

VITICULTURE ARBORICULTURE HORTICULTURE



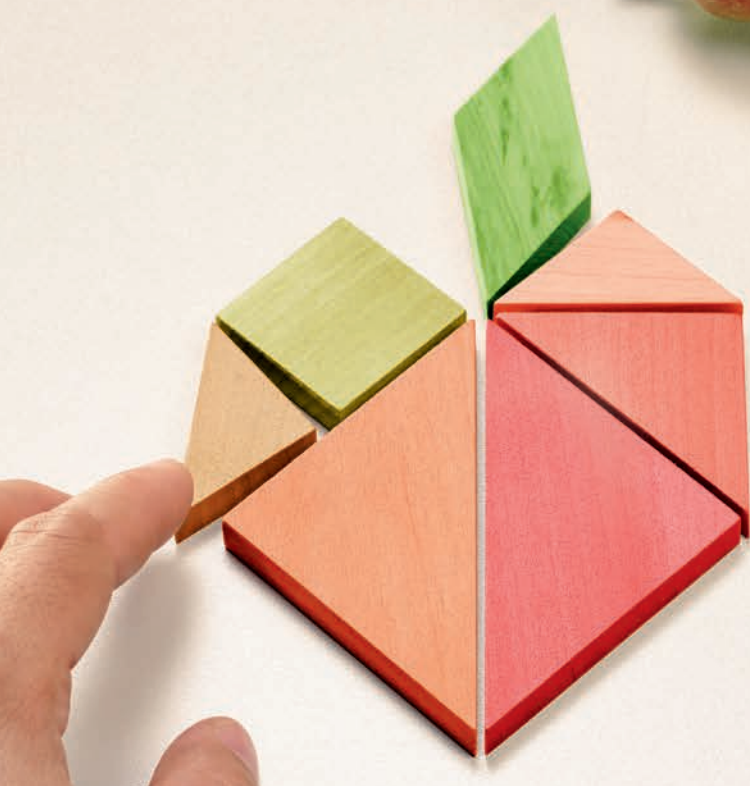
M A I - J U I N 2 0 1 9 | V O L . 5 1 | N ° 3

PARUTION LE 16 JUILLET PROCHAIN



Sercadis®

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



 **BASF**

We create chemistry

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

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

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

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

Sommaire

Mai-Juin | Vol. 51 | N° 3



Photographie de couverture:
Stutz Medien,
8820 Wädenswil

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

Editeur

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

Rédaction

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

Comité de lecture

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

Publicité

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

Préresse

Inédit Publications SA, 1001 Lausanne

Impression

Stutz Medien AG, 8820 Wädenswil

Parution

6 fois par an

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

Tarifs des abonnements

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

Abonnements et commandes

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

Versement

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

Commande de tirés à part

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

149	Editorial
153	Partie 1 Histoire et évolution de la recherche
154	Historique et évolution de la recherche viticole en Suisse Olivier Viret
159	Partie 2 Protection des plantes
160	Agrometeo: plateforme de prévision des risques phytosanitaires Pierre-Henri Dubuis et Anne-Lise Favre
162	Les ravageurs de la vigne, état des lieux et enjeux futurs Patrik Kehrli et Christian Linder
164	Fongicides alternatifs: développements, contraintes et perspectives Katia Gindro, Pierre-Henri Dubuis et Sylvain Schnee
168	Virus, bactéries et phytoplasmes de la vigne Jean-Sébastien Reynard et Santiago Schaerer
173	Les herbicides font l'objet de critiques Christian Bohren et Aurélie Gfeller
177	Partie 3 Sauvegarde et adaptation du matériel végétal
178	Sauvegarde de la biodiversité et sélection clonale des variétés traditionnelles et autochtones suisses à Agroscope Jean-Laurent Spring, Jean-Sébastien Reynard, Fabrice Lorenzini, Gilles Bourdin, Olivier Viret, Guillaume Favre, Paul-Maurice Burrin et Christophe Carlen
182	Innovation variétale au service d'une viticulture durable Jean-Laurent Spring, Vivian Zufferey, Thibaut Verdenal, Fabrice Lorenzini, Katia Gindro, Gilles Bourdin, Christophe Carlen, Christophe Schneider, Didier Merdinoglu et Olivier Viret
189	Partie 4 Conservation des sols et gestion de l'eau
190	Indicateurs du statut hydrique de la vigne Vivian Zufferey, Thibaut Verdenal et Jean-Laurent Spring
199	Partie 5 Transfert des connaissances
200	Acquisition et échange de connaissances dans la branche vitivinicole suisse Conrad Briguët, Philippe Droz et Christian Linder
206	Résumés
213	Bibliographies



Miroir, Miroir...

Qui a
les plus beaux raisins?

Les
valeurs sûres



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

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



«Préserver et innover», la viticulture suisse en exemple



Simone de Montmollin
Présidente du comité
d'organisation OIV 2019

Du 15 au 19 juillet 2019, la Suisse accueillera à Genève le 42^e Congrès mondial de l'Organisation internationale de la vigne et du vin (OIV). «Préserver et innover», le thème du congrès, donne à la recherche suisse une occasion de souligner la pertinence de ses travaux. Ce numéro en propose une synthèse, présentée dans une forme épurée, sans méthodologie*.

La Suisse représente 0,1% de la surface viticole mondiale et 0,2% de la production mondiale de vin, et elle assure 1,1% de la consommation. Une réalité qui force l'humilité. Pourtant, dans un contexte globalisé, la Suisse viticole doit faire face aux mêmes défis que ses voisins, poids lourds de la vitiviniculture mondiale. Environnement (modes de production, ressources naturelles), économie (concurrence, compétitivité) et attentes sociétales (identité/authenticité, qualité, sécurité, diversité des produits) figurent parmi les préoccupations partagées.

Au cours des dernières décennies, la recherche viticole suisse a pu développer de solides connaissances et offrir des réponses concrètes aux défis environnementaux, reconnues par la communauté scientifique internationale. Notons par exemple le concept de production intégrée, qui a permis d'implémenter le principe de durabilité en viticulture (p. 162). Avec la plateforme VitiMeteo, outil d'aide à la décision (p. 160), les professionnel-le-s suisses figurent parmi les (très) bons élèves en matière de gestion des intrants. La recherche de fongicides alternatifs (p. 164) complète cette stratégie et promet de nouvelles avancées attendues. Ces sujets feront l'objet de communications scientifiques à l'occasion du 42^e Congrès de l'OIV et d'un débat public durant la conférence d'ouverture.

