGAN) pour son aide dans les relevés. Merci également à Yaëlle Cruchon et Camille Minguely pour leur contribution, et à Chiara Cattaneo, Emmanuel Castella et Patrick Kehrlé pour les traductions du résumé. Ce projet a été mis en œuvre dans le cadre du programme pilote «Adaptation aux changements climatiques», soutenu par l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG).

Bibliographie

- Baumgart P. & Pastore M., 2016. Projet Elpenor, checklist 2010–2016. 18 p. Non publié.
- Bertossa M., Morisoli R. & Colombi L., 2013. La lutte contre la chrysomèle des racines du maïs est un succès à ce jour. *Recherche agronomique suisse* 4 (1), 24–31.

jusqu'en 2007. Bien que seulement huit parcelles soient concernées dans le cadre de ce projet, il est donc fort probable que cette cicadelle soit maintenant présente dans l'ensemble des vignes à Genève.

Conclusions

Dans un contexte de changement climatique, le suivi des populations d'insectes ravageurs dans les cultures ayant un impact économique est primordial, afin d'anticiper leur venue ou les changements au niveau de leur écologie saisonnière. Ce projet a permis de démontrer que:

- Halyomorpha halys* semble bien établie à Genève dans les zones urbaines. Un suivi ces prochaines années est nécessaire, afin d'observer une éventuelle progression depuis les zones urbaines vers les zones agricoles;
- Nezara viridula* est bien établie dans le canton de Genève, où elle engendre actuellement d'importants dégâts dans les cultures sous abris (par exemple, concombres, aubergines);
- La race bivoltine de la pyrale du maïs ne semble pour l'instant pas présente à Genève;
- Plusieurs ravageurs émergents ne semblent que peu présents (par exemple, la zeuzère du poirier) voire même absents (par exemple, la chrysomèle des racines du maïs) dans le canton.

Enfin, des fiches descriptives sur *H. halys*, *N. viridula* et *Z. pyrina* ont été produites et distribuées aux professionnels afin de suivre l'évolution de ces espèces sur le canton et en Suisse romande (Minguely *et al.* 2015b, Pétremand *et al.* 2017, Vonlanthen *et al.* 2017). ■

- Frey D., Zanetta A., Moretti M. & Heckmann R., 2016. First records of *Chlamydatus saltitans* (Fallén, 1807) and *Tupiocoris rhododendri* (Dolling, 1972) (Heteroptera, Miridae) and notes on other rare and alien true bugs in Switzerland. *Mitteilungen der Schweizerischen entomologischen Gesellschaft* 89, 51–68.
- Haye T., Abdallah S., Garipey T. & Wyniger D., 2014. Phenology, life table analysis and temperature requirements of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, in Europe. *Journal of pest science* 87 (3), 407–418.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2013. Climate Change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, 1535 p.
- MétéoSuisse, 2014. «Scénarios climatiques Suisse – un aperçu régional». Rapport technique n° 243, MétéoSuisse, 36 p.
- Minguely C., 2015 a. Evaluation du risque représenté par la zeuzère du poirier, *Zeuzera pyrina* L., pour la végétation arborée en Suisse romande. Thèse de Bachelor, hepia, 147 p.

Summary

Establishment and optimisation of a monitoring network for emerging pest insects under climatic warming

Under the current climate scenarios for Switzerland, the climate continues to warm over the coming decades. This will probably modify the complex of pest species found in crops as well as their phenology. A network of plots was set up in the Geneva Canton between 2014 and 2016 in order to monitor nine emerging pest insects: *Halyomorpha halys*, *Nezara viridula*, *Zeuzera pyrina*, *Tuta absoluta*, *Diabrotica virgifera*, *Ostrinia nubilalis*, *Lobesia botrana*, *Eupoecilia ambiguella*, *Scaphoideus titanus*. The network allowed to determine the presence and the abundance of these species and to develop methods for their early detection. The observations of this project permitted especially to prove the presence of *H. halys* in urban area, to quantify the establishment and associated damages of *N. viridula* in protected crops or even to demonstrate the expansion of the distribution of *S. titanus* in the vineyard of Geneva.

Keywords: global warming, monitoring methods, emerging pest, invasive species, Geneva.

Zusammenfassung

Einrichtung und Optimierung eines Beobachtungsnetzes für aufkommende Schädlinge im Kontext der Klimaerwärmung

Laut den letzten Klimaszenarien für die Schweiz setzt sich der Temperaturanstieg über die nächsten Jahrzehnte fort. Eine solche Veränderung droht auch, die Zusammensetzung und Phänologie der Kulturschädlinge zu modifizieren. Im Kanton Genf wurde zwischen 2014 und 2016 ein Parzellennetzwerk zur Überwachung von neun aufkommenden Schädlingen: *Halyomorpha halys*, *Nezara viridula*, *Zeuzera pyrina*, *Tuta absoluta*, *Diabrotica virgifera*, *Ostrinia nubilalis*, *Lobesia botrana*, *Eupoecilia ambiguella*, *Scaphoideus titanus* eingerichtet. Das Netzwerk erlaubte es, das Vorkommen und die Häufigkeit dieser Arten zu identifizieren, sowie Methoden zur Früherkennung zu entwickeln. Die Beobachtungen innerhalb dieses Projektes erlaubten insbesondere, das Vorkommen von *H. halys* im Stadtgebiet nachzuweisen, das Vorkommen und die Schäden von *N. viridula* in gedeckten Kulturen aufzuzeigen oder die Ausbreitung von *S. titanus* im Genfer Rebberg zu belegen.

Riassunto

Implementazione e ottimizzazione di un rete di controllo dei insetti parassiti emergenti nelle colture nel contesto del riscaldamento climatico

Secondo gli ultimi scenari climatici stabiliti per la Svizzera, il clima continuerà a modificarsi in modo significativo nei prossimi decenni. Un cambiamento di questo livello rischia di modificare la composizione e la fenologia dei parassiti ritrovati nelle colture. Un rete di controllo di nove insetti parassiti emergenti: *Halyomorpha halys*, *Nezara viridula*, *Zeuzera pyrina*, *Tuta absoluta*, *Diabrotica virgifera*, *Ostrinia nubilalis*, *Lobesia botrana*, *Eupoecilia ambiguella*, *Scaphoideus titanus*, è stato istituito in tutto il Canton di Ginevra su una durata di tre anni (2014–2016). Ha permesso d'identificare la presenza e l'abbondanza di queste specie, oltre ad aver stabilito metode di rilevamento precoce. I risultati del progetto hanno inoltre permesso di dimostrare un'importante presenza di *H. halys* unicamente in zona urbana, l'implementazione e i danni provocati da *N. viridula* nelle colture al riparo o ancora l'aumento della zona di ripartizione di *S. titanus* nei vigneti ginevrini.

- Minguely C., Rochefort S., Lefort F., 2015b. *Zeuzera pyrina*, la zeuzère du poirier. Institut Terre-Nature-Environnement (inTNE), Haute Ecole du paysage, d'ingénierie et d'architecture, © hepia copyright 2015.
- Pétremand G., Rochefort S., Jaccard G. & Fischer S., 2015. First detection of the southern green stink bug parasitoid *Trichopoda pennipes* (Fabr.) (Diptera: Tachinidae) in Western Switzerland. *Mitteilungen der Schweizerischen entomologischen Gesellschaft* **88**, 403–409.
- Pétremand G., Vonlanthen O. & Rochefort S., 2017. La punaise verte du soja, *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758), une nouvelle punaise nuisible à surveiller en Suisse. Institut Terre-Nature-Environnement (inTNE), Haute Ecole du paysage, d'ingénierie et d'architecture © hepia 2017.
- Rabitsch W., 2008. Alien true bugs of Europe (Insecta: Hemiptera: Heteroptera). *Zootaxa* **1827**, 1–44.
- Root T. L., Price J. T., Hall K. R., Schneider S. H., Rosenzweig C. & Pounds J. A., 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* **421**, 57–60.
- SITG (2016). Carte de répartition de *Scaphoideus titanus*. Adresse: <https://www.etat.ge.ch/geoportail/pro/> [01.11.2016]
- Vonlanthen O., Pétremand G. & Rochefort S., 2017. La punaise diabolique, *Halyomorpha halys* (Stål, 1855), un nouveau ravageur très polyphage qui menace les cultures. Institut Terre-Nature-Environnement (inTNE), Haute Ecole du paysage, d'ingénierie et d'architecture © hepia 2017.

Orientus ishidae, un nouveau vecteur de la flavescence dorée au Tessin

Mauro JERMINI¹, Santiago SCHAEERER², Paola CASATI³, Giacomo CORBANI³, Fabio QUAGLINO³, Ivo RIGAMONTI⁴ et Piero BIANCO³

¹Agroscope, 6593 Cadenazzo, Suisse – ²Agroscope, 1260 Nyon, Suisse

³Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali – Produzione, Territorio, Agroenergia (DiSAA), Università degli Studi di Milano, Milan, Italie

⁴Dipartimento di Scienze per gli Alimenti, la Nutrizione, l'Ambiente (DeFENS), Università degli Studi di Milano, Milan, Italie

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



Feuille de Chardonnay avec symptômes caractéristiques de flavescence dorée: jaunissement et enroulement angulaire et serré vers le bas.

Introduction

La flavescence dorée (FD) est une grave maladie de la vigne causée par le phytoplasme «*Candidatus Phytoplasma vitis*», du groupe ribosomal 16SrV (Elm yellows) (IRPCM 2004), transmis de vigne à vigne par la cicadelle d'origine néarctique *Scaphoideus titanus* (Ball) (Schvester et al. 1961). Du fait du caractère épidémique de la maladie, des pertes économiques importantes qu'elle engendre et du statut d'organisme de quarantaine de

son agent causal, *Ca. P. vitis* (FDp), la FD fait l'objet de mesures officielles visant à endiguer sa propagation et est soumise à la lutte obligatoire en vertu de l'ordonnance du 27 octobre 2010 sur la protection des végétaux (RS 916.20).

La FD est apparue en Suisse en 2004 au Tessin (Schaeerer et al. 2007). Le suivi de la maladie dans ce canton a montré que, dix ans après son arrivée, 13 % des parcelles de vigne étaient touchées de manière récurrente par la FD, ce qui a eu pour conséquence la mise en place

d'un régime de lutte obligatoire ininterrompu contre la maladie et son vecteur, *S. titanus*, et ce malgré des populations vectrices très faibles, voire inexistantes (Jermini *et al.* 2014).

La complexité de la FD et de sa problématique est liée à la découverte du phytoplasme causal dans d'autres plantes et insectes. En effet, *Ca. P. vitis* a été détecté dans d'autres végétaux, notamment *Ailanthus altissima* (Miller), *Alnus* sp. et *Clematis vitalba* (L.) (EFSA 2014). Ces plantes hôtes représentent sans nul doute une source d'inoculum à partir duquel la FD peut être transmise à la vigne (Chuche et Thiery 2014) par le biais d'insectes vecteurs autres que *S. titanus*. La capacité vectrice d'autres cicadelles a ainsi été démontrée, comme pour *Dictyophara europaea* (L.), capable de transmettre *Ca. P. vitis* de la clématite (*C. vitalba*) à la vigne (Filippin *et al.* 2009), ou *Oncopsis alni* (Schrank) de l'aulne (*Alnus glutinosa* (L.)) à la vigne (Maixner *et al.* 2000; Arnaud *et al.* 2007). Pour ces vecteurs alternatifs, la vigne représente non pas un hôte préférentiel, mais plutôt un hôte accidentel, ou plante hôte terminale, à partir de laquelle la FD ne pourra pas être disséminée à d'autres vignes, sauf si *S. titanus* est présent dans les parcelles. C'est pour cette raison que les insectes vecteurs alternatifs de la FD sont incapables de disséminer la maladie de façon épidémique. Récemment, des tests moléculaires ont mis en évidence le phytoplasme de la FD dans une autre cicadelle, *Orientus ishidae* (Matsumura) (Mehle *et al.* 2010; Gaffuri *et al.* 2011; Koczor *et al.* 2013, Trivellone *et al.* 2016). Lessio *et al.* (2016) ont démontré sa capacité à transmettre des phytoplasmes du groupe 16SrV à la vigne. Cette situation montre la complexité du système FD et la nécessité de mieux comprendre les relations écologiques entre plantes et insectes, ainsi que l'influence du paysage sur l'écologie de la FD. L'objectif de ce travail est de déterminer quels sont les végétaux et les insectes vecteurs susceptibles de contribuer à la propagation, voire au maintien de la FD dans le canton du Tessin, avec un accent particulier porté sur la cicadelle *O. ishidae* et ses hôtes préférentiels.

Matériel et méthodes

Le travail, mené pendant la période 2013–2015, a porté sur des parcelles qui ont été retenues sur la base d'une analyse critique de la situation au Tessin (Jermini *et al.* 2014). Ces parcelles ont pour caractéristiques d'être touchées de façon ininterrompue par la FD depuis plus de quatre ans et d'être plantées avec des cépages sensibles. Les résultats d'une année ont servi de base pour la planification des essais l'année suivante.

Résumé Cette étude, conduite au Tessin pendant la période 2013–2015, a pour but d'établir la présence de vecteurs et de plantes hôtes alternatifs de la flavescence dorée de la vigne (FD). Les résultats ont montré que la cicadelle *Orientus ishidae* constitue au Tessin un deuxième vecteur de la FD, sans toutefois diffuser la maladie de façon épidémique comme *Scaphoideus titanus*, le vecteur principal de la maladie. *O. ishidae* est présent dans toutes les parcelles de l'étude, mais à des densités de populations différentes. *Corylus avellana* et *Salix* sp. sont ses plantes hôtes de prédilection et des individus positifs à la FD y ont été identifiés. En outre, quatre autres espèces de cicadelles se sont révélées porteuses de FD, mais, contrairement à *O. ishidae*, il reste à démontrer pour ces dernières la capacité de transmettre la maladie à la vigne. L'écologie de la FD se révèle donc être un système bien plus ouvert qu'anticipé, où le paysage bordant les vignes joue un rôle important en déterminant la présence (ou l'absence) de plantes hôtes alternatives pouvant héberger la FD ainsi que la présence des espèces vectrices qui leur sont associées. La stratégie de lutte actuelle axée sur l'éradication de la FD est remise en question et doit être repensée et adaptée.

Piégeage des cicadelles et contrôle des symptômes

Campagne 2013

La parcelle choisie (2177 ceps de Chardonnay) est située dans la commune de Stabio (fig. 1) et la FD s'y exprime annuellement depuis 2005. Tous les ceps ont été inspectés visuellement de juin à fin octobre et ceux présentant des symptômes de jaunisse ont été marqués et des échantillons prélevés pour un diagnostic moléculaire au laboratoire.

Deux méthodes d'échantillonnage des cicadelles ont été utilisées.

(A) *Frappage sur vigne* – Le but étant de déterminer les cicadelles présentes sur les feuilles (y compris *S. titanus*). La parcelle, divisée en trois blocs, a reçu un total de 90 coups de frappage, soit 30 coups par bloc à raison d'un coup par cep. Le frappage a été effectué hebdomadairement entre le 5 juin et le 15 octobre.

(B) *Pièges jaunes englués* – Le but étant de déterminer les populations adultes de *S. titanus* (Jermini *et al.* 1992) et la présence d'autres cicadelles. Deux types de pièges ont été utilisés, Aeroxon (10 x 25 cm) et Rebell (8 x 16 cm). Quatorze pièges Aeroxon ont été placés horizontalement dans la haie foliaire, au niveau de la branche à fruits, du 16 juillet au 22 octobre et avec un remplacement hebdomadaire. Six pièges Rebell ont été placés verticalement dans la parcelle en les attachant sur le fil de fer à proximité de ceps symptomatiques annoncés par le producteur en 2012 et arrachés en 2013. Une autre série de huit pièges a été placée pendant la même période sur des piquets en bois, à une hauteur de 90–100 cm du sol et en bordure de la parcelle. Ces pièges ont été exposés du 11 juin au 15 octobre avec un remplacement hebdomadaire.

Campagne 2014

La campagne a porté sur la même parcelle de Chardonnay qu'en 2013 et a servi de cadre pour un travail de thèse de l'Università degli Studi de Milan. Le système de piégeage a été le même qu'en 2013, avec une exposition des pièges Aeroxon entre le 1^{er} juillet et le 4 novembre et entre le 13 mai et le 4 novembre pour les pièges Rebell. Neuf pièges Rebell supplémentaires ont été placés entre le 30 juillet et le 4 novembre, en bordure de parcelle et à l'intérieur de la forêt jouxtant la parcelle. Les méthodes détaillées sont publiées dans Casati *et al.* (2017).

En complément, une deuxième parcelle de 1652 ceps plantée en Chardonnay et Savagnin a été suivie dans la commune de Monteggio (fig. 1), avec la même méthodologie qu'en 2013, à ceci près que huit pièges Rebell ont été placés en bordure et sur des talus à l'intérieur de la parcelle. Le frappage sur vigne a été effectué entre le 13 mai et le 15 octobre. Parallèlement, un autre frappage a ciblé des plantes ligneuses en bordure de forêt. Les pièges Rebell ont été exposés entre le 15 mai et le 29 octobre et les pièges Aeroxon du 1^{er} juillet au 29 octobre.

Campagne 2015

Sur la base des résultats 2013–2014, le travail a été étendu à six autres parcelles réparties dans différentes régions viticoles tessinoises (fig. 1). Les parcelles ont été échantillonnées du 13 juillet au 28 septembre par le biais de pièges Rebell et suivant la méthode de 2013. Les parcelles échantillonnées se situent dans les communes d'Arzo (1664 ceps de Chardonnay et de Pinot noir), Avegno (1258 ceps de Chardonnay), Barbengo (2145 ceps de Chardonnay), Losone (2453 ceps de Chardonnay), Mendrisio (1471 ceps de Cabernet franc) et Origlio (7802 ceps de Chardonnay). Le nombre de pièges

varie en fonction de la taille de la parcelle: quatre pièges ont été placés en bordure de parcelle à Arzo, Mendrisio et Origlio, cinq à Losone et Barbengo et trois pièges en bordure de parcelle et deux en bordure de forêt à Avegno. Toutes les parcelles ont été inspectées en septembre pour déterminer le nombre de plantes symptomatiques.

Sur la base d'observations et de résultats de la campagne 2014, des échantillons supplémentaires ont été prélevés sur des plantes hôtes potentielles de la FD.

Diagnostic moléculaire

Le diagnostic moléculaire visant à établir la présence ou l'absence de FD dans un échantillon donné a été effectué dans le laboratoire de phytoplasmodiologie à Agroscope Changins (voir ci-après). La caractérisation génétique des souches de FD présentes dans la vigne, des cicadelles et des plantes hôtes potentielles a été faite en 2014 uniquement; elle est décrite plus en détail dans Casati *et al.* (2017).



Figure 1 | Répartition géographique des parcelles échantillonnées dans le vignoble tessinois (cercles jaunes) par rapport à la distribution géographique des vignobles tessinois (cercles gris).

Carte établie par le Dr. V. Trivellone.

Purification des ADN

Pour chaque échantillon suspect, deux fragments de pétiole (30 mg chacun) sont prélevés et transférés dans un tube Eppendorf contenant une bille de tungstène. Le tube est congelé à l'azote liquide et soniqué (2 x 1 min à 30 Hz) dans une station TissueLyser (Qiagen). Après adjonction de 1 ml de tampon d'extraction (200 mM Tris.Cl pH 8,0, 100 mM EDTA, 0,5 % Tween 20, 50 µg/ml protéinase K), le tube est soniqué une troisième fois (1 min à 30 Hz). Après deux incubations (30 min à 50 °C, puis 20 min à 85 °C), les tubes sont centrifugés (7500 rpm, 5 min). Pour chaque échantillon, 200 µl de surnageant sont transférés dans une station de purification Bio-Sprint 96 (Qiagen), où les ADN purifiés sont resuspendus dans 200 µl d'eau, puis conservés à -20 °C.

Amplification par nPCR (nested PCR ou PCR nichée ou PCR gigogne)

Le protocole utilisé reprend la méthode officielle d'analyse de l'ANSES pour la détection des phytoplasmes de la vigne du groupe 16SrV (flavescence dorée) et du groupe 16SrXII (bois noir) par PCR multiplex gigogne (MOA 006 partie A version 1b, 2010).

Les amorces FD9f/FD9r (FD) et STOL11f2/STOL11r1 (BN) sont utilisées dans la première PCR. La deuxième PCR utilise les amorces FD9r2/FD9f3b (FD) et STOL11f3/STOL11r2 (BN). Les réactions sont effectuées dans des thermocycleurs TProfessional (Biometra) et dans un volume réactionnel de 25 µl. Les paramètres réactionnels sont décrits plus en détail dans la méthode publiée par l'ANSES (MOA 006 partie A version 1b, 2010). Les amplicons (tailles attendues: 720 pb pour le BN et 1160 pb pour la FD) sont visualisés en lumière UV sur gel d'agarose en présence de bromure d'éthidium. A partir de 2015, le laboratoire utilise le kit commercialisé par Qualiplante.

Détermination des cicadelles

Les déterminations ont été effectuées par la Dr. V. Trivellone et le diagnostic moléculaire a porté prioritairement sur les espèces appartenant à la sous-famille des *Deltocephalinae*, considérées comme vecteurs potentiels de la FD (Bressan *et al.* 2006).