Les enjeux restent pourtant de taille. L'installation sous nos latitudes de nouveaux ravageurs exotiques (p. 162) nécessite de nouvelles solutions. Virus, bactéries et phytoplasmes constituent toujours un réel danger pour les vignobles, les moyens de lutte directe étant inexistant (p. 168). Des collaborations internationales intensifiées sont nécessaires pour avancer sur ces thématiques. A l'instar de celle qui existe depuis dix ans entre Agroscope et l'INRA de Colmar, et qui a permis l'obtention de variétés hautement résistantes aux principales maladies fongiques de la vigne (p. 182). Ces nouveaux cépages résistants montrent d'excellentes propriétés œnologiques et constituent une réponse cohérente à la volonté de limiter le recours aux produits phytosanitaires. Préserver les anciens cépages (voir l'article sur la collection ampélographique de Pully, p. 178) permet aussi d'innover dans l'amélioration variétale.

Si la question des intrants monopolise le débat sociétal actuel, elle ne doit pas occulter les autres impératifs de la recherche. L'adaptation à l'évolution du climat lève le voile sur un nouveau champ d'investigations. Ici, la connaissance de la physiologie de la vigne et de son comportement face aux contraintes hydriques se révélera centrale (p. 190).

«Préserver et innover» ou «innover pour préserver»? Deux faces d'une même médaille, dont la valeur est conditionnée par l'acquisition et l'échange de la connaissance. Gageons que la présence de l'OIV en Suisse, après 42 ans d'absence, y contribue favorablement!

* Les références bibliographiques ainsi que les résumés sont regroupés dans une partie spécifique, en fin de numéro.



Les Formes du passé

associées aux matières du futur

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

La dynamique des jus est favorisée en période de fermentation

Micro oxygénation

Tracé selon le Nombre d'Or

Les lies sont maintenues en suspension

Pied indépendant avec passage «palettes»

Fabrication suisse

Cuvage
Macération carbonique
Elevage
Assemblage
Collage
Affinage
Stockage



Matière synthétique neutre PEHD (sans bisphénol)

Couvercle et robinetterie inox 316L

Vanne de vidange 1 1/2"

Nettoyage simple

Déplaçable plein (transpalette)

Poids: env. 40kg (à vide)

Volume: 580 litres

Dimension: hauteur avec pieds 180cm

Encombrement au sol: 99 x 99cm

Option: Ceinture de basculage

Cuve Ovoïde Serex™

Poids plume pour un œuf



Construction Plastique

CH-1070 Puidoux [t] 021 946 33 34

www.ovoïde.ch cs@serex-plastics.ch





Le naturel pour protéger la Nature !

UPL

MICROTHIOL[®] SPÉCIAL DISPERS[®]

SOUFRE MICRONISÉ

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

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

Classement CLP : EUH401.

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

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

* marque déposée.

Landi

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

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

GIGANDET SA

Votre spécialiste
BUCHER
vaslin

VENTE - SERVICE - RÉPARATION - RÉVISION

Notre expérience dans vos projets sur mesure

Réception vendange



Pressoir



Filtre tangential



Oenopompe[®]



ADRESSES GÉNÉRALES

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

POUR NOUS CONTACTER

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

POUR PLUS D'INFORMATION

www.gigandetsa.ch

LA MÉCANISATION DES TRAVAUX VITICOLES

NOTRE PASSION DEPUIS PLUS DE 60 ANS



Porte-outils hydrostatique viticole Multi-Jyp à chenilles pour vignes étroites et fortes pentes. Gamme complète de 18 à 75 CV, dès 62 cm de large, prise de force mécanique et hydraulique auxiliaire de série. Version chenilles aciers sur demande.

Etablissements
CHAPPOT
 CHARRAT WWW.CHAPPOTMACHINES.CH SAXON

Constructeur – Distributeur – Service

Route du Simplon 28b – 1906 Charrat
 Tél. 027 746 13 33 – E-mail: contact@chappotmachines.ch
www.chappotmachines.com

NOS ARTICLES POUR LA VIGNE

Piquets vigne – Tuteurs – Fils de fer
 Ecarteurs toutes marques – Sécateurs
 Agraffes de palissage – Tendeurs fils
 Amares – Chaises viticoles – Filets latéraux
 Effaroucheurs d'oiseaux – Poudreuses
 Ficelles – Attacheuse Mage – etc.

POUR TOUS RENSEIGNEMENTS
 OU COMMANDES,
 UN SEUL NUMÉRO: 079 332 24 21

LINIGER agro
 SA
 PHYTOSANITAIRES - ENGRAIS
 1267 Vich

Contact: Jean-Yves Suardet, mobile 079 332 24 21

Route de l'Étraz 8, 1267 Vich
 Tél. 022 361 45 39
 E-mail: info@linigeragro.ch

Histoire et évolution de la recherche

Le premier centre d'essais viticoles romand a été créé à Lausanne en 1886, et jusqu'à la fin du XX^e siècle, ses activités ont été étroitement liées aux problèmes phytosanitaires. Ce centre est devenu une Station fédérale d'essais viticoles en 1916. Des parcelles de vignes ont été achetées au cours du temps pour former le Domaine du Caudoz (commune de Pully/Lausanne), qui couvre aujourd'hui une superficie de plus de 5 hectares de vignes. Il abrite le groupe viticulture d'Agroscope, qui coordonne toutes les activités de recherche viticole à l'échelle nationale.

Grâce à de nouvelles acquisitions de vignes par la Confédération, des expérimentations sont également conduites, pour la Suisse romande, à Changins, Leytron et Chamoson. Au Tessin, deux domaines expérimentaux ont été constitués à la fin des années 1970, à Cugnasco (situation de plaine) et Gudo (vignoble terrassé en colline), mais pour des raisons d'économies ce deuxième site a été abandonné en 2016. Quant à la recherche viticole en Suisse alémanique, elle a été confiée en 2018 par Agroscope à la fondation Weinbauzentrum Wädenswil.

Historique et évolution de la recherche viticole en Suisse



Racine de vigne européenne avec nodosités induites par les piqûres des femelles radicales (flèche) de phylloxéra (photo IFV – Sud-Ouest).

Résumé ■ La grande crise phytosanitaire de la fin du XIX^e siècle a incité les autorités politiques suisses à prendre des mesures afin d'enrayer la perte des surfaces de vigne. C'est ainsi que le premier centre d'essai viticole romand a été créé en 1886 par le canton de Vaud, dans la région lausannoise. Jusqu'à la fin du XIX^e siècle, les activités de la station viticole de Lausanne sont étroitement liées aux problèmes phytosanitaires. Au cours des décennies suivantes, les préoccupations de recherche s'étendent, les stations cantonales se muent en stations fédérales et le nombre de sites augmente. Depuis les années 70 et grâce à la recherche agronomique suisse, le concept de la production intégrée s'étend et permet ainsi d'assurer la durabilité de la viticulture par le respect des facteurs environnementaux, économiques et sociaux.

Des mesures politiques en réponse à la crise

Naissance de la recherche agronomique suisse

La recherche vitivinicole a débuté en Suisse à la fin du XIX^e siècle avec la crise phytosanitaire qui touche tous les vignobles d'Europe par l'arrivée successive de l'oïdium, du phylloxéra et du mildiou. Ces maladies ont des conséquences dramatiques sur les activités viticoles de notre pays, les surfaces de vigne diminuant de près de la moitié. En 1877, on comptait 32 939 ha, dont 39,2% dans la partie alémanique, 36,4% en Romandie et 24,5% au Tessin (Simon *et al.* 1977). Or, en 1920, la Suisse ne compte plus que 18 400 ha, dont la moitié en Suisse romande.

C'est dans ce contexte de désespoir que le Conseil d'Etat vaudois, mû par la volonté de trouver des solutions à ces fléaux, décide par un décret du 24 février 1886 de créer une station d'essais viticoles au Champ-de-l'Air, à Lausanne (fig. 1). Celle-ci devient ainsi la pre-

mière entité de recherche viticole, puis agronomique de Suisse, avec la création, en 1895, du laboratoire cantonal de chimie agricole et, en 1898, de l'Etablissement fédéral de contrôle des semences de Mont-Calme, Montagibert (fig. 2). La station de Lausanne est dotée de vignes d'essais dans différentes parties du canton et, en 1913, la commune de Pully lui cède gratuitement une vigne de 2804 m². L'Etat de Vaud complétera le domaine par l'achat de parcelles supplémentaires qui forment la partie sud-est actuelle du domaine du Cau-do, d'une superficie de 12118 m².

A l'aube du XX^e siècle, les pourparlers politiques s'engagent pour que les activités de recherche cantonales soient reprises par la Confédération. Le 17 juin 1915, les Chambres fédérales adoptent un arrêté relatif à la création d'une Station fédérale d'essais viticoles en Suisse romande sur les communes de Pully et Lausanne et attribuent les crédits nécessaires à la construction des bâtiments du Cau-do et à l'exploitation du domaine. En 1916, l'Etat de Vaud remet officiellement



Figure 1 | a. La première station viticole vaudoise et l’Ecole cantonale d’agriculture voient le jour à la fin du XIX^e siècle au Champ-de-l’Air, à Lausanne, à l’actuelle rue du Bugnon. b. Serres, atelier de greffage et observatoire météorologique.

le domaine du Caudoz à la Confédération pour assurer une recherche viticole répondant aux attentes des viticulteurs romands.

Actuellement, le domaine du Caudoz (fig. 3) couvre une superficie de 50 132 m² dédiés uniquement à la recherche vitivinicole. Le groupe de recherche du Caudoz coordonne toutes les activités de recherche à l’échelle nationale (Viret *et al.* 2016). Les essais viticoles sont suivis et la plupart d’entre eux font l’objet de vinifications séparées. Les raisins, moûts et vins sont analysés chimiquement à Changins (site créé en 1976), qui héberge la cave expérimentale et où les vins sont dégustés par un panel d’experts.

Entre 1950 et 1990, plusieurs domaines d’expérimentation ont été acquis: Changins (VD), Leytron (VS), Cugnasco (TI) et Gudo (TI). Le centre du Caudoz reprend progressivement leur gestion, lui permettant d’étudier les problématiques viticoles des différents vignobles romands et tessinois.

Les défis de la recherche face aux problèmes phytosanitaires

De la fin du XIX^e siècle aux années 50

Jusqu’à la fin du XIX^e siècle, les activités de la station viticole de Lausanne sont étroitement liées aux problèmes phytosanitaires. Les préoccupations principales



Figure 2 | Bâtiment de l’établissement fédéral de contrôle des semences et d’essais viticoles, arboricoles et de chimie agricole de Montagibert, à Lausanne, actuellement Centre hospitalier universitaire (CHUV).



Figure 3 | Le domaine du Caudoz à Pully, aujourd’hui (a) et en 1916 (b-c).

sont les vers de la grappe, larves du lépidoptère cochylis (*Eupoecilia ambiguella*), décrit dans la région de Genève à partir de 1740, la pyrale (*Sparganothis pilleriana*), le coïtre (*Pilidiella diplodiella*) et le blanc des racines (*Armillaria mellea* et *Rosellinia necatrix*). Aussi, la culture de la vigne est de plus en plus compromise par l'arrivée successive de l'oïdium vers 1851, du phylloxéra radicole en 1885, du mildiou en 1885, de l'acariose en 1900, du phylloxéra gallicole en 1908 et d'eudémis dès 1910, le deuxième lépidoptère à l'origine des vers de la grappe (Faes et Porchet 1916).

Le soutien de la recherche est alors indispensable et la lutte contre le **phylloxéra** (fig. 4) devient prioritaire. La désinfection du sol au sulfure de carbone est progressivement abandonnée au profit d'une reconstitution du vignoble par greffage sur porte-greffes américains résistants au puceron radicole. La problématique de l'adaptation et du choix des porte-greffes en fonction des types de sol donne lieu à de nombreuses publications et communications, dont le célèbre opuscule de Faes et Paschoud (1932). Parallèlement, on découvre que les principales maladies fongiques, mildiou, oïdium, botrytis, peuvent être traitées avec du **cuivre** et du **soufre**. Ces produits, utilisés à très large échelle, sont les seuls produits connus jusqu'à l'apparition des phtalimides, captane en 1955 et folpet en 1961 (Viret et Gindro 2014).