Résultats et discussion

Orientus ishidae et ses plantes hôtes dans le canton du Tessin

Les deux méthodes d'échantillonnage utilisées en 2013 dans le vignoble de Stabio ont permis de recenser dix-huit espèces de cicadelles. Douze de ces espèces ont été capturées sur pièges Rebell, placés verticalement en

bordure de la parcelle, pour un total de 190 individus (tabl. 1). *O. ishidae* est l'espèce la plus fréquemment capturée (tabl. 1): sur les 67 individus adultes capturés, 45 l'ont été sur pièges Rebell posés verticalement en bordure de parcelle, six sur pièges Rebell posés à l'intérieur de la parcelle, onze sur pièges Aeroxon et cinq par frappage. Le taux moyen d'infection par la FD chez ces individus est de 21,7 %; il est plus spécifiquement de 19,4 % chez les insectes pris sur pièges Rebell en bordure de parcelle et de 30 % chez les insectes capturés sur pièges Aeroxon. Les individus capturés par frappage sont tous sains. Ce résultat confirme les observations de Trivellone *et al.* (2016). De plus, il met en évidence que cette cicadelle est capable de se déplacer dans le vignoble. En effet, les pièges Aeroxon posés horizontalement ont pour but de capturer les cicadelles colonisant activement les haies foliaires. La capture d'*O. ishidae* par frappage (tabl. 1) confirme aussi que les adultes de cette cicadelle visitent les plantes, probablement pour se nourrir. La figure 2 montre que les captures (Aeroxon + Rebell) d'individus positifs à la FD

Tableau 1 | Espèces de cicadelles capturées par le biais de deux méthodes de piégeage et par frappage dans la parcelle de Stabio en 2013. Les pièges jaunes englués Rebell sont placés verticalement du 11 juin au 15 octobre, en bordure et à l'intérieur des parcelles. Les pièges jaunes englués Aeroxon sont placés horizontalement dans la haie foliaire du 16 juillet au 15 octobre. Le frappage de la végétation est effectué du 5 juin au 12 octobre

Espèce	Type de piège		Aeroxon	Frappage
	Rebell			
	Interne	En bordure		
<i>Allygus modestus</i>	1			
<i>Anaceratagallia ribauti</i>			2	
<i>Centrotus cornutus</i>		1		
<i>Cercopis vulnerata</i>		1		
<i>Cicadula</i> sp.	1			
<i>Cixius cunicularius</i>		1		
<i>Hyaletthes obsoletus</i>	2	21		
<i>Japananus hyalinus</i>	3	3		
<i>Metcalfa pruinosa</i>			1	
<i>Orientus ishidae</i>	6	45	11	5
<i>Philaenus spumarius</i>		26	4	
<i>Phlogotettix cyclops</i>			1	
<i>Psammotettix alienus</i>		3		
<i>Psammotettix confinis</i>		2		
<i>Psammotettix</i> sp.		2		
<i>Reptalus cuspidatus</i>		2		
<i>Scaphoideus titanus</i>			35	3
<i>Thamnotettix dilutior</i>		5	3	

s'étaient tout au long du vol des adultes d'*O. ishidae* (courbe rouge, considérant la totalité des captures sur l'ensemble des pièges Rebell).

En 2014, le piégeage a été étendu pour inclure l'intérieur de la forêt bordant immédiatement la parcelle de Stabio. L'accent a été mis sur la recherche de plantes hôtes alternatives pour *O. ishidae*, dans le but de déterminer si des plantes sauvages constituent un réservoir à FD et de cerner les implications d'un tel réservoir pour le vignoble. Les résultats confirment ceux de 2013. De plus, la présence d'*O. ishidae* à l'intérieur de la forêt est confirmée, avec 96 individus capturés sur les pièges Rebell disposés dans la forêt (voir Casati *et al.* 2017 et «Matériel et méthodes»). Au total, 208 individus ont été capturés sur l'ensemble des pièges Rebell (Casati *et al.* 2017).

O. ishidae a été signalé pour la première fois en Suisse par Günthart *et al.* (2004) sur *Betula* sp. et *Salix* sp. Une recherche dans la littérature met cependant en évidence sa polyphagie, puisqu'il a été en fait recensé sur de nombreuses espèces arbustives comme *Acer campestre* (L.), *Alnus* sp., *Betula pendula* (Roth), *Carpinus betulus* (L.), *Corylus avellana* (L.), *Diospyros kaki* (L.), *Fagus sylvatica* (L.), *Hedera helix* (L.), *Malus* sp., *Populus nigra italica* (L.), *Prunus spinosa* (L.), *Prunus laurocerasus* (L.), *Salix alba* (L.), *Salix babylonica* (L.), *Salix x rubens* et *Urtica dioica* (L.). Des frappages effec-

tués sur les vignes et les ligneux présents dans les deux parcelles (Stabio et Monteggio) confirment, comme en 2013, la présence de cicadelles adultes sur les vignes. Fait nouveau, des adultes d'*O. ishidae* ont également été collectés sur *Alnus glutinosa* (L.), *C. betulus*, *C. avellana*, *Fraxinus excelsior* (L.), *Populus tremula* (L.) et *Salix x rubens*. *F. excelsior* est une nouvelle espèce pouvant abriter *O. ishidae*, ce qui n'a jamais été mentionné jusqu'à présent dans la littérature. Des nymphes de *O. ishidae* ont aussi été capturées, mais contrairement aux adultes, on ne les retrouve que sur *C. avellana* et *Salix x rubens*. Ceci suggère que l'insecte accomplit son cycle reproductif sur ces deux espèces ligneuses et que ces dernières doivent donc être considérées au Tessin comme des plantes hôtes pour *O. ishidae*.

Une caractérisation génétique des ADN collectés en 2014 dans et autour de la parcelle de Stabio, sur la base du gène *FDp map* (Casati *et al.* 2017), montre que *O. ishidae* est porteur des trois types de FDp (FD1, FD2 et FD3), confirmant ainsi les résultats de Trivellone *et al.* (2016).

La FD est aussi détectée dans des ligneux pouvant héberger la cicadelle, quoique seulement sur *C. avellana* et *Salix x rubens* de Stabio. Onze échantillons de *C. avellana* sur 31 sont porteurs des trois types de FDp (35%), alors que seule la FD1 est détectée dans les échantillons de *Salix x rubens*; chez ce dernier, trois échantillons sur dix (30%) sont positifs.

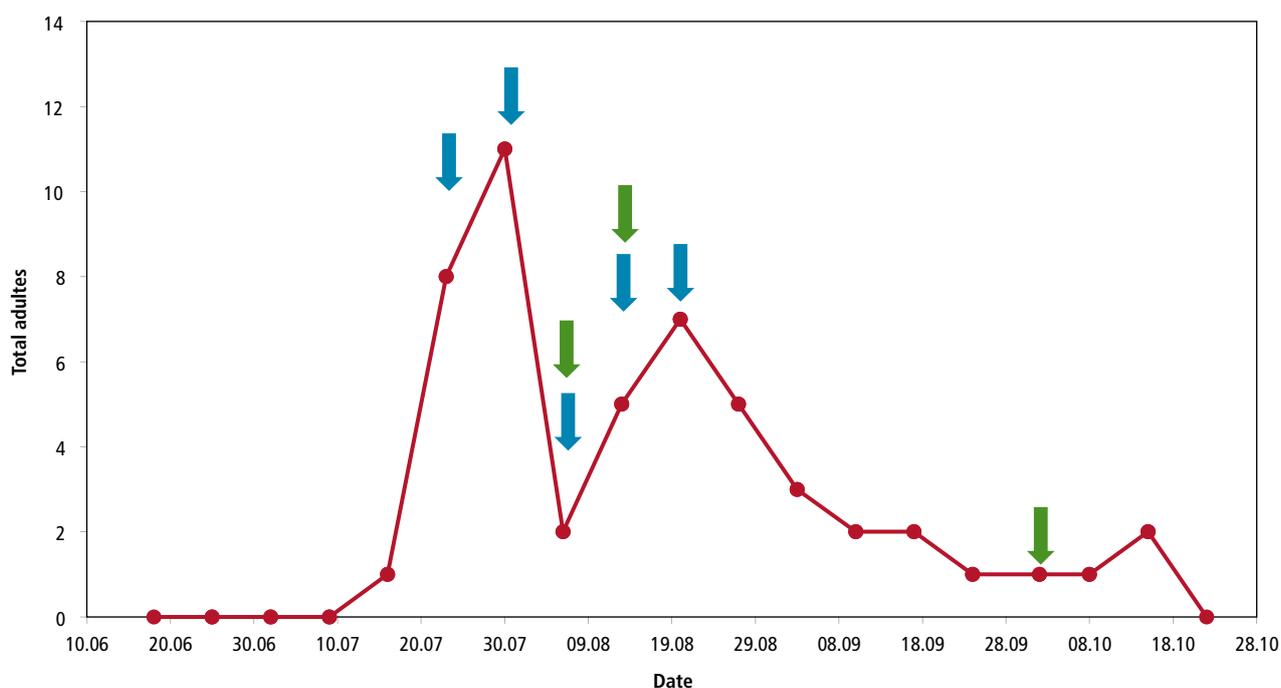


Figure 2 | Dynamique du vol des adultes d'*Orientus ishidae* en 2013 dans la parcelle de Stabio, déterminée par le total des captures avec les pièges Rebell placés en bordure et à l'intérieur de la parcelle (courbe rouge). Les flèches montrent la date à laquelle des adultes capturés ont été trouvés FD-positifs. La flèche bleue correspond au piège Rebell, la flèche verte au piège Aeroxon.

Au niveau de la vigne et sur 74 échantillons symptomatiques caractérisés, 95 % sont FD-positifs et 97 % d'entre eux sont porteurs du type FD2; le restant, 3 %, porte le type FD1 (Casati *et al.* 2017). Aucun individu positif n'a été trouvé dans la parcelle de Monteggio.

La campagne 2015 confirme totalement les résultats et observations précédents, puisque dans les six parcelles échantillonnées (fig. 1), on retrouve des individus d'*O. ishidae* FD-positifs: trois positifs sur vingt-deux à Arzo, un sur quatre à Avegno, un sur six à Barbengo, un positif (sur un) à Losone et à Mendrisio et un positif sur quatre à Origlio. On constate autour de ces parcelles que les noisetiers (*C. avellana*) ne sont pas toujours proches des vignes et, surtout, que leur densité varie fortement. Nonobstant, quatre noisetiers sur six sont diagnostiqués FD-positifs à Arzo, deux sur trois à Avegno, deux sur cinq à Barbengo, trois sur cinq à Losone, un sur six à Mendrisio et deux sur quatre à Origlio. Des échantillons de saule (*Salix* sp.), qu'on ne retrouve qu'à Mendrisio, sont tous négatifs.

Lessio *et al.* (2016) ont démontré la capacité d'*O. ishidae* de transmettre des phytoplasmes du groupe 16SrV à la vigne, faisant désormais de cette cicadelle un vecteur reconnu de la FD. Les résultats obtenus pendant la période 2013–2015 renforcent ceux de Trivellone *et al.* (2016) et confirment la présence d'*O. ishidae* non seulement dans les alentours des vignobles, mais aussi à l'intérieur de ceux-ci. Quand bien même il ne possède pas la capacité épidémique de *S. titanus* de transmettre

la FD, *O. ishidae* doit être considéré comme un vecteur capable de maintenir la FD dans les vignobles, d'autant plus s'ils sont plantés avec des cépages sensibles.

Qu'en est-il d'autres vecteurs et plantes hôtes potentiels, de la FD?

Plusieurs espèces de cicadelles sont citées dans la littérature comme vectrices ou potentiellement vectrices de phytoplasmes, de virus et/ou de bactéries. Parmi ces espèces, plusieurs ont été capturées sur les pièges déployés durant les trois années de cette étude (tabl. 1–4). Tous les individus piégés ont été analysés par PCR nichée pour déterminer s'ils étaient porteurs du FDP. Cinq espèces FD-positives, autres qu'*O. ishidae*, ont ainsi été identifiées. En 2014, ont été piégés dans la parcelle de Stabio uniquement *Hyalesthes obsoletus* (Signoret) (FD3-positif) et *Thamnotettix dilutior* (Kirschbaum) (FD2-positif) (Casati *et al.* 2017). En 2015, les espèces suivantes ont été confirmées FD-positives (sans en avoir déterminé la souche): *Graphocephala fennahi* (Young) (à Avegno), *Thamnotettix* sp. (à Arzo et Mendrisio) et *Japananus hyalinus* (Osborn). Ce dernier a été piégé dans cinq vignobles (tabl. 4), avec un FD-positif sur deux individus piégés à Arzo, deux FD+ sur trente à Avegno, un FD+ sur quatre à Barbengo, un FD+ sur un à Losone et trois FD+ sur quatre à Origlio. Le fait que ces espèces sont FD-positives ne prouve pas leur capacité de transmettre le phytoplasme à la vigne. Par conséquent, ils doivent être considérés comme des vecteurs potentiels, >

Tableau 2 | Espèces de cicadelles capturées par piégeage dans la parcelle de Stabio en 2014. Les pièges jaunes englués Rebell sont placés verticalement du 13 mai au 4 novembre en bordure et à l'intérieur des parcelles, ainsi que dans la forêt bordant la parcelle. Les pièges jaunes englués Aeroxon sont placés horizontalement dans la haie foliaire du 1^{er} juillet au 4 novembre

Espèce	Type de piège			
	Rebell			Aeroxon
	Interne	En bordure	Dans la forêt	
<i>Anoplotettix fuscovenosus</i>			1	
<i>Fieberiella florii</i>	1			
<i>Hyalesthes obsoletus</i>	3	7		3
<i>Orientus ishidae</i>	7	111	96	22
<i>Reptalus cuspidatus</i>		6		
<i>Scaphoideus titanus</i>	1	7	21	11
<i>Thamnotettix dilutior</i>		2		

Tableau 3 | Espèces de cicadelles capturées par deux méthodes de piégeage et par frappage dans la parcelle de Monteggio en 2014. Les pièges jaunes englués Rebell sont placés verticalement du 15 mai au 29 octobre en bordure et à l'intérieur des parcelles ainsi que sur des talus. Les pièges jaunes englués Aeroxon sont placés horizontalement dans la haie foliaire du 1^{er} juillet au 29 octobre. Le frappage de la végétation est effectué du 13 mai au 30 septembre

Espèce	Type de piège			Frappage
	Rebell		Aeroxon	
	Interne	En bordure		
<i>Hephathus nanus</i>		11		
<i>Hishimonus hamatus</i>				1
<i>Hyalesthes obsoletus</i>		2		
<i>Macropsis fuscula</i>		1		
<i>Neoliturus fenestratus</i>		1		
<i>Orientus ishidae</i>	3	40	6	4
<i>Reptalus cuspidatus</i>		5		11
<i>Scaphoideus titanus</i>				7
<i>Thamnotettix dilutior</i>		1	1	

contrairement aux vecteurs confirmés *O. ishidae* et *S. titanus*. Le nombre total d'individus capturés pour ces cinq espèces est bien inférieur à la population capturée d'*O. ishidae*, ce qui relativise leur importance. La présence diffuse de *J. hyalinus* et le taux d'individus porteurs du FDP suggèrent toutefois que cette espèce pourrait jouer elle aussi un rôle dans le maintien de la FD dans les parcelles. Comme en 2015, nous n'avons pas eu recours aux pièges Aeroxon et au frappage, aussi nous ne pouvons pas établir si cette cicadelle visite la vigne pendant son vol. A relever toutefois qu'en 2013 et en 2014, des espèces comme *Anaceratagallia ribauti* (Ossiannilsson), *Philaenus spumarius* (L.), *Phlogotettix cyclops* (Mulsant & Rey) et *H. obsoletus* ont été capturées sur des pièges Aeroxon et *Hishimonus hamatus* (Kuoh) et *Reptalus cuspidatus* (Fieber) par frappage. Ceci indique que ces insectes visitent la vigne pendant leur vol et il pourrait en être de même pour *J. hyalinus*.

Deux hôtes ligneux autres que la vigne ont été diagnostiqués FD-positifs. Ce sont *C. vitalba* à Stabio, porteuse du type FD3 (Casati *et al.* 2017) et *A. altissima*, découvert à Losone en 2015. Il s'agit du premier signalement d'un ailante FD-positif en Suisse. Des ailantes et des clématites positifs ont par ailleurs déjà été signalés en Italie (EFSA, 2014).

Incidence de la flavescence dorée en relation avec les vecteurs alternatifs

Le taux de ceps symptomatiques dans la parcelle de Stabio était de 4,4 % en 2013 et de 3,4 % en 2014. En 2015, il était de 0,4 % et de 3,2 % dans celles d'Origlio et, respectivement, de Losone. Conjointement à ces

Tableau 4 | Espèces de cicadelles capturées par piégeage dans les parcelles 2015 en utilisant des pièges Rebell placés verticalement en bordure de parcelle du 13 juillet au 28 septembre, dans six vignobles échantillonnés.

Arz = Arzo, Ave = Avegno, Bar = Barbengo, Los = Losone, Men = Mendrisio et Ori = Origlio.

Espèce	Arz	Ave	Bar	Los	Men	Ori
<i>Allygidius atomarius</i>	1		2			
<i>Anoplotettix fuscovenosus</i>		1				
<i>Fieberiella florii</i>	1			2	2	
<i>Graphocephala fennahi</i>	1	2		2		
<i>Hishimonus hamatus</i>	3			1		
<i>Hyalesthes obsoletus</i>			1	2		
<i>Japananus hyalinus</i>	2	30	4	1		4
<i>Nealiturus fenestratus</i>				1		
<i>Orientus ishidae</i>	22	4	6	1	1	4
<i>Scaphoideus titanus</i>	2	2	1	7		
<i>Stictocephala bisonia</i>				1	1	
<i>Thamnotettix sp.</i>	2	1	1			

faibles taux d'infection des vignes, on observe de très faibles populations de *S. titanus* (la seule cicadelle conférant son caractère épidémique à la FD) dans les parcelles, à l'exception de celles de Mendrisio et d'Origlio (tabl. 1–4). En 2013, 8,8 % des individus capturés à Stabio (tabl. 1) étaient FD-positifs, alors qu'en 2014 (tabl. 2), seuls deux pools d'insectes sur les 29 analysés étaient FD-positifs (FD1) (Casati *et al.* 2017). En 2015 (tabl. 4), un seul individu positif a été trouvé, à Barbengo. Après des frappages intensifs, une larve de *S. titanus* a été capturée en 2013 à Sabio et trois en 2014, ainsi que sept larves à Monteggio et deux adultes à Stabio en 2013 (tabl. 1–3). Cela signifie que la lutte insecticide obligatoire contre *S. titanus* est efficace et porte ses fruits, en empêchant une propagation explosive de FD. Cette dernière parvient toutefois à se maintenir (avec de très faibles taux de contamination) de façon durable dans des parcelles en lutte insecticide obligatoire depuis des années.

Ces résultats et ces observations indiquent que malgré l'efficacité démontrée de la lutte insecticide contre *S. titanus*, la FD se maintient à de faibles niveaux épidémiques dans les vignobles. Ceci est en partie dû à *O. ishidae*, un autre vecteur de la FD, qui infecte les vignes à partir de ses plantes hôtes, elles-mêmes infectées, principalement des noisetiers. D'autres cicadelles comme *J. hyalinus* interviennent peut-être elles aussi dans le maintien de la FD, mais leur rôle exact doit encore être élucidé.

Casati *et al.* (2017) concluent avec raison, et ce travail corrobore cette conclusion, que l'écologie de la FD est un système ouvert en interaction avec le paysage environnant. La composition végétale de ce dernier détermine le type de plantes hôtes présentes pour FDP, et donc le type de vecteurs. Elle détermine aussi les densités des populations et leur impact sur l'épidémiologie de la FD. Un tel système implique de revoir l'approche actuelle de lutte contre la FD dans le canton du Tessin. Ce qui est décrit dans ce travail reste valable et applicable à plusieurs vignobles tessinois, mais ne pourra vraisemblablement pas être extrapolé à d'autres régions viticoles, romandes par exemple, où la FD vient d'apparaître. En effet, la structure et la composition botanique du paysage de ces zones sont très différentes de celles du Tessin. Au vu du caractère ouvert du système FD et de son interaction avec l'environnement immédiat, il devient impératif de développer des outils d'analyse du paysage. Ces derniers seront nécessaires pour mettre en place un modèle d'analyse de risque afin de fournir aux services phytosanitaires suisses les instruments pour une approche correcte de la problématique de la flavescence dorée.

Conclusions

Ce travail permet de mieux comprendre l'écologie de la FD et met particulièrement en évidence que:

- *O. ishidae* est un vecteur alternatif de la FD, présent de manière assez diffuse dans le vignoble tessinois; l'espèce est capable de maintenir la maladie à de faibles niveaux épidémiques dans des parcelles cultivées avec des cépages sensibles.
- D'autres vecteurs, pour l'instant potentiels, pourraient jouer un rôle similaire, mais il faudra démontrer leur capacité de transmission du phytoplasme d'un hôte sauvage à la vigne.
- L'écologie de la FD représente un système complexe et ouvert, où la structure et la composition du paysage jouent un rôle primordial dans la présence des espèces hôtes et vectrices présentes.
- La stratégie de lutte actuelle axée sur l'éradication de la maladie est remise en question au Tessin et doit être adaptée aux situations rencontrées.
- Des outils d'analyse du paysage et d'évaluation des risques doivent être développés.

Remerciements

Nos remerciements vont à Joel Quattrini et Laura Torriani pour le travail effectué dans ce projet et au Dr. Valeria Trivellone pour les déterminations des cicadelles, ainsi qu'à Hélène Johnston pour le diagnostic moléculaire en nPCR, P. Saglini, D. Huber, Cantina Kopp von der Crone Visini, P. Jelmini, Cantine Latini, Tamborini Vini, M. Bianda et la cave Terreni alla Maggia pour avoir mis à notre disposition leurs parcelles. Nous remercions aussi le Dr. A. Klay, de l'OFAG, pour la lecture critique du manuscrit.