La recherche a porté également sur la plantation de **variétés de vigne plus résistantes**. L'adaptation de variétés européennes classiques issues d'autres régions viticoles a été étudiée, tout comme les premiers hybrides interspécifiques résistants aux maladies. Ces variétés ont été créées en France dès la fin du XIX^e siècle par le croisement de *Vitis vinifera* avec d'autres espèces de *Vitis* d'origine américaine ou asiatique. En Suisse, plus de 160 hybrides ont été testés



Figure 4 | Mildiou: symptômes foliaires qui se caractérisent par des décolorations jaunâtres circulaires, appelées taches d'huile.

par la station viticole du Caudoz, par ailleurs sans trop de succès en raison de leur faible intérêt œnologique. Le contexte de commercialisation difficile du Chasselas dans les années 1950-1960 a encouragé la **diversification** de l'encépagement du vignoble avec des variétés rouges comme le Gamay ou le Pinot noir. En France, ce sont des hybrides qui ont été plantés à très large échelle, allant jusqu'à occuper, en 1960, 31% de la surface du vignoble (400 000 sur 1,3 million d'hectares que comptait le vignoble français), avant d'être bannis pour l'élaboration des vins d'appellation, à l'exception du Baco blanc recommandé pour l'Armagnac. Entre 1890 et 1910, des extraits de plantes, comme le **pyrèthre** mélangé au savon noir (extrait de chrysanthèmes) ou la **nicotine** (extrait du tabac), sont expérimentés avec succès contre les vers de la grappe et la pyrale, et introduits comme moyens de lutte en 1910 (Linder et al. 2016). Ces préparations remplacent rapidement les sels arsenicaux, considérés alors comme des remèdes pour la vigne (Faes et Porchet 1916), mais de toxicité extrême. A l'époque déjà, les vignerons suivent les vols des papillons par **piégeage** lumineux ou alimentaire afin d'intervenir au meilleur moment.

Malgré le soutien apporté par la recherche aux praticiens, ceux-ci voient leur travail se compliquer en raison de la nouvelle nécessité de «sulfater» (pour le sulfate de cuivre largement utilisé) les vignes à intervalles réguliers (Chuard et al. 1930).

Des années 50 à nos jours

Les efforts conjugués de la recherche ont permis de trouver des solutions pour parer aux principaux fléaux de la vigne. Jusque dans les années 50, l'entretien du sol dans les cultures à haute densité (10 000-12 000 plantes par hectare) conduites exclusivement en gobelet (fig. 5) se pratique par un travail manuel du sol au croc ou par le désherbage de toute la surface à l'aide du «rablet» ou de la binette. L'arrivée d'**herbicides** performants, comme les triazines (simazine, atrazine), le diquat et le paraquat, puis, dans les années 70, du glyphosate et du glufosinate a considérablement simplifié les travaux d'entretien du sol, de même que le palissage sur fil de fer et la réduction des densités de plantations (6 000-8 000 plantes par hectare). D'autres produits, aujourd'hui pour certains abandonnés, ont également été évalués pour la régulation des mauvaises herbes: le sulfate de cuivre (fin du XIX^e siècle), utilisé non seulement comme fongicide (mildiou), mais aussi comme herbicide (sans grand succès); le DNOC (dinitro-ortho-crésol), développé dans les années 30, et l'hormone 2,4-D (acide 2,4-dichlorophénoxyacétique) en 1946.

Parallèlement, des **fongicides** sont mis au point, qui possèdent des modes d'action toujours plus spécifiques, afin d'écartier tout effet secondaire sur les autres organismes de l'écosystème. Malheureusement, l'usage répété de ces fongicides unisites mène rapidement à la résistance réversible ou durable des pathogènes. Ainsi, des stratégies d'alternance d'utilisation des groupes chimiques et un nombre d'applications limité sont nécessaires au maintien de leur efficacité.

Pour lutter contre les vers de la grappe, la **confusion sexuelle** fait son apparition dans les années 90, tout comme la **lutte biologique** contre les araignées rouges et jaunes. Ces deux méthodes biologiques permettent de se passer complètement d'insecticides et d'acaricides en viticulture et ont littéralement révolutionné la lutte (Baillod, 1984; Charmillot, 1984).

La recherche permet une viticulture suisse durable

Le rôle de la recherche appliquée dans l'expérimentation et les recommandations aux vigneron·ne·s a de tout temps été déterminant pour l'évolution des pratiques

culturales. Ainsi, le concept de la production intégrée est né entre les années 50 et 70, avec une prise de conscience collective pour l'écologie et une meilleure gestion de l'agroécosystème dans son ensemble (Delucchi 1987, Stäubli *et al.* 1987, Baggiolini 1990). Ces développements ont permis de passer d'une lutte chimique «aveugle» à une lutte raisonnée. La production intégrée a permis d'assurer la durabilité de la viticulture par le respect des facteurs environnementaux, économiques et sociaux. Cette approche a favorisé, entre autres, le développement et l'application à large échelle des fondamentaux suivants:

- Lutte par confusion sexuelle contre les vers de la grappe;
- Lutte biologique contre les acariens phytophages;
- Introduction de seuil de tolérance ou de nuisibilité;
- Introduction de la prévision nationale des risques pour les maladies fongiques et les ravageurs avec des données microclimatiques de 150 stations de mesures (www.agrometeo.ch);
- Dosage des produits phytosanitaires adaptés aux surfaces foliaires et calibrage des pulvérisateurs (www.agrometeo.ch);
- Développement de flores accompagnatrices du vignoble peu concurrentielles pour la vigne (par exemple, le brome des toits, orge des rats, trèfle souterrain);
- Usage limité des herbicides sur le cavaillon ou le travail mécanique du cavaillon;
- Enherbement systématique des entre-rangs et développement de mélanges spécifiques aux terroirs à base de plantes endogènes d'intérêt;
- Connaissance des terroirs viticoles;
- Plantation plus rationnelle de vignes en banquette dans les fortes pentes;
- Création de Vitiswiss et de ses exigences de base pour les prestations écologiques requises (PER) et pour le label Vinatura;
- Gestion économiquement supportable des vignobles escarpés;
- Maintien de paysages uniques dans le respect de l'environnement viticole. ■

Olivier VIRET, Direction générale de l'agriculture, de la viticulture et des affaires vétérinaires (DGAV), Département de l'économie, de l'innovation et du sport (DEIS), Etat de Vaud, 1110 Morges, Suisse