Bibliographie

- Arnaud G., Malembic-Maher S., Salar P., Bonnet P., Maixner M., Marcone C., Boudon-Padieu E. & Foissac X., 2007. Multilocus sequence typing confirms the close genetic inter-relatedness between three distinct Flavescence dorée phytoplasma strain clusters and group 16SrV phytoplasmas infecting grapevine and alder in Europe. *Applied and Environmental Microbiology* **73**, 4001–4010.
- Bressan A., Clair D., Séméty O. & Boudon-Padieu E., 2006. Insect injection and artificial feeding bioassays to test the vector specificity of Flavescence dorée phytoplasma. *Phytopathology* **96**, 790–796.
- Casati P., Jermini M., Quagliano F., Corbani G., Schaerer S., Passera A., Bianco P.A. & Rigamonti I. E., 2017. New insights on Flavescence dorée phytoplasma ecology in the vineyard agro-ecosystem in southern Switzerland. *Annals of Applied Biology*, 1–15, doi:10.1111/aab.12359.
- Chuche C. & Thiery D., 2014. Biology and ecology of the Flavescence dorée vector *Scaphoideus titanus*: a review. *Agronomy for Sustainable Development* **34**, 381–403.
- European Food Safety Authority (EFSA), 2014. Scientific Opinion on pest categorisation of Grapevine Flavescence dorée. EFSA Panel on Plant Health (PLH). *EFSA Journal* **12**, 3851.
- Filippin L., Jovi J., Cvrković T., Forte V., Clair D., Toševski I., Boudon-Padieu E., Borgo M. & Angelini E., 2009. Molecular characteristics of phytoplasmas associated with 'Flavescence dorée' in clematis and grapevine and preliminary results on the role of *Dictyophara europaea* as a vector. *Plant Pathology* **58**, 826–837.
- Gaffuri F., Sacchi S. & Cavagna B., 2011. First detection of the mosaic leafhopper, *Orientus ishidae*, in northern Italian vineyards infected by the Flavescence dorée phytoplasma. *New Disease Reports* **24**, 22.
- Günthart H., Mühlethaler R. & Lauterer P., 2004. Für die Schweiz neue Zikadenarten und Ergänzungen zu bereits bekannten Arten (Hemiptera Auchenorrhyncha). *Mitteilungen der Entomologischen Gesellschaft Basel* **54**, 150–160.
- IRPCM, 2004. "Candidatus phytoplasma", a taxon for the wall-less, non-helical prokaryotes that colonize plant phloem and insect. *Int. J. System. Evol. Microbiol.* **54**, 1243–1255.
- Jermini M., D'Adda G., Baumgärtner J., Lozzia G. C. & Baillod M., 1992. Nombre des pièges englués nécessaires pour estimer la densité relative des populations de la cicadelle *Scaphoideus titanus* Ball en vignobles. *Bollettino di Zoologia Agraria e Bachicoltura serie II* **25**, 91–102.
- Jermini M., Schaerer S., Johnston H., Colombi L. & Marazzi C., 2014. Dix ans de flavescence dorée au Tessin. *Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **46** (4): 222–229.
- Koczor S., Bagarus A. K., Karap A. K., Varga Á. & Orosz A., 2013. A rapidly spreading potential pest, *Orientus ishidae* identified in Hungary. *Bulletin of Insectology* **66**, 221–224.
- Lessio F., Picciau L., Gonella E., Mandrioli M., Tota F. & Alma A., 2016. The mosaic leafhopper *Orientus ishidae*: host plants, spatial distribution, infectivity, and transmission of 16SrV phytoplasmas to vines. *Bulletin of Insectology* **69**, 277–289.
- Maixner M., Reinert W. & Darimont H., 2000. Transmission of grapevine yellows by *Oncopsis alni* (Schrank) (Auchenorrhyncha: Macropsinae). *Vitis* **39** (2), 83–84.
- Mehle N., Seljak G., Rupal M., Ravnikar M. & Dermastia M., 2010. The first detection of a phytoplasma from the 16SrV (Elm yellows) group in the mosaic leafhopper *Orientus ishidae*. *New Disease Reports* **22**, 11.
- MOA 006 partie A version 1b (2010). Détection des phytoplasmes de la vigne du groupe 16SrV (flavescence dorée) et du groupe 16SrXII (bois noir) par PCR multiplex gigogne, méthode officielle d'analyse, © ANSES.
- Schaerer S., Johnston H., Gugerli P., Linder C., Schaub L. & Colombi L., 2007. Flavescence dorée in Switzerland: spread of the disease in canton of Ticino and of its insect vector, now also in cantons of Vaud and Geneva. *Bulletin of Insectology* **60** (2), 375–376.
- Schvester D., Carle P. & Moutous G., 1961. Sur la transmission de la flavescence dorée des vignes par une cicadelle. *C. R. Acad. Agric. Fr.* **47**, 1021–1024.
- Seemüller E. & Harries H., 2010. Plant Resistance. In: *Phytoplasmas: Genomes, Plant Hosts and Vectors*. P. G. Weintraub & P. Jones (Eds), CAB International, 147–169.
- Trivellone V., Filippin L., Narduzzi-Wicht B. & Angelini E., 2016. A regional-scale survey to define the known and potential vectors of grapevine yellow phytoplasmas in vineyards South of Swiss Alps. *European Journal of Plant Pathology* **145**, 915–927.

Summary***Orientus ishidae*, a new vector of flavescence dorée in Ticino**

This study was carried out in Ticino during the 2013–2015 time period. Its objective was to establish the presence of alternative insect vectors and plant hosts for grapevine flavescence dorée (FD). The results show that while the mosaic leafhopper *Orientus ishidae* constitutes a second vector of FD, it does not help spread the disease in an epidemic way as *Scaphoideus titanus*, the main vector, does. *O. ishidae* is present in all studied vineyards, but with varying population densities. *Corylus avellana* and *Salix* sp. are its preferred plant hosts and FD-positive individuals were found among them. Moreover, four other FD-positive leafhoppers were identified, but, contrary to *O. ishidae*, their ability to transfer the disease to grapevines has still to be demonstrated. The FD ecology appears to be a much more opened system than previously thought, where the landscape surrounding the vineyards plays an important role by determining which alternative plant hosts are present, it also determines their associated insect vectors. The present control strategy, based on the eradication of FD, is challenged and must be reassessed.

Key words: grapevine, host plants, leafhopper, landscape, phytoplasma flavescence dorée.

Zusammenfassung***Orientus ishidae*, neuer Vektor der goldgelben Vergilbung im Tessin**

Die vorliegende Studie, die von 2013 bis 2015 im Tessin durchgeführt wurde, untersucht das Vorkommen von alternativen Vektoren und Wirtspflanzen der goldgelben Vergilbung (GGV). Gemäss den Ergebnissen der Studie existiert im Tessin ein zweiter Vektor der GGV, die Zikade *Orientus ishidae*, die die Krankheit jedoch nicht epidemisch verbreitet, wie dies beim Hauptvektor *Scaphoideus titanus* der Fall ist. In allen Parzellen der Studie trat *O. ishidae* auf, allerdings in unterschiedlichen Populationsstärken. *Corylus avellana* und *Salix* sp. sind seine bevorzugten Wirtspflanzen, auf denen GGV-infizierte Individuen identifiziert wurden. Zudem wurden vier weitere Arten von Zikaden gefunden, welche Träger der GGV waren. Im Unterschied zu *O. ishidae* konnte jedoch noch nicht nachgewiesen werden, dass sie die Krankheit auf Rebstöcke übertragen können. Die Ökologie der GGV erweist sich als ein viel offenes System als bisher angenommen; die Landschaft am Rande der Rebberge spielt eine entscheidende Rolle, indem sie über das Vorkommen von alternativen Wirtspflanzen der GGV bzw. der entsprechenden Vektorarten bestimmt. Aufgrund dieser Erkenntnisse wird die aktuelle Bekämpfungsstrategie zur Ausrottung der GGV in Frage gestellt und muss überdacht und angepasst werden.

Riassunto***Orientus ishidae*, un nuovo vettore della flavescenza dorata in Ticino**

Lo scopo di questo studio, condotto in Ticino dal 2013 al 2015, era di stabilire la presenza di vettori e di piante ospiti alternativi della flavescenza dorata della vite (FD). I risultati hanno mostrato che in Ticino la cicalina *Orientus ishidae* costituisce un secondo vettore della FD senza tuttavia diffondere la malattia in modo epidemico come *Scaphoideus titanus*, il vettore principale della malattia. *O. ishidae* è presente in tutte le parcelle dello studio ma a delle densità di popolazione diverse. *Corylus avellana* e *Salix* sp. sono le sue piante ospiti e degli individui sono risultati positivi alla FD. Inoltre, altre quattro cicaline si sono rivelate positive alla FD, ma, contrariamente a *O. ishidae* resta da dimostrare la loro capacità di trasmissione della malattia alla vite. L'ecologia della FD si dimostra essere un sistema ben più aperto di quanto anticipatamente supposto, dove il paesaggio circostante le vigne ricopre un ruolo importante, determinando la presenza (o l'assenza) di piante ospiti alternative che possono ospitare la FD e la presenza di specie vettrici che sono loro associati. L'attuale strategia di lotta focalizzata sull'eradicazione della FD è rimessa in questione e deve essere ripensata e adattata.



Nouveau

Zorro[®]

**Rapide et ciblé
contre le carpocapse**

Puissant contre tous les lépidoptères
Agit immédiatement
Épargne les auxiliaires importants



**La nouvelle
matière active pour
les fruits à pépins**

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.

GIGANDET SA

1853 YVORNE - Tél. 024 466 13 83 - gigandet-sa@bluewin.ch
www.gigandetsa.ch Succursale de la Côte, 1166 Perroy

**Atelier mécanique
Machines viticoles
et vinicoles**

VENTE - SERVICE - RÉPARATION - RÉVISION



**Pressoirs - Pompes
Egrappoirs - Fouloirs
Réception pour vendange**

Votre spécialiste
BUCHER
vaslin

Alimentation en eau et comportement du Pinot noir dans les conditions du Valais central

Vivian ZUFFEREY¹, Jean-Laurent SPRING¹, Thibaut VERDENAL¹, Ágnes DIENES-NAGY¹, Sandrine BELCHER¹, Fabrice LORENZINI¹, Carole KOESTEL¹, Johannes RÖSTI¹, Katia GINDRO¹, Jorge E. SPANGENBERG² et Olivier VIRET³
¹Agroscope Changins, 1260 Nyon, Suisse

²Université de Lausanne, Institut des dynamiques de la surface terrestre (IDYST), 1015 Lausanne, Suisse

³Service de l'agriculture et de la viticulture (SAVI), 1110 Morges, Suisse

Renseignements: Vivian Zufferey, e-mail: vivian.zufferey@agroscope.admin.ch, tél. +41 58 468 65 62, www.agroscope.ch



Essai d'irrigation mené au domaine expérimental d'Agroscope à Leytron sur Pinot noir.

Introduction

La vigne, originaire du bassin méditerranéen, est traditionnellement considérée comme une plante résistante à la sécheresse. Son aptitude à endurer un manque d'eau provient de sa grande capacité à explorer le sol en profondeur grâce à un système racinaire très développé. Par ailleurs, ses besoins en eau sont relativement

modestes en comparaison d'autres cultures (Pereira *et al.* 1998), la maîtrise des rendements et la limitation progressive et modérée de son alimentation en eau étant recherchées pour obtenir des vins de qualité (van Leeuwen and Seguin 1994).

La sensibilité de la vigne au déficit hydrique est fonction de facteurs liés à la parcelle (nature du sol et réserve en eau, méso-climat) et varie selon des fac-

teurs génétiques (couple cépage/porte-greffe) (Spring 1997) et agronomiques (entretien du sol, rapport feuille-fruit, irrigation, etc.), entre autres. De nombreuses études ont mis en évidence les effets d'une limitation de l'alimentation en eau chez la vigne sur les échanges gazeux du feuillage comme la photosynthèse et la transpiration foliaire, le développement végétatif et racinaire, la nutrition minérale des plantes et la durée du cycle végétatif (Spring et Zufferey 2009; Chaves *et al.* 2010).

Il est par ailleurs connu que l'intensité de la sécheresse, sa période d'apparition et sa durée influent sur la taille finale des baies (rendement) et sur leur composition (Deloire *et al.* 2004). Une contrainte hydrique modérée qui survient dès la véraison favorise généralement l'accumulation des sucres et augmente la teneur en anthocyanes et en tanins des baies de cépages rouges (Matthews et Anderson 1989). Sous des climats tempérés, des conditions de déficit hydrique sont favorables pour produire des vins rouges de grande qualité (van Leeuwen *et al.* 2009).

Pour étudier l'influence de l'alimentation en eau sur le comportement agronomique de la vigne et la qualité des raisins et des vins, un essai d'irrigation permettant de créer différents régimes hydriques de la vigne en cours de saison a été mis en place au domaine expérimental d'Agroscope à Leytron (Valais). Les effets de l'alimentation en eau sur les échanges gazeux du feuillage, la vigueur des rameaux, les composantes du rendement et la qualité des raisins et des vins de Pinot noir ont été analysés et les résultats présentés dans cet article.

Matériel et méthodes

L'expérimentation a été menée de 2009 à 2015 sur le domaine expérimental d'Agroscope à Leytron dans le Valais central. Le sol est très caillouteux et perméable, avec une réserve utile en eau (RU) estimée à environ 150 mm. Les précipitations annuelles moyennes s'élèvent à près de 600 mm (tabl. 1). L'essai a été planté avec du Pinot noir (clone 9-18), greffé sur 5BB, en 1995. La vigne est conduite en Guyot simple (180x100 cm) en maintenant six rameaux par souche. Trois variantes ont été mises en place.

- A: variante irriguée au goutte-à-goutte de la floraison à la véraison (en général du 15 juin au 15 août). L'irrigation permet de compenser environ 30 % de l'évapotranspiration moyenne, calculée à partir d'une moyenne de vingt ans de la Station météorologique de Sion aérodrome (MétéoSuisse). L'apport d'eau, effectué de façon

Résumé ■ Un essai d'irrigation mené de 2009 à 2015 au domaine expérimental d'Agroscope à Leytron a permis de confirmer l'effet positif d'une contrainte hydrique modérée sur la maturation des raisins et la qualité des vins de Pinot noir. La restriction progressive et modérée en eau en cours de saison a provoqué une vigueur plus faible des rameaux et favorisé la maturation des raisins (teneur en sucres des baies plus élevée et acidité plus faible) en comparaison de vignes sans contrainte hydrique. Les vins ont été plus colorés et riches en composés phénoliques, et préférés à la dégustation. La fertilité des bourgeons, le poids des baies et des grappes à la vendange n'ont pas été influencés par la contrainte hydrique modérée subie par la vigne. Un stress hydrique plus sévère a par contre entraîné la diminution de la photosynthèse et de la transpiration du feuillage, ainsi que de la teneur en azote des feuilles et des baies.

hebdomadaire, s'est élevé à 9 l/m²/semaine (16 l/souche) sur une durée de neuf semaines, soit 81 l/m² de sol ou 145 l/souche.

- B: variante non irriguée.
- C: variante non irriguée avec la pose d'une bâche imperméable et non réfléchissante au sol, afin d'éliminer les eaux de pluie de fin avril aux vendanges et pour créer un stress hydrique important, si possible.

L'essai a été implanté en split-plot avec quatre répétitions par variante et mode d'irrigation. La récolte a été limitée en visant une production d'environ 1 kg/m².

Régime hydrique de la vigne et échanges gazeux du feuillage

L'état hydrique de la vigne a été déterminé au moyen de trois indicateurs physiologiques que sont le potentiel hydrique foliaire de base, le potentiel hydrique de tige et la composition isotopique du carbone dans les sucres du moût à la vendange. Le potentiel hydrique de base (Ψ_{base}) a été mesuré en fin de nuit, à l'obscurité complète, avec une chambre à pression de marque PMS Instrument and Co., modèle 1002 (Scholander *et al.* 1965). Le potentiel hydrique de tige (Ψ_{tige}) a été déterminé en cours d'après-midi sur des feuilles ensachées préalablement (une heure avant la mesure) avec de

l'aluminium pour diminuer fortement leur transpiration. Les mesures de potentiel hydrique de base et de tige ont été faites sur des feuilles adultes, non sénescentes, situées dans la zone médiane du rameau. La composition isotopique du carbone ($\delta^{13}\text{C}$ ou rapport entre le ^{13}C et le ^{12}C) a été analysée sur des échantillons de moût prélevés au foulage de la vendange selon la méthodologie d'Avice *et al.* (1996).

La mesure des échanges gazeux des feuilles (photosynthèse A et transpiration E) et de la conductance stomatique (gs), qui représente le degré d'ouverture des stomates, a été réalisée au moyen d'un analyseur à infrarouge LI-6400, LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA: elle a été effectuée sur des feuilles adultes et ensoleillées de rameaux principaux (éclairage saturant $> 1800 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), de juin à la mi-octobre.

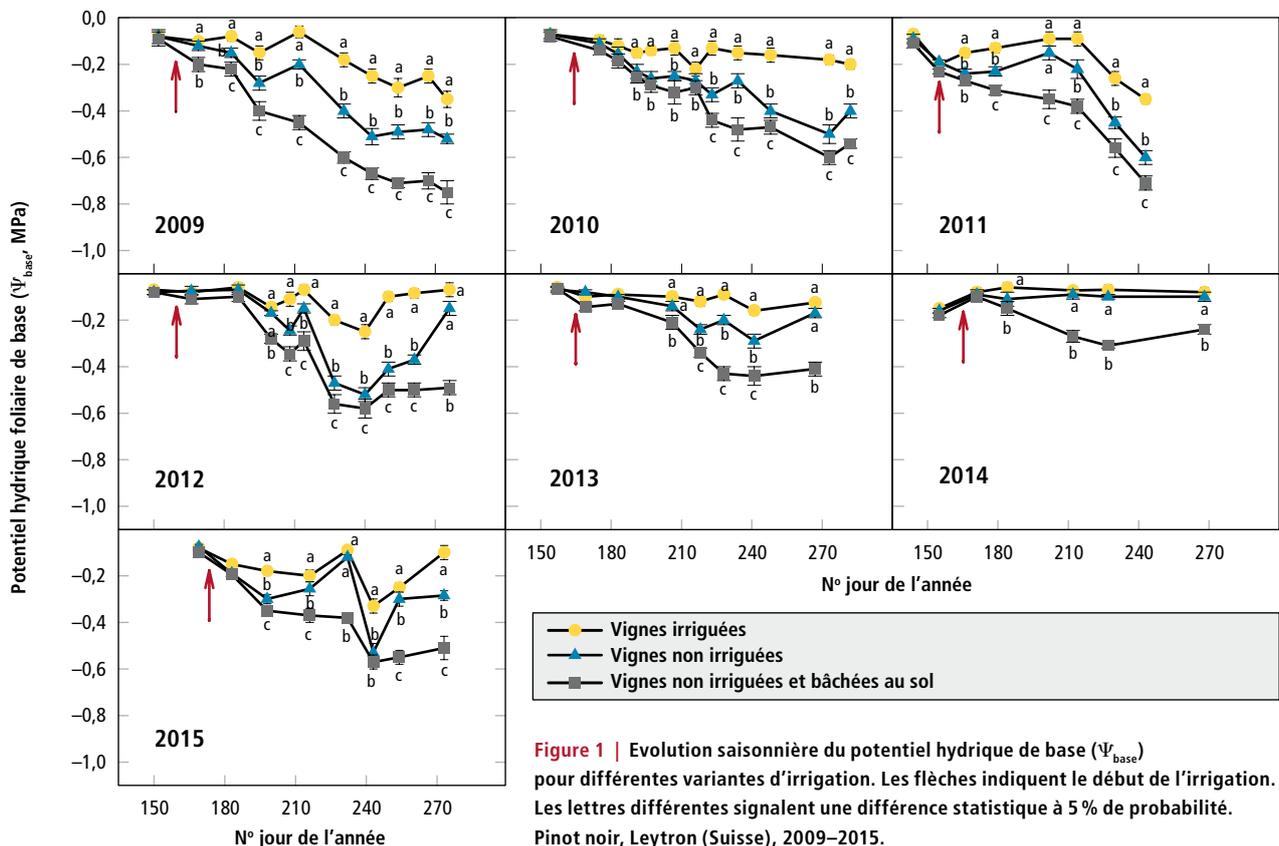
L'efficacité instantanée de l'utilisation de l'eau (WUE, Water Use Efficiency en anglais) a été calculée à partir des mesures d'échanges gazeux de feuilles isolées en mettant en rapport le taux de photosynthèse (A) et la transpiration des feuilles (E) selon la formule suivante: $WUE_{\text{inst}} = A/E$.

Des compléments d'information concernant l'étude du régime en eau de la vigne et les échanges gazeux sont disponibles dans la publication de Zufferey *et al.* (2017).

Observations viticoles et vinifications

Les composantes du rendement comme la fertilité (nombre d'inflorescences par rameau), le poids des baies et des grappes à la vendange ont été déterminées pour chaque variante d'irrigation. L'analyse du taux de N, P, K, Ca et Mg des feuilles situées dans la zone des grappes à la véraison (diagnostic foliaire) a été effectuée. L'indice chlorophyllien a été évalué par la mesure du N-tester (Yara, Nanterre, France) sur des feuilles adultes au-dessus de la zone des grappes à la véraison. En hiver, les bois de taille par souche (dix souches par répétition) ont été pesés. A la vendange, les paramètres suivants ont également été examinés: le rendement, la teneur en sucres (% Brix), les taux d'acidité totale, d'acides tartrique et malique, le pH et la teneur en azote assimilable des moûts (indice de formol), selon la méthode proposée par Aerny (1996).

Chaque variante d'irrigation a fait l'objet d'une vinification durant la période 2009–2015. Les vins ont été vinifiés de manière standard avec foulage, égrappage et sulfitage (50 mg/l) de la vendange. Les vins ont subi une fermentation malolactique avant d'être stabilisés chimiquement et physiquement. Des mesures d'anthocyanes (DO 520) et de l'indice des polyphénols totaux (DO 280) en vins ont été effectuées selon Ribéreau-Gayon *et al.* (1998). Les vins ont été dégustés chaque année par un



panel de douze dégustateurs d'Agroscope. L'analyse sensorielle de près de 23 descripteurs s'est réalisée selon une échelle de notation allant de 1 (faible, mauvais) à 7 (élevé, excellent).

Résultats et discussion

Caractérisation du régime hydrique de la vigne

La croissance et les échanges gazeux (photosynthèse et transpiration) du feuillage sont largement dépendants de l'alimentation en eau de la vigne. La mesure du potentiel hydrique foliaire de base (Ψ_{base}), réalisée de nuit, renseigne sur les disponibilités en eau du sol pour la plante, en lien avec la capacité de colonisation racinaire (van Zyl 1987). Cette mesure permet d'évaluer la force avec laquelle l'eau est retenue dans les tissus de la plante. Plus les valeurs du Ψ_{base} sont négatives, plus l'eau est retenue fortement et exprime une contrainte hydrique croissante. Les valeurs du potentiel hydrique sont exprimées de nos jours en mégapascals (MPa): une valeur de $-1,0$ MPa correspond à -10 bars. Van Leeuwen *et al.* (2009) ont proposé des seuils d'interprétation du potentiel hydrique de base pour caractériser la contrainte hydrique: si les valeurs sont supérieures à $-0,15$ Mpa, on estime que la contrainte hydrique est nulle. Des valeurs situées entre $-0,15$ et $-0,3$ Mpa signalent une contrainte faible. De $-0,3$ à $-0,5$ MPa, la contrainte devient modérée, et pour des valeurs inférieures à $-0,5$ MPa, la contrainte est considérée comme forte.

Les différents niveaux d'irrigation testés à Leytron ont entraîné des régimes hydriques de la vigne très contrastés selon les millésimes (fig. 1). L'irrigation, réalisée au goutte-à-goutte de la floraison à la véraison, a permis de maintenir un régime hydrique non limitant tout au long de la saison (valeurs du Ψ_{base} supérieures à $-0,3$ MPa). L'absence d'irrigation a provoqué une contrainte hydrique modérée, se déclenchant dans la majorité des années autour de la véraison et se poursuivant jusqu'à la récolte selon les précipitations estivales. Durant les étés chauds et secs de 2009 et 2011 (tabl. 1 et 2), la contrainte hydrique est devenue forte dans les vignes non irriguées et bâchées au sol (valeurs du Ψ_{base} inférieures à $-0,5$ MPa). Dans ce cas, le fort stress hydrique associé à des températures très élevées du feuillage ($>40^\circ\text{C}$) ont causé un jaunissement et un dessèchement des feuilles de la base des rameaux en fin de saison. La pose d'une bâche imperméable au sol a permis d'obtenir un stress hydrique sévère et d'étudier ainsi la réponse physiologique et agronomique du Pinot noir à la sécheresse.

L'analyse de la composition isotopique du carbone ($\delta^{13}\text{C}$ ou rapport $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$), effectuée sur les sucres du moût à la vendange, constitue un bon indicateur de la contrainte hydrique subie par la vigne durant la période d'accumulation des sucres dans les baies (Gaudillère *et al.* 2002). Le carbone 12 (isotope ^{12}C), plus léger que le carbone 13 (^{13}C), est assimilé de manière préférentielle lors de la photosynthèse quand les stomates sont ouverts et que la plante est bien alimentée en eau. >

Tableau 1 | Précipitations mensuelles (mm) sur le site expérimental de Leytron (Suisse) durant les sept années d'étude, en comparaison avec les moyennes à long terme (1981–2010)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Long terme
Janvier	109	11	22	57	21	42	55	51
Février	28	29	7	0	59	79	11	47
Mars	23	27	14	5	29	5	63	42
Avril	37	8	5	51	45	29	12	35
Mai	25	120	43	52	83	34	123	49
Juin	40	15	40	37	24	17	34	54
Juillet	87	73	69	51	52	106	35	58
Août	16	45	22	65	30	87	78	57
Septembre	18	22	42	52	45	15	14	44
Octobre	11	14	34	39	67	30	29	52
Novembre	68	36	2	53	95	44	42	52
Décembre	108	70	168	152	17	42	4	64
Année	570	470	468	614	567	530	500	603

Tableau 2 | Températures mensuelles ($^\circ\text{C}$) sur le site expérimental de Leytron (Suisse) durant les sept années d'étude, en comparaison avec les moyennes à long terme (1981–2010)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Long terme
Janvier	-2,7	-1,5	0,2	1,5	1	2,6	1,4	-0,1
Février	1	1,5	2,9	-1,7	0	4,2	1,3	1,8
Mars	5,9	6,1	7,9	9,1	5,2	8,4	7,9	6,5
Avril	12,4	11,8	14,2	10,9	10,9	12,8	12,2	10,4
Mai	16,4	14	17	16,1	12,5	15,6	15,6	14,9
Juin	18,4	18,9	18,8	20	18,1	20,1	20,6	18,1
Juillet	20,5	21,8	18,6	20,3	21,6	19,3	24	20,1
Août	21,6	18,5	21	21,3	20,2	18,4	20,9	19,2
Septembre	16,8	14,8	17,8	15,8	16,3	16,9	14,9	15,2
Octobre	10,3	10,3	10,4	11,5	12,7	13	10,5	10,3
Novembre	6,7	5,5	5,2	6,4	3,8	8,1	5,9	4,3
Décembre	1	-0,6	1,9	0,6	0,4	2,7	2,2	0,6
Année	10,7	10,1	11,3	11	10,1	11,7	11,5	10,1

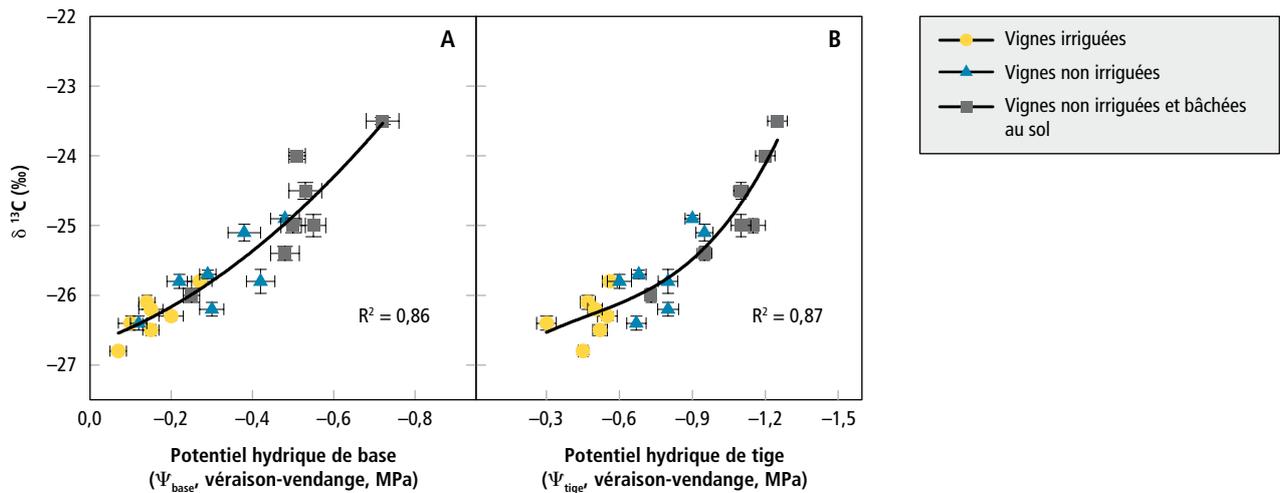


Figure 2 | Relation entre le potentiel hydrique de base (Ψ_{base} A), le potentiel hydrique de tige (Ψ_{tige} B), mesurés durant la période allant de la véraison à la vendange, et la composition isotopique de carbone ($\delta^{13}C$) dans les sucres des moûts à la vendange pour différentes variantes d'irrigation. Pinot noir, Leytron (Suisse), 2009–2015.

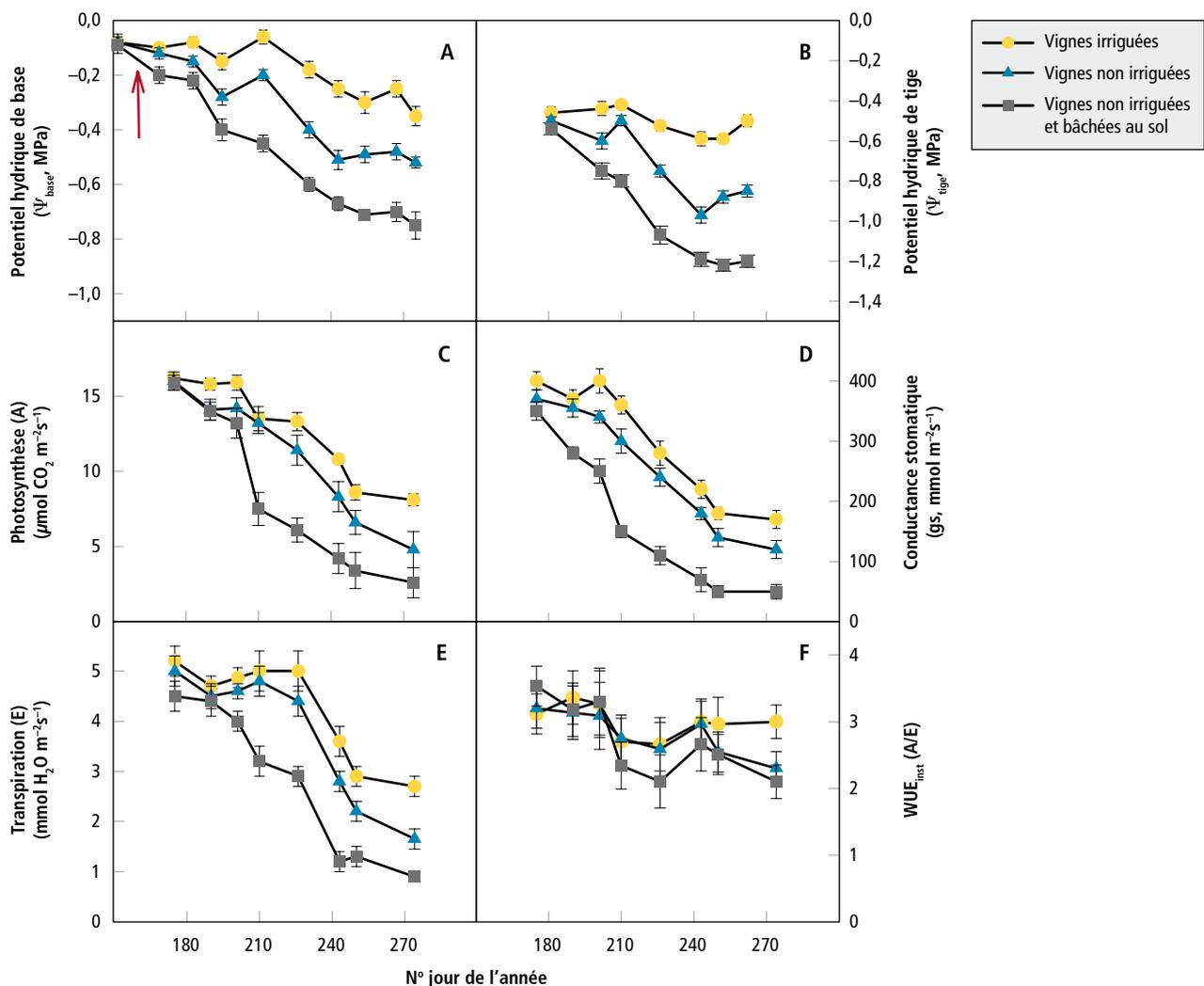


Figure 3 | Evolution saisonnière du potentiel hydrique de base (Ψ_{base} A), du potentiel hydrique de tige (Ψ_{tige} B), de la photosynthèse (C), de la conductance stomatique (D), de la transpiration (E) et de l'efficacité instantanée d'utilisation de l'eau (WUE_{inst} , F) pour différentes variantes d'irrigation. Pinot noir, Leytron (Suisse), 2009.

En période de sécheresse, on observe par contre un enrichissement en ^{13}C dans les sucres des raisins, car les stomates et les enzymes impliqués dans le processus photosynthétique ne discriminent plus aussi efficacement les isotopes de C. Une corrélation a été observée entre la composition isotopique et les valeurs du potentiel hydrique de base et de tige (fig. 2). Des valeurs plus élevées (moins négatives) de $\delta^{13}\text{C}$ indiquent une contrainte hydrique plus importante. L'intérêt de l'indicateur $\delta^{13}\text{C}$ réside dans la simplicité de sa mise en œuvre par rapport aux indicateurs classiques du régime hydrique de la vigne que sont les potentiels hydriques foliaires.

Echanges gazeux du feuillage

L'accroissement de la contrainte hydrique en cours de saison, observé dans les variantes non irriguées, conduit à la fermeture progressive des stomates (diminution de la conductance stomatique g_s), réduisant par conséquent la photosynthèse et la transpiration des feuilles (fig. 3). La diminution des échanges gazeux est déjà perceptible pour des valeurs de potentiel hydrique de base inférieures à $-0,3\text{ MPa}$, et de potentiel hydrique de tige à $-1,1\text{ MPa}$. Ces observations correspondent à une étude précédente, effectuée sur le même cépage (Spring et Zufferey 2009). Le contrôle stomatique des échanges gazeux constitue un mécanisme d'adaptation précoce à la restriction en eau subie par la plante afin d'éviter des accidents physiologiques comme l'embolie des vaisseaux (Lovisolo *et al.* 2008). La réponse des cépages à la sécheresse s'effectue également par des mécanismes de résistance hydraulique au flux d'eau à travers la plante, de la racine jusqu'aux feuilles (Zufferey *et al.* 2011), et par le rapport entre le développement racinaire et foliaire entre autres. Par ailleurs, dans les conditions relativement sèches du Valais, Spring (1997) a montré que la transpiration du Pinot noir était plus sensible à la demande climatique (température et humidité de l'air) qu'à l'état hydrique du feuillage, qui est plutôt bien contrôlé chez ce cépage. En cours de saison, le vieillissement graduel des feuilles

provoque également l'affaiblissement des échanges gazeux et de conductance stomatique (g_s).

Le rapport entre le taux de photosynthèse et celui de la transpiration (A/E), qui exprime l'efficacité instantanée de l'utilisation de l'eau ou WUE_{inst} , a légèrement diminué en cours de saison: il a été par contre peu influencé par le stress hydrique croissant dans les vignes non irriguées en comparaison des vignes irriguées. La température et l'humidité de l'air sont des facteurs qui agissent largement sur le ratio A/E (Prieto *et al.* 2010) et ont certainement joué un rôle déterminant en plus du déficit hydrique dans notre étude.

Alimentation minérale et vigueur de la vigne

L'accroissement du déficit hydrique dans les variantes non irriguées a globalement provoqué une baisse de la teneur en éléments nutritifs dans les feuilles à la véraison, particulièrement pour l'azote et le phosphore (tabl. 3). L'indice chlorophyllien du feuillage (N-tester) et la teneur en azote assimilable des raisins à la vendange ont été plus faibles dans les vignes non irriguées et bâchées au sol ayant souffert d'une forte restriction en eau en comparaison des vignes irriguées. L'absorption des nutriments, dissous dans le sol, dépend largement du flux hydrique à travers la plante (Keller 2015), c'est-à-dire de la transpiration du feuillage. L'assèchement du sol, associé à des températures élevées durant la période estivale, peut nuire à la minéralisation des nutriments (surtout l'azote) avec une diminution de l'activité microbienne (Celette *et al.* 2009) et à leur absorption dans le courant transpiratoire de la plante. Divers auteurs (Reynard *et al.* 2011; Spring *et al.* 2012) ont montré l'effet d'un déficit hydrique (d'origine climatique ou pédologique) durant la période estivale sur la teneur plus faible en azote du feuillage et des baies.

L'accroissement du déficit hydrique dans les vignes non irriguées et bâchées au sol s'est traduit par une chute des feuilles dans la zone basale des rameaux après la véraison et une réduction de la surface foliaire, parfois importante durant les été chauds et secs comme 2009, 2011 et 2015 (de -30 à -50%), en comparaison

Tableau 3 | Alimentation minérale de la vigne: diagnostic foliaire (% M.S.), teneur en N, P, K, Ca et Mg des feuilles à la véraison. Indice chlorophyllien du feuillage (N-tester) et azote assimilable du moût (indice formol) à la vendange. Les lettres différentes indiquent une différence significative à 5% de probabilité. Moyennes 2009–2015, Pinot noir, Leytron (Suisse)

	Diagnostic foliaire (% M.S.)					N-tester	Indice formol
	N	P	K	Ca	Mg		
Vignes irriguées	2,40a	0,41a	1,01a	4,48a	0,36a	655a	15,3a
Vignes non irriguées	2,35ab	0,34b	1,05a	4,31a	0,34a	652a	15,0a
Vignes non irriguées et bâchées au sol	2,19b	0,34b	1,04a	4,30a	0,32a	634b	12,2b

des vignes irriguées. La réduction de la croissance foliaire et des rameaux est l'une des conséquences tangibles et précoces due à la contrainte hydrique de la vigne. L'arrêt de la croissance des rameaux a été utilisé comme un indicateur pertinent du statut hydrique de la vigne (Pellegrino *et al.*, 2005). L'arrêt de la croissance végétative (notamment des rameaux secondaires) et la chute des feuilles limitent la transpiration globale de la plante tout en réduisant l'assèchement du sol: ces phénomènes participent au maintien d'un Ψ_{base} stable en fin de saison, comme ce fut le cas dans notre étude. Année après année, les vignes ayant subi une contrainte hydrique modérée à forte ont montré une vigueur plus faible des rameaux que les vignes irriguées sans stress hydrique (tabl. 4).

Croissance et composition des baies

La restriction progressive en eau, observée à partir de la véraison et jusqu'à la récolte dans les vignes non irriguées, n'a pas entraîné de diminution significative du poids des baies et des grappes, ni de la fertilité des bourgeons, comparé à des vignes bien alimentées en

eau (tabl. 5). Le rendement n'a par conséquent pas été trop affecté par le déficit hydrique survenu durant la maturation du raisin, à l'exception des millésimes très secs (2009, 2011 et 2015), durant lesquels les vignes non irriguées ont présenté des rendements un peu plus faibles (–10 à –15 %) que les vignes irriguées (résultats non présentés).

Le tableau 6 montre l'effet marqué de l'alimentation en eau sur la teneur en sucres des moûts à la vendange. La contrainte hydrique modérée a favorisé l'accumulation des sucres dans les variantes non irriguées, en conséquence d'un arrêt précoce de la croissance des rameaux secondaires qui conduit à une distribution des sucres de la photosynthèse préférentiellement vers les baies. Dans notre étude, les vignes non irriguées ont montré des teneurs en acidité totale et en acide malique plus basses en moût que celles des vignes irriguées sans stress hydrique. La réduction de l'acidité totale et la dégradation de l'acide malique semblent être liées au microclimat des grappes (baies exposées au rayonnement direct) chez les vignes non irriguées et stressées, en raison de la chute des feuilles dans la zone

Tableau 4 | Poids des bois de taille (g/cep) par année et sur la moyenne 2009–2015. Les lettres différentes indiquent une différence significative à 5 % de probabilité. Pinot noir, Leytron (Suisse)

	Poids des bois de taille (g/cep)							Moyenne 2009–2015
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Vignes irriguées	701a	750a	720a	903a	807a	717a	788a	770a
Vignes non irriguées	722a	735a	592b	763b	819a	671a	700b	715ab
Vignes non irriguées et bâchées au sol	689a	696a	423c	727b	681b	575b	622b	630b

Tableau 5 | Composantes du rendement: fertilité des bourgeons (nombre de grappes par bois), dégrappage par cep, poids des baies et des grappes à la vendange et rendement par m² de sol. Les lettres différentes indiquent une différence significative à 5 % de probabilité. Moyennes 2009–2015, Pinot noir, Leytron (Suisse)

	Fertilité des bourgeons (grappes/bois)	Dégrappage (–x grappes par cep)	Poids des baies (g)	Poids des grappes (g)	Rendement (kg/m ²)
Vignes irriguées	1,9a	–4a	1,2a	172a	0,82a
Vignes non irriguées	1,9a	–4a	1,2a	165a	0,75a
Vignes non irriguées et bâchées au sol	1,9a	–4a	1,1a	158a	0,77a

Tableau 6 | Caractéristiques de la vendange: teneur en sucre et acidité des moûts (acidité totale, tartrique et malique) et pH. Les lettres différentes indiquent une différence significative à 5 % de probabilité. Moyennes 2009–2015, Pinot noir, Leytron (Suisse)

	Sucres		pH	Acidité totale (g/l)	Acide tartrique (g/l)	Acide malique (g/l)
	(% Brix)	(mg/baie)				
Vignes irriguées	23,2a	276a	3,20a	8,5a	6,5a	3,9a
Vignes non irriguées	24,0ab	290b	3,22a	7,8b	6,3a	3,3ab
Vignes non irriguées et bâchées au sol	24,5b	286b	3,19a	7,6b	6,4a	2,9b

des grappes. Le pH du moût n'a pas été influencé par le stress hydrique, conformément à d'autres observations (McCarthy 2000). En vin, aucune différence significative n'a été relevée concernant l'acidité et le pH.

Polyphénols et qualité des vins

Les variantes non irriguées se distinguent par des vins plus colorés (teneur plus élevée en anthocyanes) et plus riches en composés phénoliques, mesurés par l'indice des polyphénols totaux (DO 280), que les variantes irriguées (tabl. 7). Dans notre étude, les anthocyanes principaux synthétisés dans les baies et analysés dans le vin ont été la malvidine 3-*O*- β glucoside et la péonidine 3-*O*- β glucoside (résultats non présentés), qui représentent près de 80 % de la proportion des cinq antho-

cyanidines (delphinidine, cyanidine, péonidine, pétunidine et malvidine) présentes dans les baies de *Vitis vinifera*.

La figure 4 illustre les résultats des dégustations réalisées par le panel de dégustateurs d'Agroscope de quatre descripteurs clés: le bouquet, la structure des vins, la qualité des tanins et l'appréciation générale des vins.

Globalement, les vins issus de vignes non irriguées ont été mieux appréciés.

Dans notre étude, la structure du vin et la qualité des tanins (tanins tendres et enrobés pour les vignes non irriguées) ont été jugées supérieures lors d'une contrainte hydrique modérée subie par la vigne. Celle-ci permet l'obtention d'une meilleure maturation des raisins et des composés phénoliques très appréciés en dégustation. Le statut hydrique de la plante apparaît comme un facteur déterminant de la qualité des vins, particulièrement des vins rouges (van Leeuwen *et al.* 2009) avec des effets positifs lors d'une contrainte modérée se mettant en place autour de la véraison et se poursuivant durant la maturation du raisin.