Renseignements: Olivier Viret, tél. +41 21 316 59 42, e-mail olivier.viret@vd.ch

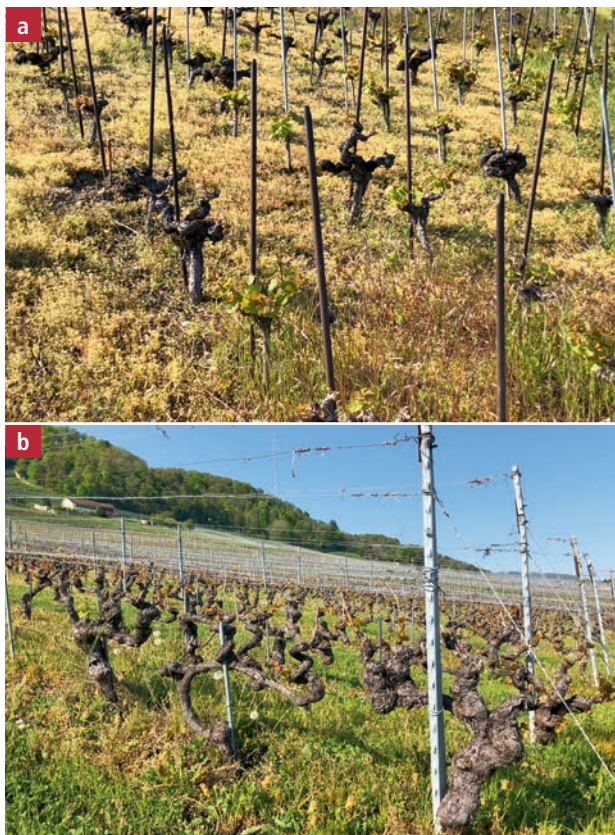


Figure 5 | Vignes cultivées en gobelet à haute densité (10000-20000 plantes par hectare), non mécanisables (a), comparé à des vignes cultivées en banquette, partiellement mécanisables (b).



Arco[®]

avant la floraison

NOUVEAU

Escort[®]

après la floraison

Pour des vignes sans mildiou

Performant, éprouvé, flexible



Pas de résistance connue!

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

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



... Nous multiplions votre avenir

Hybridation • Sélection • Multiplication • Conseil • Plantation • Suivi

Réservez maintenant les plants adaptés à vos projets!

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

Pépinières Borioli

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

Protection des plantes

La pollution et la protection de l'environnement sont des préoccupations phares de la société d'aujourd'hui. Le politique y a notamment répondu par l'élaboration, en 2017, du Plan d'action national (PAN) visant à la réduction des risques et à l'utilisation durable des produits phytosanitaires. La recherche agronomique suisse est à ce titre directement concernée. Elle se doit de chercher des solutions non seulement pour la société, mais également pour les praticiens qui cultivent leur terre. Aussi avons-nous voulu, dans ce numéro spécial, relever quelques exemples de succès de la recherche d'Agroscope.

Grâce aux informations phytosanitaires et à ses modèles de prévision, Agrometeo permet aux viticulteurs de mener une lutte phytosanitaire ciblée et couronnée de succès. La presque totalité du vignoble suisse est protégée contre les organismes nuisibles selon les principes de la lutte intégrée. Plusieurs projets de recherche d'Agroscope dans le domaine de la mycologie explorent de nouvelles voies dans la lutte contre les maladies fongiques en viticulture. Contre le mildiou de la vigne, des évaluations d'extraits enrichis de sarments de vigne microencapsulés sont en cours.

Les maladies de la vigne dues à des virus, bactéries et phytoplasmes peuvent avoir d'importantes répercussions sur les récoltes, tant qualitatives que quantitatives. Aussi, les recherches d'Agroscope dans les domaines de leur diagnostic et de leur détection précoce ainsi que la mise en place d'une lutte prophylactique sont de première importance.

Agrometeo: plateforme de prévision des risques phytosanitaires



Station météo au vignoble.

Un outil essentiel d'aide à la décision

Agrometeo est basée sur un réseau constitué de plus de 170 stations autonomes, qui fournissent des données météorologiques microclimatiques utilisées par différents modèles de prévision des risques pour des maladies fongiques et des ravageurs (fig. 1). Agrometeo contient également des informations sur les pathogènes et leur développement, la phénologie, la maturation du raisin, les produits phytosanitaires et leur dosage en fonction des surfaces foliaires. Agrometeo fournit des informations phytosanitaires pour la viticulture, l'arboriculture et les grandes cultures. Toutes ces informations sont mises gratuitement à la disposition des producteurs par Agroscope.

Données météorologiques

Les données météo sont disponibles sous forme de valeurs de dix minutes, depuis 2003 pour les plus anciennes stations. La mise en place et l'entretien d'un réseau de stations météorologiques n'est possible que par un engagement financier important de plusieurs

Résumé ■ Grâce à la collaboration de deux instituts de recherche – Agroscope et le Weinbauinstitut de Freiburg im Breisgau (D) – avec l'entreprise privée allemande Geosens, spécialisée dans le développement de logiciels informatiques, des modèles de prévision VitiMeteo pour les principales maladies fongiques et ravageurs de la vigne ont pu être développés. Ceux-ci sont basés sur les connaissances scientifiques de la biologie de ces organismes en relation avec les facteurs météorologiques déterminants. En Suisse, ces modèles VitiMeteo sont intégrés dans Agrometeo, qui est une plateforme rassemblant des outils d'aide à la décision et des informations permettant une meilleure gestion de la lutte phytosanitaire en agriculture.

partenaires. En effet, Agroscope possède uniquement 31 stations, les autres 140 stations sont pour l'essentiel la propriété des cantons, de groupements de producteurs et de privés.