Tableau 7 | Teneur en anthocyanes et indice des polyphénols totaux (IPT) en vins. Les lettres différentes indiquent une différence significative à 5 % de probabilité. Moyennes 2009–2015, Pinot noir, Leytron (Suisse)

	Anthocyanes (mg/l)	Indice phénols totaux (IPT)
Vignes irriguées	314a	30a
Vignes non irriguées	394b	34a
Vignes non irriguées et bâchées au sol	401b	35a

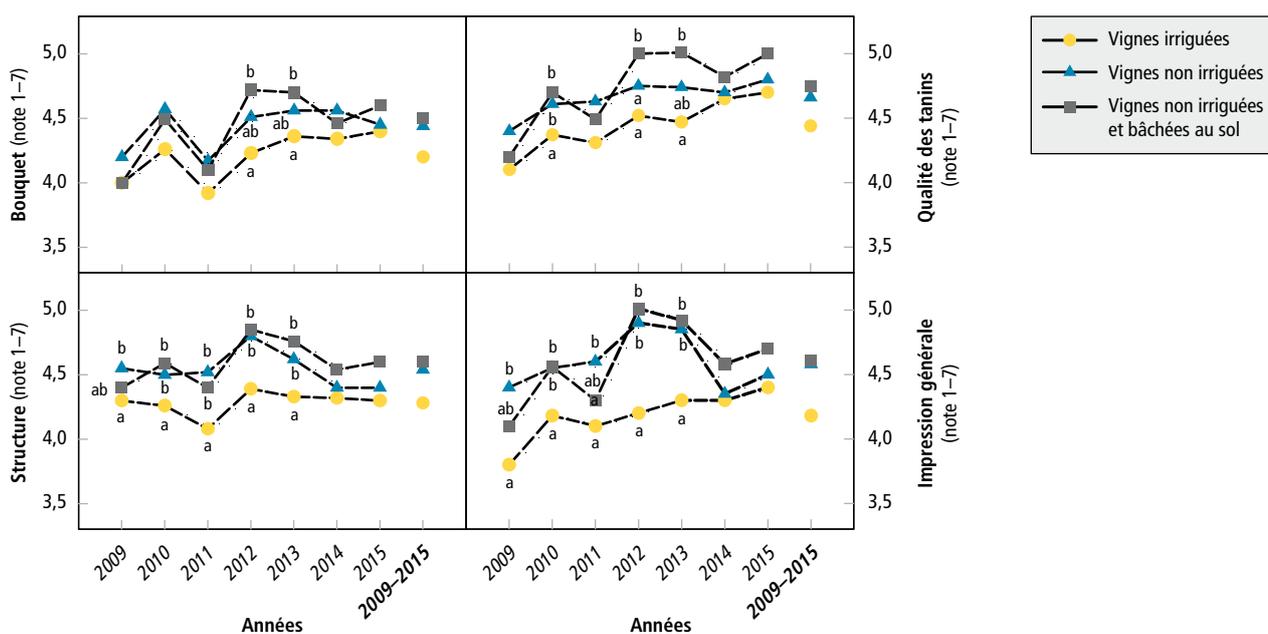


Figure 4 | Appréciation organoleptique de la qualité des vins en fonction de différents descripteurs: le bouquet, la structure, la qualité des tanins et l'impression générale pour différentes variantes d'irrigation. Notation de 1 = faible, mauvais à 7 = élevé, excellent. Pinot noir, Leytron (Suisse), 2009–2015.

Conclusions

- L'essai d'irrigation, conduit dans les conditions relativement sèches du Valais central à Leytron, a permis de confirmer l'effet positif d'une contrainte hydrique modérée durant la maturation du raisin de Pinot noir. Cet effet a porté sur:
 - un arrêt de la croissance végétative durant la maturation;
 - une meilleure accumulation des sucres dans les baies;
 - une plus faible teneur en acidité totale et en acide malique des baies;
 - des vins plus colorés et riches en polyphénols;
 - des vins aux tanins plus tendres et enrobés, et plus structurés;
 - des vins préférés à la dégustation.
- Les composantes du rendement (fertilité des bourgeons, poids des baies et des grappes) n'ont pas été influencées par la restriction modérée en eau (contrainte modérée).
- Avec un stress hydrique plus sévère, les échanges gazeux du feuillage et la teneur en azote des feuilles et des raisins ont diminué.
- En été, l'arrêt de la croissance des rameaux principaux et secondaires exprime un état de contrainte hydrique modéré subi par la vigne. Le jaunissement puis la chute des feuilles dans la zone des grappes sont le signe d'un stress hydrique plus sévère. Les mesures des potentiels hydriques de nuit et de tige, ainsi que la composition isotopique du carbone (^{13}C) des sucres du moût, a permis de bien caractériser l'alimentation en eau de la vigne durant la saison. ■

Remerciements

Les équipes de viticulture, de technologie et d'analyse des vins à Agroscope sont chaleureusement remerciées pour leur excellent travail et leur précieuse collaboration.

Bibliographie

- Aerny J., 1996. Composés azotés des moûts et des vins. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **28** (3), 161–165.
- Avice J., Ourry A., Lemaire G. & Boucaud J., 1996. Nitrogen and carbon flows estimated by ^{15}N and ^{13}C pulse-chase labeling regrowth of alfafa. *Plant Physiol.* **112**, 281–290.
- Chaves M. M., Zarrouk O., Francisco R., Costa J. M., Santos T., Regalado A. P., Rodrigues M. L. & Lopes C. M., 2010. Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data. *Ann. Bot.* **105**, 661–676.
- Celette F., Findeling A. & Gary C., 2009. Competition for nitrogen in an unfertilized intercropping system: the case of an association of grapevine and grass cover in a Mediterranean climate. *Eur. J. Agron.* **30**, 41–51.
- Deloire A., Carbonneau A., Wang Z. & Ojeda H., 2004. Vine and water, a short review. *J. Int. Sci. Vigne Vin* **38**, 1–13.
- Gaudillère J.-P., van Leeuwen C. & Ollat N., 2002. Carbon isotope composition of sugars in grapevine, an integrated indicator of vineyard water status. *J. Exp. Bot.* **53**, 757–763.
- Keller M., 2015. *The Science of Grapevines. Anatomy and Physiology*. Second Edition, Academic Press, Elsevier, San Diego CA.
- Lovisolo C., Perrone I., Hartung W. & Schubert A., 2008. An abscisic acid-related reduced transpiration promotes gradual embolism repair when grapevines are rehydrated after drought. *New Phytologist* **180**, 642–651.
- Matthews M. A. & Anderson M. M., 1989. Reproductive development in grape (*Vitis vinifera* L.): responses to seasonal water deficits. *Am. J. Enol. Vitic.* **40**, 52–60.
- McCarthy M. G., 2000. Developmental variation in sensitivity of *Vitis vinifera* L. (Shiraz) berries to soil water deficit. *Aust. J. Grape Wine Res.* **6**, 136–140.
- Pereira L. S., Smith M. & Allen R., 1998. Méthode pratique de calcul des besoins en eau, 206–231. In: J. R. Tiercelin (ed.) *Traité d'Irrigation*. Editions Lavoisier TEC et DOC.
- Pellegrino A., Lebon E., Simonneau T. & Wery J., 2005. Towards a simple indicator of water stress in grapevine (*Vitis vinifera* L.) based on the differential sensitivities of vegetative growth components. *Aust. J. Grape Wine Res.* **11**, 306–315.
- Prieto J. A., Lebon E. & Ojeda H., 2010. Stomatal behavior of different grapevine cultivars in response to soil water status and air water vapor pressure deficit. *J. Int. Sci. Vigne Vin* **44**, 9–20.
- Reynard J.-S., Zufferey V., Nicol G. C. & Murisier F., 2011. Soil parameters impact the vine-fruit-wine continuum by altering vine nitrogen status. *J. Int. Sci. Vigne Vin* **45**, 211–221.
- Ribéreau-Gayon P., Dubourdieu D., Donèche B. & Lonvaud A., 1998. *Traité d'Enologie Tome 1: Microbiologie du Vin, Vinifications*. Dunod, Paris.
- 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., 1997. Comportement physiologique des cépages Chasselas, Sylvaner, Gamay et Pinot noir dans les conditions sèches du Valais central. *Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **29**, 265–271.
- Spring J.-L. & Zufferey V., 2009. Influence de l'irrigation sur le comportement de la vigne et sur la qualité de vins rouges dans les conditions du Valais central. *Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **41**, 103–111.
- Spring J.-L., Verdenal T., Zufferey V. & Viret O., 2012. Nitrogen dilution in excessive canopies of Chasselas and Pinot noir cvs. *J. Int. Sci. Vigne Vin* **46**, 233–240.
- Van Leeuwen C. & Seguin G., 1994. Incidences de l'alimentation en eau de la vigne, appréciée par l'état hydrique du feuillage, sur le développement

Summary

Influence of Water Supply on Vine Behaviour and Pinot Noir Wine Quality: Assessment of an Irrigation Trial in Leytron (Canton of Valais)

An irrigation trial conducted from 2009 to 2015 at the Agroscope experimental station in Leytron confirmed the positive effect of moderate water stress on the ripening of Pinot Noir grapes and on the quality of the wines produced from them. Progressive, moderate water stress in the course of the season resulted in less-vigorous stem growth and favoured grape ripening (higher sugar content and lower acidity of the berries) compared to vines without water stress. The wines were more coloured and richer in phenolic compounds, as well as being preferred in tastings. Bud fertility and the weight of the berries and clusters at harvest were not affected by the moderate water stress undergone by the vine. By contrast, more-severe water stress caused a decrease in leaf photosynthesis and in transpiration, as well as in leaf and berry nitrogen content.

Key words: plant water status, grapevine physiology, berry composition, wine quality.

Zusammenfassung

Einfluss der Wasserversorgung auf das Verhalten der Reben und auf die Weinqualität von Pinot noir: Bilanz eines Bewässerungsversuchs in Leytron (VS)

Im Rahmen eines Bewässerungsversuchs auf dem Versuchsstandort von Agroscope in Leytron wurde der positive Effekt einer moderaten Einschränkung der Wasserversorgung auf die Reifung von Reben der Sorte Pinot noir und auf die Qualität des daraus produzierten Weines bestätigt. Die zunehmende, mässig stark eingeschränkte Wasserzufuhr im Laufe der Vegetationsperiode hat im Vergleich zu Reben ohne Wasserstress zu einem weniger stark ausgeprägten Triebwachstum geführt und die Traubenreife gefördert (höherer Zuckergehalt und geringerer Säuregehalt der Beeren). Die Weine waren farbintensiver, reicher an Phenolverbindungen und wurden bei der Degustation bevorzugt. Die Fruchtbarkeit der Knospen sowie das Gewicht der Beeren und Trauben bei der Ernte wurden durch die eingeschränkte Wasserversorgung der Rebe nicht beeinflusst. Eine stärkere Einschränkung der Wasserversorgung hat hingegen zu einer Abnahme der Photosynthese, der Verdunstung der Blätter und des Stickstoffgehaltes der Blätter und Beeren geführt.

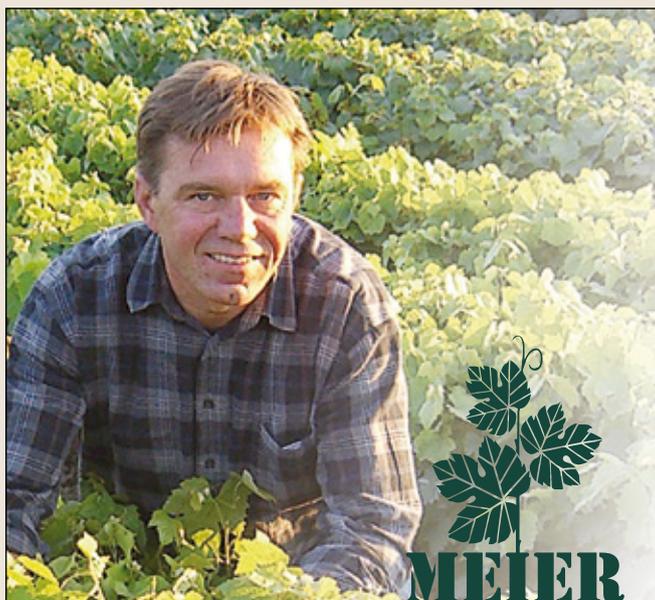
Riassunto

Influenza dell'acqua sul comportamento della vigna in termini di qualità del Pinot nero: bilancio di un test di irrigazione a Leytron (VS)

Un test dell'irrigazione condotto tra il 2009 e il 2015 nel vigneto sperimentale di Agroscope a Leytron ha permesso di confermare l'effetto positivo della restrizione idrica moderata sulla maturazione degli acini e sulla qualità del vino di Pinot nero. La restrizione progressiva e moderata di acqua durante la stagione ha ridotto il vigore dei ramoscelli e favorito la maturazione degli acini (tenore in zuccheri delle bacche più elevato e acidità ridotta) nel confronto con le vigne senza restrizione idrica. I vini prodotti erano più colorati e ricchi in composti fenolici e, durante le degustazioni, sono stati preferiti agli altri. La fertilità dei germogli, il peso delle bacche e dei grappoli durante la vendemmia non sono stati influenzati dalle restrizioni idriche moderate subite dalla vigna. Con uno stress idrico più intenso si sono invece osservate diminuzioni della fotosintesi e della traspirazione delle foglie così come del tenore di azoto nelle foglie e nelle bacche.

de l'appareil végétatif et la maturation du raisin (*Vitis vinifera* variété Cabernet franc, Saint-Emilion, 1990). *J. Int. Sci. Vigne Vin* **28**, 81–110.

- Van Leeuwen C., Trégoat O., Choné X., Bois B., Pernet D. & Spring J.-L., 1997. Comportement physiologique des cépages Chasselas, Sylvaner, Gamay et Pinot noir dans les conditions sèches du Valais central. *Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **29**, 265–271.
- Van Leeuwen C., Trégoat O., Choné X., Bois B., Pernet D. & Gaudillère 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**, 121–134.
- Van Zyl J. L., 1987. Diurnal variation in grapevine water stress as a function of changing soil water status and meteorological conditions. *S. Afr. Enol. Vitic.* **8**, 2, 45–50.
- Zufferey V., Cochar H., Ameglio T., Spring J.-L. & Viret O., 2011. Diurnal cycles of embolism formation and repair in petioles of grapevine (*Vitis vinifera* cv. Chasselas). *J. Exp. Bot.* **62**, 3885–3894.
- Zufferey V., Spring J.-L., Verdenal T., Lorenzini F., Dienes-Nagy Á., Belcher S., Koestel C., Rösti J., Spangenberg J. & Viret O., 2017. Impacts of water stress on the grapevine physiology and the quality of "Pinot noir" wines in Switzerland. *OENO One* **51**, 1, 17–27.



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

Valorisez votre savoir-faire et vos produits, vous avez de l'or entre vos mains!

Vous lancez un nouveau vin ?
Vous voulez rajeunir votre image ?
Vous chercher à monter en gamme ?
Vous avez besoin de ressources pour un projet ?

Notre expérience du terrain dans l'horlogerie et la viticulture est à votre disposition.

DANTHE

Un premier entretien sans engagement ?
Contactez-nous sur www.danthe.ch.

Convient à
BIOLOGIQUE
l'agriculture

*Plus de naturel
ça coule de source!*

MICROTHIOL SPÉCIAL®  **DISPERSS**

SOUFRE EN MICROGRANULÉS HYPERDISPERSIBLES



DISPONIBLE DANS VOTRE

Landi

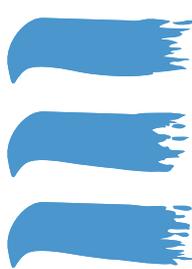
Marque déposée de Cerexagri - Homologation n° W2675 - Teneur : 80% de soufre à l'état libre. Bien lire l'étiquette avant toute utilisation et bien respecter les précautions d'emploi.



cerexagri
 **United Phosphorus Ltd**

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

PRODUITS POUR LES PROFESSIONNELS : RESPECTER LES CONDITIONS D'EMPLOI



Filtration de vins
 Traitement d'eau
 Micro-oxygénation

www.keller.ch

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

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

SNOPEX 
www.snopex.com **PASSION FOR QUALITY**

VOLCAN 73CV-98CV 
 • **DUALSTEER**



Dualsteer - brevet double système de direction
 091 646 17 33 / 079 933 53 68 / sales@snopex.com

Arbres fruitiers

du professionnel

Pour la saison de plantation automne 2017, les variétés suivantes sont encore disponibles:

Gravensteiner Friedli*	M27, J-TE-E*
Gravensteiner Rellstab	M27
Boskoop HERR	J-TE-E*, M27
Cox Korallo	J-TE-E*
Cox Lavera	J-TE-E*
RubINETTE, rosso*	J-TE-F*
Galaxy Gala*	J-OH-A*, FL-56, M9
Jugala*	FL-56, J-TE-E*, B-9
Elshof*	J-OH-A*
Milwa (Diwa)*	M9 VF, B-9
Kiku 8*	M9
Jonagold Novajo*	J-TE-E*
La Flamboyante (Mairac)*	J-TE-E*
Golden Reinders*	J-TE-E*, FL-56, M9 VF
Braeburn Hillwell*	FL-56, M9 VF, B-9
Topaz* RT**	J-OH-A*, M9
Red Topaz* RT**	J-OH-A*, FL-56, J-TE-E*
Rubinola* RT**	J-TE-F*
Mira* RT**	FL-56, M9
Sirius* RT**	J-TE-E*, J-OH-A*
Opal* RT**	M9 VF, M9
Solaris* RT**	J-OH-A*
Karneval* RT**	J-OH-A*, FL-56
Admiral* RT**	J-TE-E*, M27
Juno* RT**	M9
Diana* RT**	M9
Lucy* RT**	J-OH-A*, FL-56
Bonita* RT**	FL-56, B-9, J-TE-E*, M9, M9 VF, J-OH-A*

*Variétés protégées **RT = résistant à la tavelure

Zone protégée ZP-b2

Nous avons encore à disposition plusieurs variétés de pommiers ainsi qu'un grand choix de poiriers pour la table, de pruniers et de cerisiers. Nous disposons aussi d'un large assortiment de pommiers et de poiriers pour les jus, de pruniers et de cerisiers à hautes tiges.

Liste complète des variétés sur www.dickenmann-ag.ch



Erich Dickenmann AG

dipl. Obstbau-Ing. HTL
 Baumschulen und Obstkulturen
 Bächistrasse 1
8566 Ellighausen TG
 Tél. 071 697 01 71
 Fax 071 697 01 74
 Natel 079 698 37 29
erich.dickenmann@dickenmann-ag.ch
www.dickenmann-ag.ch

Eclairage LED interligne en culture de tomate sur substrat

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

Renseignements: Céline Gilli, e-mail: celine.gilli@agroscope.admin.ch, tél. +41 58 481 3519, www.agroscope.admin.ch



Eclairage LED interligne.

Introduction

Bien que fortement développé dans certains pays comme la Belgique et les Pays-Bas, l'éclairage d'assimilation n'est actuellement pas pratiqué en Suisse pour la culture de tomate. En effet, contrairement à ces pays, la cogénération (production combinée de chaleur et

d'électricité) n'est pas répandue en Suisse. Les producteurs ne disposent donc pas d'électricité bon marché, nécessaire pour l'utilisation des lampes à vapeur de sodium (HPS). Cependant, le fort développement des lampes à diodes lumineuses (LED, pour Light-Emitting Diodes), notamment pour une utilisation en cultures maraîchères, suscite des interrogations chez

les producteurs. En effet, les LED possèdent différents avantages: elles peuvent être placées au plus près des plantes, car elles ne dégagent pas de chaleur et le spectre lumineux peut être adapté assez facilement. Ces dernières années, de nombreux essais ont été réalisés avec les LED en horticulture (contrôle de la croissance, augmentation de rendement, économies d'énergie, protection des plantes), mais de nombreuses questions sont encore en suspens et les avis sont parfois encore partagés (Beros 2013). Pour apporter certaines réponses dans le contexte suisse, un essai a été mis en place par Agroscope en 2015 et 2016, afin d'évaluer l'intérêt de l'éclairage LED interligne en combinaison ou non avec un éclairage HPS en culture de tomate sur substrat.

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

Les essais ont été conduits dans deux compartiments identiques d'une serre de type Venlo, avec une double aération, une hauteur sous chéneau de 4,7 m et une surface de 358 m² chacun. Chaque compartiment était équipé de deux écrans de chez Svensson, un écran SLS 10 Ultra Plus et un écran XLS 15 Firebreak. Le chauffage était assuré par un tube de végétation et des aérothermes. Le CO₂ était injecté la journée jusqu'à ouverture des ouvrants de 10 %.

La culture a été menée sur un substrat de fibre de coco, avec recyclage complet de la solution nutritive sans désinfection. La variété Endeavour (Rijk Zwaan) greffée deux têtes sur Maxifort (De Ruiters) a été utilisée. La densité de plantation était de 3,16 tiges/m². La plantation a été effectuée le 26 février en 2015 et le 25 janvier en 2016. Les essais se sont terminés le 21 octobre en 2015 (soit 238 jours de culture) et le 12 octobre en 2016 (soit 262 jours de culture). Chaque essai comportait quatre répétitions. Une parcelle élémentaire était constituée de neuf plantes, soit dix-huit tiges. Les grappes ont été taillées à cinq fruits. Le pilotage du climat a été effectué par un ordinateur de gestion climatique LCC Completa de DGT-Volmatic. Il a également permis d'enregistrer les données relatives à la conduite des compartiments (température, humidité, heure d'ouverture des écrans, teneur en CO₂, durée d'éclairage des lampes HPS, etc.).

Eclairage

Un des compartiments était équipé de lampes HPS Gavita Superagro (GAN 6-750 AL 600/750 W) avec des ampoules Lucalox PSL 400V/750W disposées à raison d'une lampe pour 11 m² (~ 130–140 μmol.m⁻².s⁻¹ à 1,40 m

Résumé

Ces dernières années, les lampes à diodes lumineuses (LED pour Light-Emitting Diodes) se sont fortement développées, notamment pour une utilisation dans les serres. En effet, elles présentent différents avantages, dont leur efficacité, leur durée de vie et leurs longueurs d'onde allant de l'ultraviolet à l'infrarouge. L'utilisation des LED à l'intérieur de la ligne de culture semble être une approche intéressante pour augmenter la productivité des cultures de tomates sous serre. Un essai a été mis en place par Agroscope en 2015 et 2016, afin d'évaluer l'intérêt de l'éclairage LED interligne en combinaison ou non avec un éclairage HPS en culture de tomate sur substrat, et ce, dans le contexte suisse. L'éclairage LED interligne a permis d'augmenter de manière significative les rendements par rapport à la modalité sans éclairage en 2015 (+9 %), avec un fonctionnement en continu de 5h à 21h. Ceci ne s'est toutefois pas vérifié en 2016, avec un fonctionnement plus restreint de l'éclairage. La combinaison éclairage LED interligne et lampes à vapeur de sodium (HPS) par-dessus n'a pas abouti à l'augmentation du rendement par rapport à la modalité avec éclairage HPS seul. L'éclairage a un effet sur le diamètre des plantes, ce qui doit être pris en compte pour la conduite de la culture.

du sol). Dans chacun des compartiments, des lampes LED interligne Philips GreenPower (module DR/B250), (40–45 μmol.m⁻².s⁻¹ selon fournisseurs) étaient placées dans une ligne de culture, à environ 70–80 cm au-dessus des feuilles les plus basses. Le spectre de ces lampes était composé de bleu (~ 20 %) et de rouge (~ 80 %).

En 2015, l'éclairage HPS a été enclenché à la plantation dans un des compartiments. La photopériode était de 16h et le seuil de déclenchement de 200 μmol.m⁻².s⁻¹. Du 01.06 au 03.09, l'éclairage se déclenchait uniquement durant la journée si l'intensité lumineuse était inférieure à 200 μmol.m⁻².s⁻¹. Les LED ont été installées tardivement. Elles ont été mises en fonction, dans les deux compartiments, le 5 mai 2015 et éclairaient en continu de 5h à 21h.

En 2016, l'éclairage HPS a été enclenché à la plantation dans un des compartiments. La photopériode était de 12h jusqu'au 14 mars 2016, puis de 16h. Le seuil de déclenchement était de 200 μmol.m⁻².s⁻¹. Du 20.05

au 12.09, l'éclairage se déclenchait uniquement durant la journée si l'intensité lumineuse était inférieure à $200 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Les LED ont été enclenchées, dans les deux compartiments, à partir du 29 février 2016, avec un fonctionnement en continu de 7h30 à 18h, et de 6h à 10h entre le 20 mai et le 12 septembre. Quatre modalités étaient comparées: sans éclairage, LED interligne (LED), HPS par-dessus (HPS) et une combinaison HPS par-dessus et LED interligne (HPS + LED).

L'intensité de la lumière a été mesurée ponctuellement à l'intérieur des lignes de tomates à trois hauteurs différentes (45 cm au-dessous des LED interligne, 30 cm et 1,05 m au-dessus des LED interligne, ce qui correspond à 90 cm, 1,65 m et 2,40 m au-dessus du chéneau de culture). Des sondes de mesure du PAR (LightScout Quantum Light Sensor, Spectrum Technologies, Inc.) ont été placées à raison d'un lot de trois par modalité.

Phénologie

L'élongation a été mesurée une fois par semaine, toujours le même jour. L'apex de la tige était marqué sur le fil de culture et la différence de longueur d'une semaine à l'autre constituait l'élongation. Les mesures portaient sur deux tiges par répétition.

Surface foliaire

Lors des effeuillages, la surface foliaire a été mesurée avec un planimètre LI-COR LI-3100. Ces mesures ont été réalisées sur deux tiges par parcelle. En 2015, ces mesures ont été effectuées à certaines périodes et, en 2016, sur l'ensemble de la durée de l'essai.

Rendements

Les récoltes ont été faites tous les quatre à cinq jours. Pour chaque parcelle, le nombre de fruits a été compté et le poids total mesuré. Le poids moyen des fruits a ensuite été calculé.

Analyses de la qualité des fruits

Les analyses portaient sur dix fruits par répétition et uniquement sur les trois premiers fruits d'une grappe. Leur fermeté a été mesurée à l'aide d'un duromètre électronique pour fruits souples l'Agrosta® 100 Field (Agro-Technologie), muni d'un embout de $0,25\text{cm}^2$ (indice de 1 à 100). L'indice de réfraction (°Brix) était donné par un réfractomètre de marque Reichert Technologies, l'acidité totale était mesurée par titration à 0,1M NaOH (Metrohm, 719S, Titrimo) jusqu'à un pH de 8,2 et exprimée en $\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ d'acide citrique. Les mesures d'indice de réfraction et d'acidité ont été effectuées sur le filtrat: les fruits ont été broyés à l'aide d'un presse-tomate, de manière à obtenir un jus sans graines et sans peau, selon la méthode décrite par Granges *et al.* (2003) et la purée ainsi obtenue a été filtrée sur papier.

Analyses statistiques

Une analyse de la variance a été réalisée pour comparer les rendements, le nombre de grappes récoltées, le poids moyen des fruits, les mesures de phénologie et la qualité analytique des fruits (fermeté, acidité, °Brix) entre les différentes modalités. Le seuil de signification est de 0,05. Les moyennes ont été comparées avec un test de Tukey.

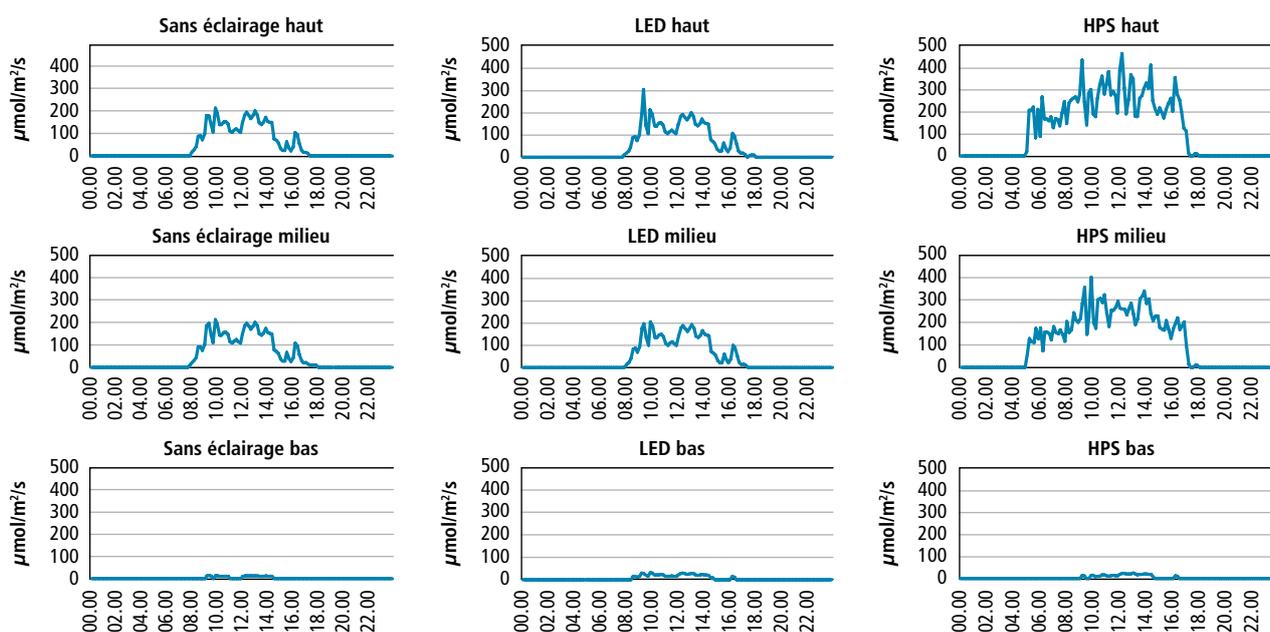


Figure 1 | Intensité lumineuse mesurée un jour couvert (03.03.2016) dans l'interligne à 90 cm (bas), 1,65 m (milieu) et 2,40 m (haut) au-dessus du chéneau de culture dans la modalité sans éclairage, avec éclairage LED interligne et avec éclairage HPS par-dessus.

Résultats

Eclairage

La durée de fonctionnement des lampes HPS a été enregistrée par l'ordinateur de gestion climatique des serres. Elle est liée au rayonnement extérieur. Sur l'ensemble de la durée de l'essai, elles ont fonctionné en moyenne 4h34 par jour en 2015 et 5h17 en 2016 (tabl. 1). Les mois d'avril et juin 2016 ont été globalement gris et pluvieux, ce qui explique, en partie, les différences de durée d'éclairage entre les deux années.

Tableau 1 | Durée moyenne de fonctionnement des lampes HPS par jour en 2015 et 2016

Période	2015	2016
Plantation mai	6h38	6h24
Juin-août	0h56	3h15
Septembre-octobre	7h58	6h09
Sur l'ensemble de l'essai	4h34	5h17

L'intensité lumineuse a été mesurée à différentes hauteurs dans l'interligne. Les résultats pour un jour couvert et un jour ensoleillé sont présentés dans les figures 1 et 2, excepté pour la modalité HPS + LED, dans laquelle les sondes ont mal fonctionné. L'effet des lampes HPS est visible sur les sondes placées en haut et au milieu. Par contre, aussi bien les LED en interligne que les HPS ont peu d'effet sur l'intensité lumineuse dans la partie basse des plantes en comparaison avec la modalité sans éclairage. Il aurait éventuellement été préférable de mesurer les longueurs d'onde spécifiques, notamment dans le bleu et le rouge. De plus, les mesures d'intensité lumineuse dans la culture sont très variables et fortement influencées par les nombreuses ombres portées liées à la structure de la serre et à la culture.

Phénologie

L'éclairage HPS a eu un effet significatif en 2016 sur la croissance hebdomadaire des plantes, de la plantation à fin mai. L'élongation moyenne est alors réduite dans

Tableau 2 | Élongation hebdomadaire et diamètre de la tige en 2015 et 2016 sans éclairage, avec LED interligne, avec HPS et HPS + LED interligne. Moyenne de quatre répétitions

	Élongation hebdomadaire moyenne (cm)			Diamètre moyen (mm)		
	2015	2016	De la plantation au 17.05.16	2015	2016	Plantation au 17.05.16
Sans éclairage	22,2	23,7	23,5a	9,3b	9,2b	10,5b
LED	22,1	23,7	23,8a	9,3b	9,4ab	10,7ab
HPS	22,6	23,3	22,5ab	10,2a	9,8a	11,1a
HPS + LED	21,9	23,3	21,9b	10,2a	9,7a	11,1a

Les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes à $P < 0,05$ (test Tukey de comparaison des moyennes).

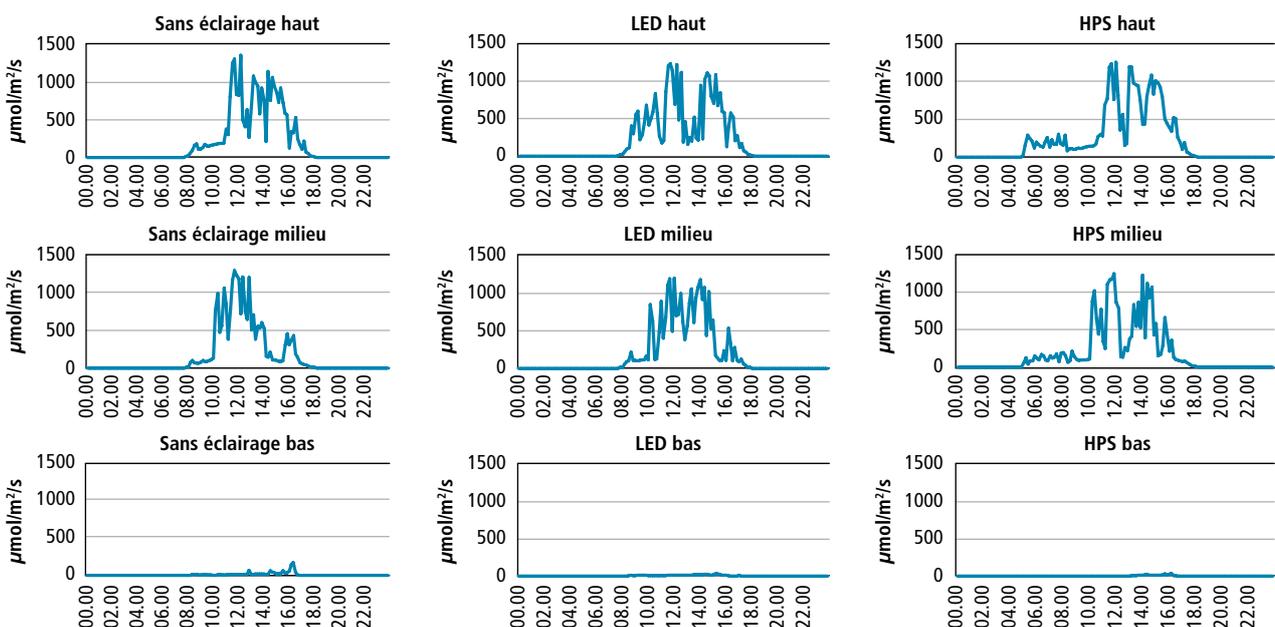


Figure 2 | Intensité lumineuse mesurée lors d'un jour ensoleillé (10.03.2016) dans l'interligne à 90 cm (bas), 1,65 m (milieu) et 2,40 m (haut) au-dessus du chéneau de culture dans la modalité sans éclairage, avec éclairage LED interligne et avec éclairage HPS par-dessus.

la modalité avec éclairage HPS (tabl. 2). Sur l'ensemble de l'essai 2016, la croissance hebdomadaire moyenne est comparable dans toutes les modalités (tabl. 2). L'éclairage HPS combiné aux LED en interligne ou seul a eu, les deux années, un effet positif sur le diamètre des tiges en comparaison avec la modalité sans éclairage. Toutefois, en 2015, seules les modalités sans éclairage et HPS + LED sont significativement différentes (tabl. 2). En 2015 comme en 2016, l'éclairage LED interligne n'a pas eu d'effet significatif ni sur le diamètre des tiges, ni sur la croissance des plantes (tabl. 2). Moerkens *et al.* (2016) n'ont pas obtenu de différence de longueur de plantes de tomates entre les modalités avec HPS et avec HPS et LED en interligne. En revanche, le diamètre des tiges était plus important dans la modalité avec HPS et LED interligne, comparé avec l'éclairage HPS seul, ce qui ne correspond pas aux résultats obtenus. Selon Pepin *et al.* (2014), l'éclairage LED au milieu de la canopée n'a pas d'effet significatif sur la longueur des plantes, le diamètre de la tige et la longueur des feuilles, ce qui confirme les résultats obtenus.

Surface foliaire

En 2015 comme en 2016, il n'y a pas de différence significative de la surface moyenne des feuilles sur l'ensemble de la durée de l'essai (tabl. 3). Par contre, il y a des différences ponctuelles ou sur certaines périodes. La surface foliaire est alors significativement supérieure entre la modalité sans éclairage et la modalité

HPS + LED. Selon, Heuvelink et Dorais (2005), les facteurs environnementaux comme la lumière, la concentration en CO₂, la température et l'humidité influencent la surface foliaire des tomates. Cependant, l'augmentation de la photopériode de 18h à 24h avec des lampes HPS n'a pas eu d'effet significatif sur la surface foliaire des tomates.

Rendements

Les rendements sont présentés dans le tableau 4. En 2015 comme en 2016, le nombre de grappes récoltées par mètre carré dans les différentes modalités est comparable, ce qui est en accord avec les résultats de phénologie (données non présentées). En 2015, le rendement en kg/m² est plus faible dans la modalité sans éclairage. En 2016, la modalité HPS a un rendement significativement supérieur à la modalité sans éclairage, ce qui n'est pas le cas avec la modalité LED interligne. Quant au rendement de la combinaison LED + HPS, il est intermédiaire entre les modalités LED et HPS et significativement supérieur à la modalité sans éclairage. Ces résultats s'expliquent en partie par des poids moyens des fruits plus élevés avec l'éclairage HPS (tabl. 4). Pepin *et al.* (2014) ont obtenu des poids moyens de fruits plus importants avec éclairage LED interligne par rapport au témoin. Pour Moerkens *et al.* (2016), les poids moyens des fruits étaient également plus élevés dans la modalité avec éclairage HPS + LED que dans la modalité avec éclairage HPS. Pour Dueck *et al.* (2012),

Tableau 3 | Surface foliaire moyenne mesurée lors des effeuillages, sans éclairage, avec LED en interligne, avec HPS et HPS + LED en interligne. Moyenne de 14 mesures en 2015, 26 en 2016 et de quatre répétitions

	Surface foliaire moyenne (cm ²)			
	2015	Moyenne de 4 mesures	2016	Moyenne au 01.04.2016
Sans éclairage	520	366b	559	593a
LED	563	420ab	588	630ab
HPS	545	476ab	546	668ab
HPS + LED	580	508a	550	708b

Les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes à P < 0,05 (test Tukey de comparaison des moyennes).

Tableau 4 | Nombre de grappes récoltées, rendements et poids moyen des fruits de la variété Endeavour sans éclairage, avec LED en interligne, avec HPS et HPS + LED en interligne. Moyenne de quatre répétitions

	Nombre de grappes récoltées par m ²		Rendement (kg.m ⁻²)		Poids moyens des fruits (g)	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Sans éclairage	59,9	74,1	27,2b	36,3c	99,9b	102,6b
LED	61,5	74,5	29,7a	37,5bc	104,6ab	103,4b
HPS	62,8	75,3	30,7a	40,9a	105,3ab	109,2a
HPS + LED	61,6	76,5	31,6a	39,7ab	111,6a	111,1a

Les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes à P < 0,05 (test Tukey de comparaison des moyennes).

les différences de rendement entre diverses modalités d'éclairage (HPS par-dessus, LED par-dessus, HPS et LED en combinaison pas dessus et HPS en combinaison avec LED interligne) sont également faibles.

Qualité

L'éclairage, aussi bien HPS que LED en interligne ou combiné, n'a eu aucune influence sur la qualité analytique des fruits de la variété Endeavour (tabl. 5). Dzakovich *et al.* (2015) ont obtenu des résultats similaires dans une expérience sur trois. Toutefois, ils concluent que la qualité des tomates n'est pas affectée par le type d'éclairage (HPS par-dessus ou LED en interligne).

Tableau 5 | Analyses de fermeté, de teneur en sucres et d'acidité totale réalisées en 2015 et 2016 sans éclairage, avec éclairage LED interligne, avec éclairage HPS et avec éclairage HPS + LED interligne. Les valeurs correspondent aux moyennes des différentes analyses (5* en 2015 et 6 en 2016)

	Fermeté (indice Durofel)		Teneur en sucres (°Brix)		Acidité totale (g.l ⁻¹ acide citrique)	
	–					
Sans éclairage	–	83,9	4,1	4,0	4,5	4,3
LED	–	83,4	4,1	4,0	4,4	4,3
HPS	–	83,8	4,0	3,9	4,5	4,2
HPS + LED	–	84,9	4,0	4,0	4,2	4,1

*Une seule analyse pour les modalités LED et HPS + LED.

Conclusions

- Les LED en interligne ont permis d'augmenter de manière significative les rendements par rapport à la modalité sans éclairage en 2015 (+9 %), avec un fonctionnement en continu de 5h à 21h. Ce gain a été nettement inférieur en 2016 avec une durée réduite de l'éclairage.
- La combinaison éclairage HPS par-dessus et LED en interligne n'a pas abouti à une augmentation du rendement par rapport à la modalité avec éclairage HPS seul.
- L'éclairage a eu un effet sur le diamètre des plantes.
- L'éclairage n'a pas eu d'effet sur la qualité des fruits. ■

Remerciements

Robert Farinet, Gabriel Mottier, Vanessa Rebord et Monika Ockerse, ainsi que les stagiaires et apprentis qui ont participé à ces expérimentations sont remerciés pour leur précieux travail.

Aspects économiques

Les données utilisées pour le calcul des coûts proviennent, d'une part, de la plateforme d'information du site de l'Union pétrolière (2017) pour les prix annuels moyens de l'électricité (15,91 ct.kWh⁻¹ en 2015 et 16,01 ct.kWh⁻¹ en 2016) et, d'autre part, de la CCM (2017) pour le prix moyen des tomates grappe (2.50 CHF/kg⁻¹). Le coût des investissements du tableau 6 correspond au prix des lampes payé par Agroscope. Il est plus élevé que celui payé pour une grande serre de production. En raison des coûts de l'électricité et du prix de vente des tomates et en tenant compte des gains de rendement, il ressort que l'investissement n'est pas rentable économiquement (tabl. 6). Aussi serait-il intéressant d'envisager un autre calendrier de production et une plantation plus précoce.