Modélisation

Les modèles de prévision des infections des maladies fongiques et du développement des ravageurs se basent sur les connaissances scientifiques de la biologie de ces organismes en relation avec les facteurs météorologiques déterminants. Il s'agit d'outils d'aide à la décision qui permettent d'évaluer le développement d'une maladie ou d'un ravageur et d'orienter une décision de traitement. Les modèles ont été développés depuis quinze ans au sein du consortium international VitiMeteo regroupant deux instituts de recherche, le Weinbauinstitut de Freiburg im Breisgau (D) et Agroscope (CH), et une entreprise privée, Geosens (D), développant des logiciels et des solutions informatiques. Le consortium a également collaboré avec différents scientifiques pour intégrer leurs travaux dans VitiMeteo. Des modèles sont disponibles

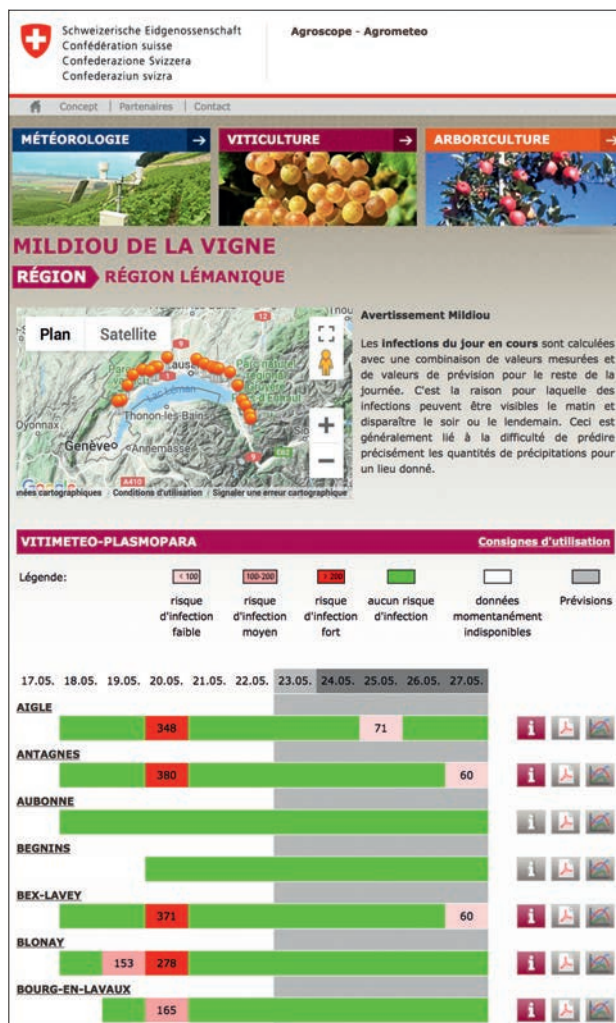


Figure 1 | Résultats de la modélisation pour le mildiou par VitiMeteo-Plasmopara tels que présentés sur le site www.agrometeo.ch

actuellement pour le mildiou, l'oïdium et le black-rot de la vigne, les vers de la grappe, la cicadelle *Hyalestes obsoletus* et l'acariose. Des prévisions météorologiques à cinq jours sont intégrées dans les modèles, ce qui permet d'effectuer de réelles prévisions de risques pour le futur proche. Un suivi scientifique et des observations au laboratoire et au vignoble permettent de valider et au besoin d'adapter le paramétrage des modèles (fig. 2 et 3).

Les enjeux futurs

Les modèles de prévision et outils disponibles sur Agrometeo sont des éléments essentiels pour répondre aux préoccupations de la société en matière de pollution et de protection de l'environnement, et en particulier aux objectifs du Plan d'action national de réduction des risques liés aux produits phytosanitaires. Pour

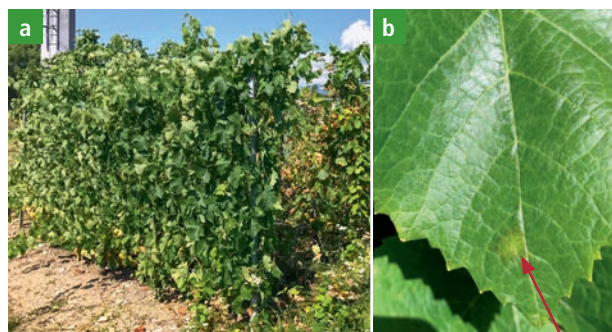


Figure 2 | Laboratoire extérieur permettant l'observation de l'apparition des premiers symptômes (flèche rouge) et le développement de l'épidémie pour le mildiou et l'oïdium sur différents cépages.

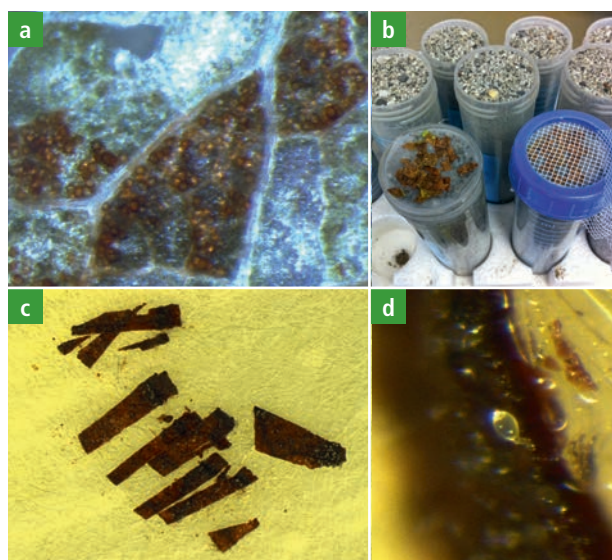


Figure 3 | Suivi au laboratoire de la maturité des oospores de mildiou au printemps. A. Récolte des oospores dans les feuilles en automne et mise sur des tubes Falcon (B). C. Au printemps, les morceaux de feuilles contenant les oospores sont incubés au laboratoire. D. Germination et production d'un sporange primaire (au centre).

le viticulteur, ils sont indispensables pour une lutte phytosanitaire ciblée et couronnée de succès. Dans un monde dynamique, des adaptations continues sont nécessaires pour suivre l'évolution de la technologie informatique et des connaissances scientifiques sur les pathogènes. Les outils d'aide à la décision sont des éléments indispensables à une viticulture de précision durable et respectueuse de l'environnement. ■

Pierre-Henri DUBUIS et Anne-Lise FABRE,
Agroscope, 1260 Nyon, Suisse

Renseignements: Pierre-Henri Dubuis, tél. +41 58 460 43 52,
e-mail: pierre-henri.dubuis@agroscope.admin.ch

Les ravageurs de la vigne, état des lieux et enjeux futurs



Résumé ■ La lutte intégrée est pratiquée sur la quasi-totalité du vignoble suisse. Elle se base sur des mesures prophylactiques ainsi que sur des méthodes durables comme la lutte biologique et biotechnique. L'usage de produits sélectifs respectant les auxiliaires ainsi que l'emploi de la confusion sexuelle contre les vers de la grappe ont permis de restreindre l'application d'insecticides à des situations rares et ponctuelles. L'apparition de nouveaux enjeux, comme l'arrivée de ravageurs exotiques, mettent cependant ce fragile équilibre naturel en péril et la recherche doit s'atteler à la mise au point de solutions innovantes et durables.

La lutte intégrée en Suisse

La quasi-totalité du vignoble suisse est protégée contre les organismes nuisibles selon les principes de la lutte intégrée. Dans les années 1950, de nombreux entomologistes suisses ont contribué à la naissance de ce concept (Baggiolini 1990). Le principe est d'observer la culture ainsi que son environnement et de suivre l'évolution des ravageurs pour n'intervenir que lorsque c'est réellement nécessaire. Un tel système exige donc de bien connaître la biologie des ravageurs ainsi que la dynamique de leurs populations.

Dans la lutte intégrée les mesures préventives et prophylactiques sont à la base de la réflexion. Dans le but de favoriser les antagonistes des ravageurs (= auxiliaires comme les prédateurs, parasitoïdes ou pathogènes) naturellement présents dans les cultures et d'utiliser avant tout les mécanismes de régulation naturels, les méthodes de lutte biologiques et biotechniques sont clairement privilégiées. En cas de nécessité, l'usage de matières actives à faible répercussion écologique est envisageable lorsque les pertes dues aux ravageurs sont supérieures aux coûts occasionnés par les mesures de lutte (= seuil de tolérance).

Succès historiques de la recherche agronomique suisse

Deux exemples de succès historiques menés par la recherche agronomique suisse et qui restent des références au niveau international sont présentés.

Favoriser les auxiliaires

L'acarien rouge (*Panonychus ulmi*) et l'acarien jaune (*Tetranychus urticae*) se sont imposés comme ravageurs significatifs de la vigne au milieu du siècle passé. L'utilisation abusive de fongicides et insecticides préjudiciables à leurs prédateurs naturels a entraîné la disparition quasi complète des acariens typhlodromes (fig. 1), grands consommateurs de ces acariens nuisibles (Linder *et al.* 2016).

Le développement et l'usage de produits sélectifs respectant les auxiliaires au cours des années 1980 a permis le retour des typhlodromes qui assurent aujourd'hui à eux seuls le contrôle des acariens rouges et jaunes dans les vignobles et vergers suisses (Linder *et al.* 1993).

Perturber les ravageurs

La **confusion sexuelle** repose sur la désorientation des mâles face à une émission massive de substances imitant la phéromone sexuelle femelle d'un ravageur (fig. 2). Ces mâles ne parviennent donc plus à localiser leurs femelles et à les féconder. Cette méthode de lutte se concentre sur l'espèce ciblée et elle est, par conséquent, totalement inoffensive pour la faune et la flore locales. La confusion sexuelle a été largement développée et perfectionnée en Suisse par Pierre-Joseph Charmillot, entomologiste d'Agroscope. Grâce à ses efforts, le vignoble suisse est aujourd'hui protégé à plus de 70% contre les deux vers de la grappe eudémis et cochylis (*Lobesia botrana*, *Eupoecilia ambiguella*), inscrivant la Suisse au rang de leader mondial dans l'utilisation de ce mode de lutte (Charmillot & Pasquier 2000, Kehrlí et al. 2013).

Les enjeux de la recherche

Un équilibre naturel fragile

Aujourd'hui, le vignoble est un écosystème qui héberge une flore et une faune riche et diversifiée. Grâce aux services écosystémiques fournis par la biodiversité des auxiliaires, les interventions phytosanitaires contre les ravageurs sont restreintes à des situations ponctuelles et exceptionnelles. Cependant, cet équilibre fragile est mis en péril par l'apparition de nouveaux ravageurs comme la drosophile du cerisier (*Drosophila suzukii*) ou la punaise marbrée (*Halyomorpha halys*), la lutte obligatoire contre des organismes de quarantaine comme la cicadelle de la flavescence dorée (*Scaphoideus titanus*), la dégradation de l'environnement naturel ainsi que le changement climatique.

Les objectifs de la recherche

Les objectifs actuels de la recherche sont de sauvegarder les équilibres naturels en développant des stratégies de lutte durable. Les mesures de lutte contre la



Figure 1 | Typhlodrome attaquant un acarien jaune.

drosophile du cerisier consistent donc en premier lieu à appliquer de manière conséquente toutes les mesures préventives (effeuillage adapté de la zone des grappes, régulation de la charge avant la véraison, enherbement bas durant la maturation). Pour créer une barrière physique supplémentaire, ces moyens prophylactiques peuvent être renforcés dans les parcelles à risque par l'usage de filets de protection (fig. 3) ou l'application de poudres de roche dans la zone des grappes (Kehrlí et al. 2017). Par ces mesures prophylactiques, la biodiversité, ses services écosystémiques ainsi que le meilleur équilibre naturel possible entre les divers organismes vivants dans nos vignobles sont préservés. ■

Patrik KEHRLI et Christian LINDER, Agroscope, 1260 Nyon, Suisse
Renseignements: Patrik Kehrlí, tél. +41 58 460 43 16,
e-mail: patrik.kehrlí@agroscope.admin.ch, www.agroscope.ch