Tableau 6 | Calculs économiques

		LED	HPS	LED + HPS
Investissement (CHF.m ⁻²)		60	100	160
Consommation électricité (kWh.m ⁻²)	2015	71,4	53,2	124,6
	2016	43,1	68,0	111,1
Gain de rendement (kg.m ⁻²)	2015	2,5	3,5	4,4
	2016	+1,2	+4,6	+3,4
Coût électricité (CHF.m ⁻²)	2015	11,4	8,5	19,8
	2016	6,9	10,9	17,8
Gain de rendement (CHF.m ⁻²)	2015	6,3	8,8	11,0
	2016	3,0	11,5	8,5

Bibliographie

- Beros M., 2013. Les leds en horticulture. Inventaire bibliographique. Astredhor en ligne. <http://www.astredhor.fr/data/info/154513-CR291.pdf> [27.03.2017].
- CCM, 2017. Rapport statistique annuel légumes 2016. CCM, Koppigen, 134 p.
- Dueck T. A., Janse J., Eveleens B. A., Kempkes F. L. K. & Marcelis L. F. M., 2012. Growth of tomatoes under hybrid LED and HPS lighting. *Acta Hort.* **952**: 335–342.
- Dzakovich M. P., Gomez C. & Mitchell C. A., 2015. Tomatoes grown with light-emitting diodes or high-pressure sodium supplemental lights have similar fruit-quality attributes. *HortScience* **50** (10): 1498–1502.
- Granges A., Gunther V., Deprez A., Dalin J. & Verzaux E., 2003. Mesure de la qualité organoleptique des tomates. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **34** (4), 219–222.
- Heuvelink E. & Dorais M., 2005. Crop growth and yield. In: Tomatoes. CABI Publishing, Wallingford, 339 p.
- Moerkens R., Vanlommel W., Vanderbruggen R. & Van Delm T., 2016. The added value of LED assimilation light in combination with high pressure sodium lamps in protected tomato crops in Belgium. *Acta Hort.* **1134**: 119–124.
- Pepin S., Fortier E., Béchard-Dubé S. A., Dorais M., Ménard C. & Bacon R., 2014. Beneficial effects of using 3-D LED interlighting system for organic greenhouse tomato grown in Canada under low natural light conditions. *Acta Hort.* **1041**: 239–246.
- Union pétrolière, 2017. Comparaison des prix – Moyenne annuelle. Union pétrolière en ligne. <https://www.erdoel.ch/fr/combustibles-chauffage/chiffres-faits/comparaison-des-prix-moyenne-annuelle> [24.04.2017].

Summary**LED interlighting in tomato crop on substrate**

In recent years, LED (Light-Emitting Diodes) have strongly developed, especially for use in greenhouses. Indeed, they have various advantages including their efficiency, their lifetime, and wavelengths ranging from ultraviolet to infrared. The use of LEDs inside the crop seems to be indeed an interesting approach to increase the productivity of greenhouse tomato crops. In order to provide some answers in the Swiss context, an experiment was carried out by Agroscope in 2015 and 2016 to evaluate the interest of LED interlighting in combination or not with HPS lighting in tomato crop on substrate. The interlighting LEDs significantly increased the yields compared to the control without lighting in 2015 (+9%), with continuous operation from 5h to 21h. This gain was not repeated in 2016 with a reduced duration of lighting. The combination of HPS lighting over and LED interlighting did not result in the increase of the yield compared to the modality with HPS lighting alone. Lighting has an effect on the diameter of the plants, which must be taken into account when conducting the crop.

Key words: HPS, fruit-quality, supplemental lighting, interlighting.

Zusammenfassung**Zwischenreihe-LED-Beleuchtung im Tomatenanbau auf Substrat**

In den letzten Jahren gab es grosse Fortschritte bei den Gewächshauslampen, welche auf der LED (Light-Emitting Diodes) Technologie basieren. Sie weisen eine Reihe von Vorteilen auf, wie die höhere Effizienz, die längere Lebensdauer, sowie das Spektrum, welches von Ultraviolett bis zum Infrarot reicht. Die Nutzung von LED-Lampen zwischen den Linien könnte eine interessante Anwendung dieser neuen Technologie sein, um die Produktivität von Gewächshaus-Tomatenkulturen zu steigern. Um auf gewisse Fragen im Zusammenhang für einen Gebrauch in der Schweiz Antworten zu erhalten, wurde im 2015 und 2016 am Agroscope ein Versuch durchgeführt. Dieser hatte zum Ziel den Einsatz von LED-Lampen in den Zwischenreihen, mit oder ohne zusätzlichen HPS-Beleuchtung, in einer Substrat-Tomatenkultur zu testen. Im 2015 erhöhte die Zwischenreihen-LED-Beleuchtung den Ertrag signifikant um 9% im Vergleich zum Verfahren ohne Beleuchtung. Dabei wurde von 5 bis 21 Uhr ununterbrochen beleuchtet. Dieser Zusatzertrag wurde im 2016 nicht mehr erzielt, allerdings war die Beleuchtungsdauer in diesem Versuch kürzer. Die Kombination von HPS und LED-Beleuchtung erzeugte keinen Zusatzertrag im Vergleich zu einer alleinigen HPS-Beleuchtung. Die Beleuchtung bewirkt eine Zunahme des Pflanzendurchmessers, was bei der Kulturführung berücksichtigt werden muss.

Riassunto**Illuminazione LED interlinea nella coltivazione di pomodori su substrato**

Negli ultimi anni le lampade a diodi luminescenti (LED per Light-Emitting Diodes) si sono fortemente sviluppate, soprattutto per un uso nelle serre. In effetti, esse presentano diversi vantaggi tra cui la loro efficacia, durata di vita e le lunghezze d'onda che vanno dall'ultravioletto all'infrarosso. L'uso delle LED all'interno delle file delle colture sembra essere, effettivamente, un approccio interessante per aumentare la produttività delle colture di pomodori in serra. Per portare certe risposte nel contesto svizzero Agroscope ha svolto una prova nel 2015 e 2016 in modo da valutare l'interesse dell'illuminazione LED interlinea combinato o non con un'illuminazione HPS nelle colture di pomodoro su substrato. Le LED interlinea con un funzionamento continuo da 5 a 21h hanno permesso nel 2015, rispetto al metodo senza illuminazione, di aumentare in modo significativo le rese (+9%). Questo guadagno non si è ripetuto nel 2016 con una durata ridotta d'illuminazione. La combinazione HPS dall'alto e LED interlinea non ha contribuito all'aumento rispetto al metodo con illuminazione HPS sola. L'illuminazione ha un effetto sul diametro delle piante, fatto che deve essere considerato per la gestione della coltura.

Le spécialiste de vos installations vinicoles

Distributeur officiel des marques :

DREIER OENOTECH SA
Machines vinicoles - Kellereimaschinen



DELLA TOFFOLA



KREYER



KIESEL



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

Thermorégulation

Pompes et flottateurs

Moeschle
Behälterbau GmbH



Cuverie de haute Qualité

FIVER



Groupe de mise en bouteille

SS



Etiqueteuse autocollante compacte

PELENC

AZZINI

bertolaso

BIEFFE

GIMAR
TECNO

SIRIO ALIBERTI

MAS PACK
PACKAGING

nortan

GAMBA
TECNOLOGIE

makro
labelling

Logics & Controls

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



Martin Auer Rebschulen
Pépinnières Viticoles

Lisilostrasse, 8215 Hallau / SH

E-mail: auer@rebschulen.ch

www.rebschulen.ch

Tél. 052 681 26 27 / Fax 052 681 45 63



Assortiment complet:
Cépages de cuve et de table.

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

Pensez à réserver dès maintenant
vos plants de vigne pour 2018 et 2019.



Zimmermann sa

PaliSystem
Fabrication suisse

www.zimmermannsa.ch

PIQUETS DE VIGNE
ÉCHALAS – TUTEURS
AMARRES
FILS – ÉCARTEURS
TENDEURS

BON DE CHF 100.–

A faire valoir en 2017 lors de votre commande
d'une valeur minimale de CHF 1000.–

CMZimmermann SA
1268 BEGNINS

Tél. 022 366 13 17 – Fax 022 366 32 53

Ce bon n'est valable qu'une seule fois

AGROVINA
23-26.1/2018
Stand
3126

Protection des végétaux

Un nouveau ravageur en Suisse dans les plantes médicinales et aromatiques: *Chrysolina americana*

Claude-Alain CARRON et Catherine BAROFFIO, Agroscope, 1964 Conthey, Suisse

Renseignements: Catherine Baroffio, e-mail: catherine.baroffio@agroscope.admin.ch, tél. +41 58 481 35 18, www.agroscope.ch

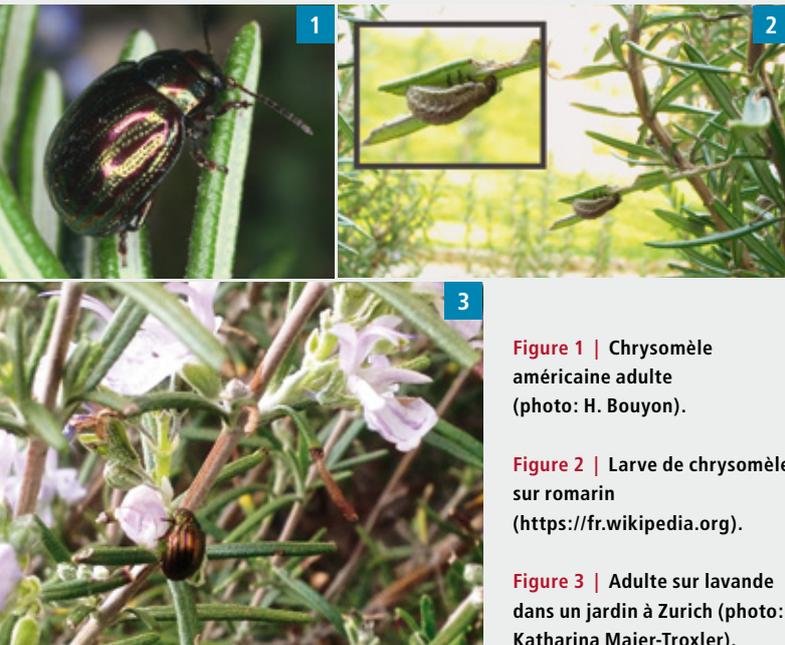


Figure 1 | Chrysomèle américaine adulte (photo: H. Bouyon).

Figure 2 | Larve de chrysomèle sur romarin (<https://fr.wikipedia.org>).

Figure 3 | Adulte sur lavande dans un jardin à Zurich (photo: Katharina Maier-Troxler).

Informations sur le ravageur

Un nouveau ravageur a été observé et identifié (morphologiquement et génétiquement) ce printemps par Agroscope. Il s'agit de *Chrysolina americana*. La chrysomèle du romarin ou chrysomèle américaine, *Chrysolina americana*, est un coléoptère aux élytres rayés vert foncé et rouge/violet métallisés (fig. 1). Elle atteint environ 8 mm de longueur. La larve, de la même taille, est plutôt grisâtre avec cinq lignes longitudinales plus foncées (fig. 2).

Contrairement à son nom d'espèce, la chrysomèle du romarin est originaire du pourtour méditerranéen. Elle attaque principalement les Lamiacées: romarin, lavande, sauge, thym et sauge de Russie (*Perovskia*). La chrysomèle a été déplacée hors de sa zone native par l'intermédiaire de ses plantes hôtes, principalement la lavande et le romarin, plantes populaires des jardins. Elle s'est ensuite rapidement dispersée et on la trouve actuellement dans de nombreux pays européens: Italie, Croatie, Pays-Bas, France et en particulier en Angleterre, où elle est bien établie. Elle a récemment été mentionnée en Israël et pour la première fois, la chrysomèle est signalée comme ravageur en Suisse. La figure 3 témoigne de sa présence dans un jardin privé de Zurich, en avril 2017.

La chrysomèle est un insecte phytophage. Elle se nourrit, à l'état larvaire comme à l'état adulte, des feuilles et des fleurs de ses plantes hôtes.

Les femelles sont fécondées à la fin de l'été ou au début de l'hiver et pondent leurs œufs de 2 mm de long sur le dessous des feuilles. Le développement larvaire a lieu pendant les mois d'hiver. Après s'être nourrie de feuilles pendant quelques semaines, la larve s'enterre pendant environ trois semaines dans le sol pour se nymphoser et l'imago sort au printemps.

Possibilités de lutte

Lutte biologique

Il n'y a actuellement aucun ennemi naturel disponible dans le commerce pour contrôler la chrysomèle du romarin.

Lutte manuelle

Leur nombre peut être réduit en enlevant les adultes et les larves à la main. A la fin de l'été, avant le début de la ponte, secouer les plantes en mettant un tissu à leurs pieds pour ramasser les insectes tombés. Cette technique permet de diminuer leur prolifération l'année suivante.

Lutte insecticide

En Allemagne, des essais ont montré que des produits à base de Neem et de Pyrèthre permettent de réduire les populations de chrysomèle de la menthe adultes (*Chrysolina herbacea*). Avant de pouvoir utiliser ces produits contre la chrysomèle du romarin, des essais devraient être menés et une demande d'homologation effectuée. Les résultats pourraient s'avérer probants. ■

Bibliographie

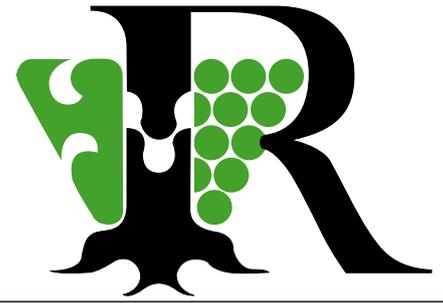
- Beenen R. & Roques A., 2010. Leaf and Seed Beetles (Coleoptera, Chrysomelidae). Chapter 8.3. In: Roques A *et al.* (Eds) Alien terrestrial arthropods of Europe. *BioRisk* 4 (1), 267–292.
- CABI, 2016. *Chrysolina americana* (rosemary beetle). <http://www.cabi.org/isc/datasheet/113295>.
- Frochot B. & Frochot B., 2014. La Chrysomèle du romarin en Bourgogne. *Rev. sci. Bourgogne-Nature* 20, 41.
- Meyer U., Blum H., Gärber U., Hommes M., Pude R., & Gabler J., 2010. Praxisleitfaden Krankheiten und Schädlinge im Arznei- und Gewürzpflanzenanbau. DPG Spectrum Phytomedizin, 101–102 (Persistent Identifier: urn:nbn:de:0294-sp-2010-Arznei-7).
- Thomas J., 2012. *Chrysolina americana* (L.) (Col. Chrysomelidae), established outdoors in Barrow. *Beetle News* 4:2, 11.

Pépinières Viticoles - Ph. Rosset

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

Qualité et Service font notre différence

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



FELCO[®]
SWISS  MADE



FELCO 801
Ø max. 30 mm



FELCO 811
Ø max. 35 mm

Felco 801 / Felco 811

Outils professionnels pour la viticulture et l'arboriculture

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



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



www.pepiniere-richard.ch

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



Utilisation des ressources génétiques fruitières (NUVOG) pour le cidre¹

Jonas INDERBITZIN, Andreas BÜHLMANN, Eva ARRIGONI, Rolf ZIMMERMANN, Sonia PETIGNAT (ILM), Jennifer GASSMANN et Romano ANDREOLI (IPB), Agroscope, 8820 Wädenswil

Renseignements: Jonas Inderbitzin, e-mail: jonas.inderbitzin@agroscope.admin.ch, romano.andreoli@agroscope.admin.ch



Dans le cadre du projet PAN-RPGAA «NUVOG» (Utilisation des ressources génétiques fruitières), onze variétés de pommes ont été transformées en cidre doux et sec à Agroscope Wädenswil sur mandat de FRUCTUS pour analyser et décrire leurs caractéristiques durant la production et dans le produit final. Des analyses ont été effectuées tout au long du processus de production et les caractéristiques organoleptiques des cidres obtenus ont été décrites par un panel de dégustation spécialement formé pour ce projet. En cette première année d'expérimentation, le choix s'est porté sur des variétés de pommes plutôt courantes, généralement assez pauvres en tannins et riches en acidité. Comme les caractéristiques sensorielles du cidre sont avant tout déterminées par le choix de la variété, en dehors du procédé de production, l'expérience a été riche en informations.

¹Traduction de l'article *Nutzung von Obstgenressourcen (NUVOG) – Cidre* paru dans *Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau* 12/16, 8–12.

Le cidre est une boisson traditionnelle qui prend des formes très variées, comme le montrent les produits originaires de Bretagne, d'Angleterre ou d'Espagne. Cette grande diversité tient aux techniques de fabrication, mais surtout aux variétés de pommes utilisées. Le but du projet NUVOG est de trouver une utilisation adéquate pour les variétés anciennes et rarement cultivées. Les propriétés des variétés à cidre ont été répertoriées dans le but d'obtenir des produits avec des caractères organoleptiques choisis à partir des variétés sélectionnées.

Dans la cinquième phase du Plan d'action national pour la conservation et l'utilisation durable des ressources phylogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture (PAN-RPGAA), quatre projets sont pris en charge par Agroscope de 2015 à 2018, dont un sur l'utilisation des ressources génétiques fruitières «NUVOG». Il se compose de deux sous-projets. Le premier porte sur l'utilisation des variétés de pommes du PAN dans la sélection et le second, présenté ici, étudie les propriétés des variétés de pommes du PAN pour la production de

cidre. Le projet lancé en janvier 2015 est en grande partie financé par l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG). Il est réalisé et cofinancé par Agroscope à Wädenswil sur mandat de FRUCTUS.

Qu'est-ce que le cidre?

En premier lieu, le terme de cidre a besoin d'être clarifié, notamment en Suisse. Dans la version allemande de l'Ordonnance du Département fédéral de l'intérieur (DFI) sur les boissons alcooliques, le terme de «cidre» n'apparaît pas. Les cidres sont intégrés dans la catégorie des vins de pomme. Leur teneur en alcool doit être d'au moins 3 % vol. Pour que la dénomination spécifique puisse mentionner une variété de fruit, la quantité de ce jus du fruit doit atteindre au moins 80 % en masse du produit fini. La dénomination de «cidre mousseux» est attribuée aux boissons contenant au moins 4g/l de dioxyde de carbone obtenu par fermentation naturelle. Quelle est la différence entre le cidre et le jus de pomme fermenté ou moût de pomme? Officiellement, il n'y en a pas. Les deux termes sont synonymes. Cependant, la fabrication et le stockage du moût sont souvent moins contraignants que pour le cidre. Dans les régions à cidre, les fabricants choisissent des variétés de pommes particulières pour leur production et leur sélectivité est tout un art.

Tableau 1 | Classification selon Barker

	Acidité (%)	Teneur en tannins (%)
Sharp	> 0,45	< 0,2
Bittersharp	> 0,45	> 0,2
Bittersweet	< 0,45	> 0,2
Sweet	< 0,45	< 0,2

Sélection de variétés

Parmi les quelque 1300 variétés de pommes répertoriées en Suisse, quarante seront sélectionnées tout au long du projet et seront élaborées en cidres purs à variété unique. Le choix se fait sur différents critères. Dans la pratique, les variétés de pommes sont classées depuis plusieurs années selon leur teneur en tannins et leur acidité. Ce classement dit de Barker (tabl. 1) a été introduit par le professeur B.T.P. Barker en 1903 à la station de recherche Long Ashton Research Station en Angleterre. Des variétés représentatives ont été sélectionnées dans chacune des quatre catégories en s'appuyant sur l'analyse approfondie de près de 480 jus purs dans le cadre de projets BEVOG antérieurs. Les variétés rares ont été testées au même titre que les variétés très répandues. Les résultats des tests de maladies (feu bactérien, tavelure et oïdium) issus de projets antérieurs, ainsi que la rentabilité, soit ici le rendement en jus, font également partie des critères de sélection. Enfin, les recommandations des experts fruitiers et les particularités aussi bien culturelles qu'historiques ont été prises en compte. En 2015, durant la première année du projet, des variétés de la catégorie «acidulées» dans le classement Barker ont été sélectionnées. Elles sont pauvres en tannins et riches en acidité. La sélection comprenait à la fois des variétés peu répandues comme Winterzitrone, Chüsenrainer, Heimenhofer, Spätlauber, Wilerrot et Niederhelferschwiler Beeriapfel ainsi que des variétés courantes spéciales pour le moût comme Gravensteiner, Sauergraeuch, Tobiässler, Grauer Hordapfel et Schneiderapfel. Par la suite, il est prévu d'intégrer davantage de variétés appartenant à d'autres catégories Barker, bien que la gamme suisse offre un peu moins de choix dans ces dernières.

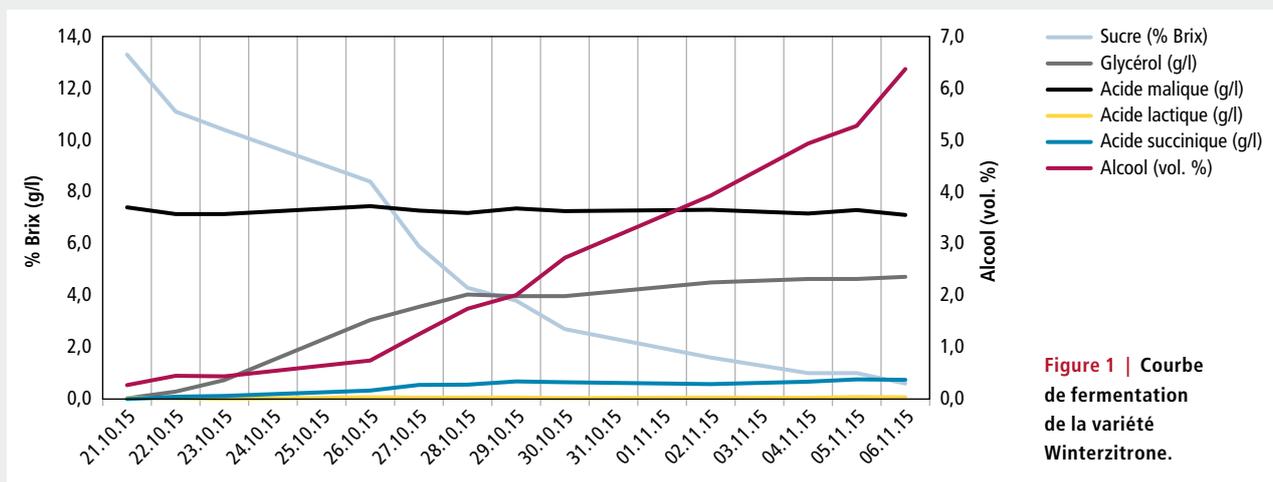


Figure 1 | Courbe de fermentation de la variété Winterzitrone.

«Low-tech», pour rester proche de la pratique et préserver le caractère de la variété

Afin que les petites exploitations puissent mettre en pratique les connaissances acquises dans le projet, la technique de fabrication doit rester simple. De plus, le procédé doit être le même pour toutes les variétés et préserver la typicité de la variété pour pouvoir comparer les différents cidres entre eux. Pour chaque variété, 60 kg de pommes sont passés au moulin broyeur environ une semaine après la récolte. La pulpe ainsi obtenue est ensuite laissée pendant quatre heures à température ambiante. Après le pressurage à une pression maximale de 6 bars, le jus est décanté durant une nuit à 4 °C. La fermentation est amorcée en ajoutant de la levure sèche W15 selon les indications du fabricant et se poursuit à environ 18 °C. A l'issue de la fermentation (après 10 à 14 jours), le jus fermenté est séparé une première fois de la levure et additionné de 5 % de H₂SO₃ (60 mg/l). Après quatre semaines environ de stockage à 4 °C, les dépôts fins sont enlevés. Pour la fabrication de cidre doux, la moitié du jus fermenté est adoucie par ajout de moût de la même variété à raison d'environ 8 g/l. Les cidres passent ensuite à travers des couches de filtres à base de cellulose, puis sont conservés à environ 4 bars de CO₂ à 4 °C jusqu'à la mise en bouteille. Celle-ci s'opère dans une installation à contre-pression après addition de 3 g/l de CO₂, dans des bouteilles en verre brun de 500 ml. Le cidre est ensuite pasteurisé durant 45 min à 65 °C avant d'être stocké à 4 °C.

Suivi analytique

Pour s'assurer du déroulement régulier et irréprochable de la fabrication des 22 cidres et évaluer leur comportement pendant le processus, des échantillons ont été prélevés à chacune des étapes principales. Le pH, l'acidité totale, la teneur en sucre, l'alcool, les acides malique, lactique et succinique, les valeurs chromatiques et les phénols totaux (Folin) ont ainsi été relevés. La figure 1 montre que le sucre s'est presque entièrement transformé en alcool pendant la fermentation, qui a également entraîné la formation de 4,7 g/l de glycérol et de 0,7 g/l d'acide succinique. La production accrue de ces deux substances est une propriété connue de la levure utilisée W15 (Sütterlin *et al.* 2001). L'acide malique est resté constant en l'absence de fermentation malolactique. Ces résultats indiquent que la température de fermentation devrait être contrôlée pour faciliter ou empêcher la fermentation malolactique, selon les résultats souhaités, et que la teneur en sucre devrait être vérifiée en permanence pendant la fermentation pour assurer la décomposition complète du sucre fermentescible. Une teneur élevée en sorbitol chez certaines

variétés ou lors de certaines années de récolte peut conduire à des dépôts de sucre non fermentescible dans le produit fini.

La teneur en polyphénols des échantillons analysés a atteint environ 250–500 mg/l (mg d'équivalent catéchine/kg de pommes ou litre de jus) en 2015, soit nettement au-dessous des valeurs de référence pour le cidre indiquées dans la littérature. Comme le montre la figure 2, dans cet essai, près de 80 % des polyphénols ont été perdus lors du broyage et du pressage des pommes. Pour contrôler la teneur en polyphénols lors de la fabrication, il est possible d'intervenir au moment de la transformation des pommes au niveau du temps de maturation, de la gestion de la fermentation, de la clarification et de la filtration. Du point de vue sensoriel, les polyphénols sont perçus sous forme d'amertume et d'astringence. Cette sensation varie suivant le groupe de polyphénols contenus dans le produit. Dans le cidre, ce sont surtout les tannins qui engendrent la sensation d'amertume (Lesschaeve et Noble 2005). Les différences de composition et la taille des polymères influencent l'amertume et l'astringence: l'amertume diminue avec le degré de polymérisation tandis que l'astringence augmente. D'autres facteurs, comme le pH, le taux d'alcool, la teneur en sucre et la viscosité du liquide, peuvent également agir sur la perception.

Aspect sensoriel

Du point de vue sensoriel, aucune variété de pomme ne peut être déclarée adaptée ou impropre à la production de cidre. Chacune possède ses propriétés spéci-

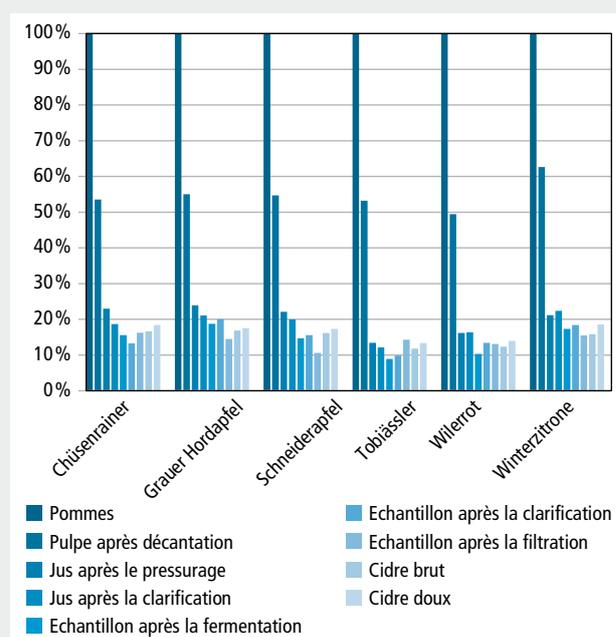


Figure 2 | Baisse de la teneur en polyphénols durant l'élaboration du cidre.

fiques qui peuvent être exploitées selon le produit recherché. Certaines conviennent à la production de cidre fruité avec une pointe d'acidité, et d'autres à celle de cidre avec des tanins bien présents, une acidité marquée et parfois avec une saveur épicée. En pratique, il est très courant de mélanger différentes variétés dont les caractéristiques se complètent ou se renforcent.

Pour évaluer les propriétés des variétés testées de façon fiable et précise, une analyse descriptive a été effectuée avec 12 experts du panel de dégustation d'Agroscope Wädenswil. Avant la dégustation, les dégustateurs avaient préparé une liste d'attributs spécifiques pour le cidre et ont jugé tous les produits selon ces critères. Les termes présentés dans le tableau 2 devaient être compréhensibles pour les experts, mais aussi pour les producteurs et les consommateurs. Cette liste cherche tout d'abord à couvrir de manière exhaustive toutes les catégories sensorielles rencontrées au cours du projet, la difficulté consistant à trouver le bon équilibre entre le degré de généralité (qui limite la comparaison) et le degré de détail (qui limite la fiabilité de l'évaluation). Les principaux composants aromatiques du cidre (Holm et Kuldjäv 2014) et différents échantillons de cidre du commerce ont servi de référence aux dégustateurs.

Le goût des variétés ne différait pas de manière significative. L'amertume n'a pas pu être directement

reliée avec la teneur en polyphénols relevée dans les analyses car, comme mentionné plus haut, les variétés utilisées la première année du projet possédaient une teneur relativement basse en polyphénols. La figure 3 montre une vue d'ensemble de l'espace sensoriel

Tableau 2 | Attributs sensoriels pour la description du cidre

Arôme	Intensité globale olfactive alcoolisé fruité mûr floral ligneux épicé herbeux herbacé de levure fongique balsamique terreux
Goût	acide doux amer
Consistance	astringent long en bouche pétillant mousseux
Persistance	aromatique structurelle

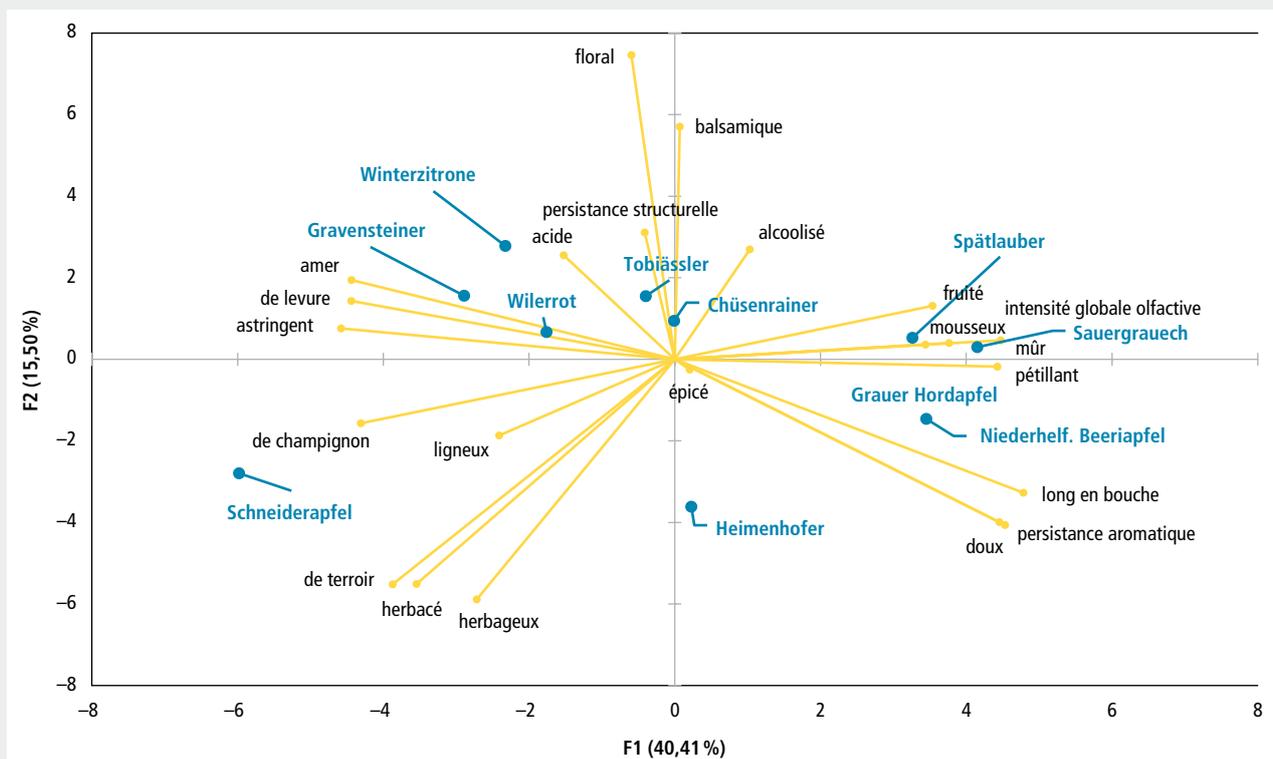


Figure 3 | Analyses en composantes principales biplot pour les moyennes sensorielles des variantes cidre doux et brut.

situant précisément les 11 variétés testées, sans afficher leurs résultats individuels. Les résultats des variétés proches l'une de l'autre sont similaires. Plus une variété se rapproche d'un attribut sensoriel, plus celui-ci est marqué par rapport à d'autres variétés. La pomme Schneiderapfel douce a par exemple un arôme boisé, minéral et de champignon. Sa forte astringence et son amertume la distingue des autres variétés, tandis que la pomme Winterzitron se démarque par une note fleurie persistante et la pomme Niederhelferschwiler Beerapfel par des arômes marqués d'épices et de maturité. A la fin du projet, les résultats complets de toutes les variétés testées seront disponibles sur le site www.bdn.ch, sous la forme présentée à la figure 4 pour la variante Schneiderapfel douce.

Perspectives

En 2016 et 2017, 30 autres variétés de pommes seront analysées et testées sur le plan sensoriel selon les procédés établis en 2015. Le choix se portera sur des variétés rares et riches en tannins, appartenant aux catégories douces-amères et amères du classement Barker. A la fin du projet, la totalité des résultats sera présentée dans le cadre d'un symposium auquel seront conviés les experts des différents milieux concernés. ■

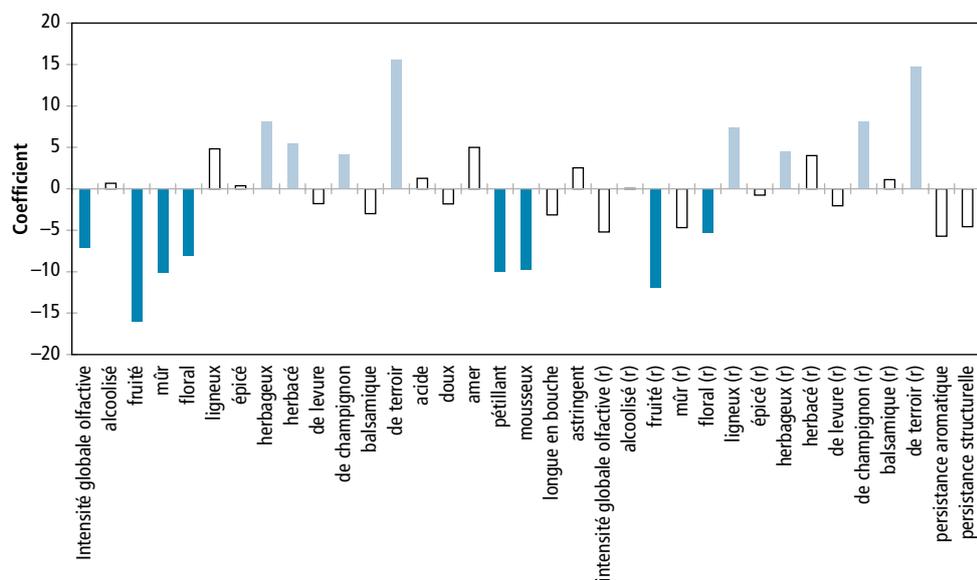


Figure 4 | Caractérisation sensorielle de la variété Schneiderapfel douce. Les attributs sur l'axe positif sont plus marqués que la moyenne de toutes les variétés, les attributs sur l'axe négatif moins marqués. Les barres colorées représentent les différences significatives ($p = 0,01$).

Remerciements

Nous tenons à remercier Oliver Gerber (ZHAW) pour le soutien technique apporté, Daniel Pulver pour la fabrication des prototypes, les membres du panel de dégustation d'Agroscope Wädenswil pour leur engagement et tous les experts de la pratique pour leurs avis éclairés et leurs conseils avisés sur le choix des variétés.

Bibliographie

- Barker B.T.P., 1903. Classification of Cider Apples, Long Ashton Research Station.
- Département fédéral de l'intérieur, 2013. Ordonnance du DFI sur les boissons alcooliques.
- Holm M. & Kuldjäv R., 2014. Aroma analysis of apple cider using HS-SPME-GC/MS, GC-O and QDA. 6th European Conference on Sensory and Consumer Research.
- Lesschaeve I. & Noble A.C., 2005. Polyphenols: factors influencing their sensory properties and their effects on food and beverage preferences. *Am. J. Clin. Nutr.* **81**, 3305–3355.
- Sütterlin K., Hoffmann-Boller P., Pfenninger H., Pulver D. & Gafner J., 2001. Glycerinbildung in Abhängigkeit von Reinzuchthefer und der Gärtemperatur, *Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau* **19**, 526–528.

Pépinières viticoles



FAVRE Daniel

Des plants de vignes soignés
pour vous satisfaire !

Ch. de LAPRA 17 1170 Aubonne

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

DUVOISIN
Puidoux

Binger Seilzug



PRÉTAILLEUSES LÉGÈRES

Importateur - Vente - Réparation - Pièces détachées

DUVOISIN & Fils SA - Machines viticoles - 1070 Puidoux

Tél. 021 946 22 21 duvoisin.puidoux@bluewin.ch



**La glace carbonique de PanGas
pour les vignerons**

Refroidissement des moûts - macération à froid



ICEBITZZ™ de la glace
carbonique et plus encore

Pellets 3 mm
16 mm

PanGas AG

Industriepark 10, CH-6252 Dagmersellen

Téléphone 0844 800 300, Fax 0844 800 301

contact@pangas.ch

www.pangas.ch



LIÈGE RIBAS S.A.

Rue du Prè-Bouvier 8-10 · CH-1242 SATIGNY · www.bouchons.ch
Tél. 022 980 91 25 · Fax 022 980 91 27 · e-mail: ribas@bouchons.ch

BOUCHONS · CAPSULES · BARRIQUES · SUPPORTS · TIRE-BOUCHONS

Vertrieb Deutschschweiz: **BIOKOR AG** e-mail: korken@biokor.ch



CUPRUM FLOW

Fongicide pour lutter contre des champignons et
maladies de bactéries en l'arboriculture, cultures de baies,
viticulture et cultures maraîchères.

- Teneur: 360 g/l Cuivre (sous forme d'hydroxide)
- Autorisé et recommandé en agriculture biologique Suisse
- Bonne durée d'efficacité

Plus d'informations chez:

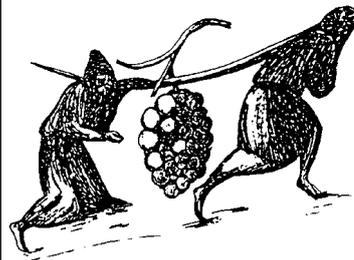
Schneiter AGRO SA

Produits et conseils pour l'agriculture
5703 Seon Tel. 062 893 28 83 www.schneiteragro.ch

Il faut employer les produits
phyto avec précaution.

Avant l'utilisation il faut lire l'étiquette ou les informations du produit.

1955 chamoson/vs
mobile 079 310 59 51
tél. + fax 027 306 49 44
tél. atelier 027 306 28 63



www.chamoson.ch/pepiniere-martin
e-mail: pepiniere-martin@bluewin.ch

**YVES
MARTIN**

**PÉPINIÈRE
VITICOLE**



Crédit: F. Lamy, D. Noll, M. Mota et T. Heger

Le Groupe Sol de CHANGINS: entre continuité et nouveautés

Depuis janvier 2017, Thierry Heger est le nouveau responsable du Groupe Sol de CHANGINS. Spécialisé dans le domaine de l'écologie microbienne et la bioindication des sols, ce professeur s'est formé à l'Université de Neuchâtel, ainsi qu'à l'EPFL. Il s'est ensuite spécialisé dans les nouvelles techniques moléculaires permettant d'analyser l'énorme diversité des micro-organismes du sol à l'Université de Colombie-Britannique au Canada.



Groupe Sol de CHANGINS: de gauche à droite, Thierry Heger, Frédéric Lamy, Matteo Mota et Dorothéa Noll.

A CHANGINS, Thierry Heger peut s'appuyer sur une solide équipe composée de trois autres collaborateurs: Frédéric Lamy, Matteo Mota et Dorothéa Noll. Ces derniers possèdent plusieurs années d'expérience dans la cartographie des sols, l'utilisation de drones, la description de profils, l'érosion, le transfert des pesticides dans les sols, ainsi que dans la gestion des sols et leur enherbement. Le groupe forme ainsi une équipe multidisciplinaire, dynamique et motivée, prête à répondre aux nombreux défis de la recherche, de l'enseignement et des demandes de prestations de service.

Enseignement: transmettre un savoir aux futurs acteurs de la vigne et du vin

La connaissance du sol est essentielle pour assurer le développement optimal des cultures et adopter un mode de gestion respectueux de l'environnement. Pour familiariser les étudiants avec ces différentes thématiques, le Groupe Sol dispense une vaste palette de cours allant de la malherbologie à la découverte des terroirs, en passant par la protection des sols et la nutrition des plantes. De plus, la théorie est complétée par des travaux pratiques en laboratoire et de nombreuses sorties sur le terrain. Relevons que CHANGINS

recherche régulièrement des domaines viticoles partenaires où des études pédologiques et cartographiques peuvent être réalisées avec les étudiants.

Recherche: du microbiome à la cartographie des sols à l'aide de drones

Les activités de recherche du Groupe Sol de CHANGINS, auxquelles les étudiants sont généralement intégrés, s'articulent autour de trois axes principaux.

1) Cartographie des sols et de la végétation

Différents projets cartographiques sont menés avec l'aide de photographies aériennes. Par exemple, le projet «Air-osion» a démontré le potentiel d'utilisation de drones pour quantifier le volume de terre érodée en grandes cultures. Les futures recherches seront principalement orientées sur la détection de maladies grâce aux images de drones.

2) Vie du sol et bioindication

Les nouvelles techniques moléculaires seront utilisées pour analyser le microbiome (micro-organismes) du sol et ainsi mieux comprendre la vie du sol, son fonctionnement et l'impact des pesticides et des autres stress sur sa santé.

3) Sols et enherbement: vers une viticulture durable

Afin de développer des alternatives aux pesticides et limiter les impacts sur le sol, le groupe s'intéresse également à la malherbologie, à la biodiversité dans les vignes et aux effets des différents modes de gestion du sol sur sa compaction et son activité biologique.

Prestations de service: mieux connaître et valoriser l'exploitation

Pour répondre aux besoins des viticulteurs, de nombreuses prestations sont proposées:

- Cartographie des sols à l'échelle d'un domaine viticole;
- Description de profils de sol;
- Propositions d'encépagement selon le terroir;
- Conseils pour la gestion des sols et l'enherbement;
- Fabrication de profils enrésinés;
- Formation continue (gestion d'une base de données informatique). ■

Pour des renseignements complémentaires, n'hésitez pas à prendre contact avec l'équipe du Groupe Sol de CHANGINS: thierry.heger@changins.ch



DOMAINE DU
PETIT TRUET
FOUNEX - LAC

MICHEL ET HÉLI DUTRUY - PÉPINIÉRISTE VITICOLE
CHEMIN DU LAC 6 - 1297 FOUNEX - TÉL. 079 607 83 61

Quatre générations d'expérience pour une qualité irréprochable

michel.dutruy@bluewin.ch



CERCLE
DES AGRICULTEURS
DE GENÈVE ET ENVIRONS



SÉCATEUR ELECTROCOUP F3015

INFACO

www.cage.ch

Alphatec

1438 Method
Tél. 024 442 85 40

•
Steinbruggstrasse 21
8165 Oberweningen ZH
Tél. 044 856 06 36



boqballe



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

REVUE SUISSE DE

**VITICULTURE
ARBORICULTURE
HORTICULTURE**



Publicité

Inédit Publications SA

Serge Bornand

Avenue de Rumine 37, case postale 900

1001 Lausanne

Tél. +41 21 695 95 67

www.inedit.ch

serge.bornand@inedit.ch

Sercadis® **Nouveau**

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



Protection fongicide puissante et de longue durée

- Anti oïdium et anti tavelure très efficace
- Excellente résistance au lessivage/pluie
- Très bonne sélectivité (cépages & variétés)
- Formulation conviviale et très bonne miscibilité

Questions et suggestions ? Appelez-nous au : 061 636 8002
E-Mail: agro-ch@basf.com, www.agro.basf.ch

BASF
We create chemistry