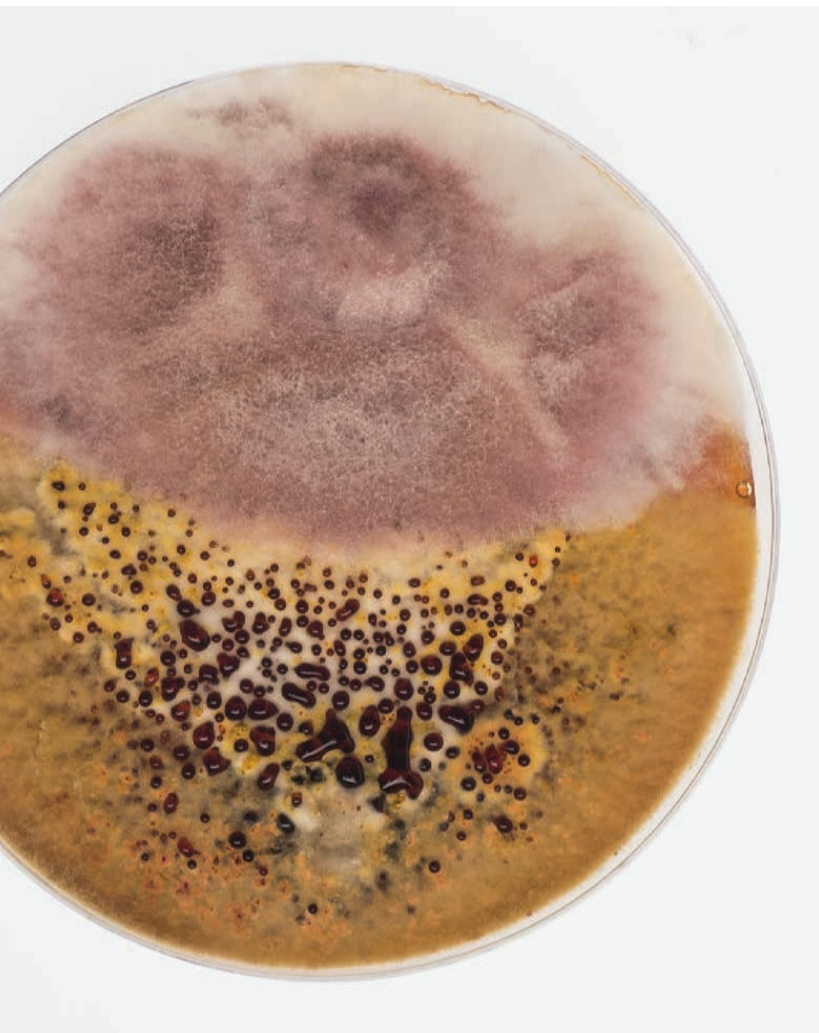


Figure 2 | Diffuseurs de phéromones contre les vers de la grappe.



Figure 3 | Filets anti-guêpes et anti-oiseaux protégeant la zone des grappes.

Fongicides alternatifs: développements, contraintes et perspectives



■ **Résumé** L'exploration et la découverte de fongicides naturels, issu de plantes ou de champignons, font partie intégrante des défis d'Agroscope. Plusieurs projets, initiés dès 2006, sont soutenus par des financements externes, issus de partenariats privés, de fonds de recherche étatique ainsi que de groupements de producteurs. Toutefois les défis auxquels se butent ce type de recherche sont nombreux: proposer des produits avec une efficacité suffisante maintenue sur une période adéquate, un impact modéré sur l'environnement ainsi qu'un coût de revient concurrentiel. Cet article fait un état des lieux des contraintes et perspectives du développement de fongicides alternatifs en viticulture.

Les enjeux

Les maladies fongiques peuvent, en l'absence de moyens de contrôle, conduire à un développement épidémique et une perte importante de récolte. C'est pourquoi la viticulture nécessite, quelle que soit son mode de production, un nombre relativement important de traitements contre les maladies fongiques. En témoignent ces années viticoles telles que 2012, 2014 ou 2016 qui ont connu une importante pression de mildiou et qui, en l'absence d'un programme de traitement rigoureux, ont pu conduire à des pertes quantitatives et qualitatives conséquentes. On assiste toutefois chez les consommateurs et les politiques à une prise de

conscience aiguë des dangers potentiels des produits phytosanitaires. Celle-ci se traduit par des préoccupations de santé publique au sujet des résidus dans les produits finis ainsi que par des inquiétudes concernant leurs effets négatifs sur l'environnement. Le politique a répondu à ces préoccupations notamment par l'élaboration, en 2017, du *Plan d'Action National (PAN)* visant à la réduction des risques et à l'utilisation durable des produits phytosanitaires. Dans ce contexte, il est donc primordial d'explorer de nouvelles voies dans la lutte contre les maladies fongiques en viticulture, notamment contre le mildiou de la vigne (*Plasmopara viticola*), l'oïdium (*Erysiphe necator*) et la pourriture grise (*Botrytis cinerea*) (fig. 1). Pour répondre à ces

défis, Agroscope a initié plusieurs stratégies visant la réduction de l'utilisation des fongicides, tels que la création de nouveaux cépages résistants aux maladies fongiques (1996), la prévision des risques et la modélisation des maladies (2000), l'exploration et la découverte de fongicides naturels (2006), ainsi que le développement de nouvelles stratégies de lutte (2007). Ces projets connaissent une évolution constante et s'intègrent pleinement dans le cadre du PAN.

Les axes de la recherche

Dans le cadre de la recherche de nouveaux fongicides à faible impact sur l'environnement et la santé, différentes stratégies ont été élaborées:

Les champignons au service de l'agriculture

Les champignons sont une source illimitée de composés actifs, sachant que seuls 5% d'entre eux ont été découverts à l'heure actuelle. Ces derniers produisent des métabolites primaires essentiels à leur survie, liés par exemple à l'assimilation de nutriments, ou encore leur développement. Toutefois, ils sont capables de

produire toute une armada de métabolites secondaires qui leur offre un avantage compétitif important, par exemple vis-à-vis de leurs concurrents dans la course aux nutriments, dans l'efficacité à envahir leur hôte, ou encore dans leur réactivité à s'adapter à leur environnement. Ces métabolites secondaires présentent une diversité de structure très intéressante mais encore peu explorée.

Agroscope a développé plusieurs projets permettant de découvrir une nouvelle diversité chimique possédant des activités biologiques intéressantes, en exploitant le monde des métabolites secondaires des champignons (fig. 2): 1) la découverte de nouvelles communautés fongiques issues de plantes cultivées et sauvages; dans ce cas, l'exploration de nouvelles espèces de champignons permet l'identification de molécules inconnues. 2) l'exploitation de la confrontation entre champignons et l'induction de molécules de défense; dans ce cas, il est possible de pousser un champignon à produire des molécules de défense qu'il ne synthétiserait pas habituellement (Bertrand *et al.*, 2014). 3) la création de nouvelles molécules grâce au bagage enzymatique des champignons (secrétome) à partir de pro-



Figure 1 | Principales maladies fongiques de la vigne. A. Pourriture grise (*Botrytis cinerea*): sporulation sur baie. B. Mildiou (*Plasmopara viticola*) sporulation sur jeunes baies. C. Oïdium (*Erysiphe necator*): sporulation sur jeunes baies.

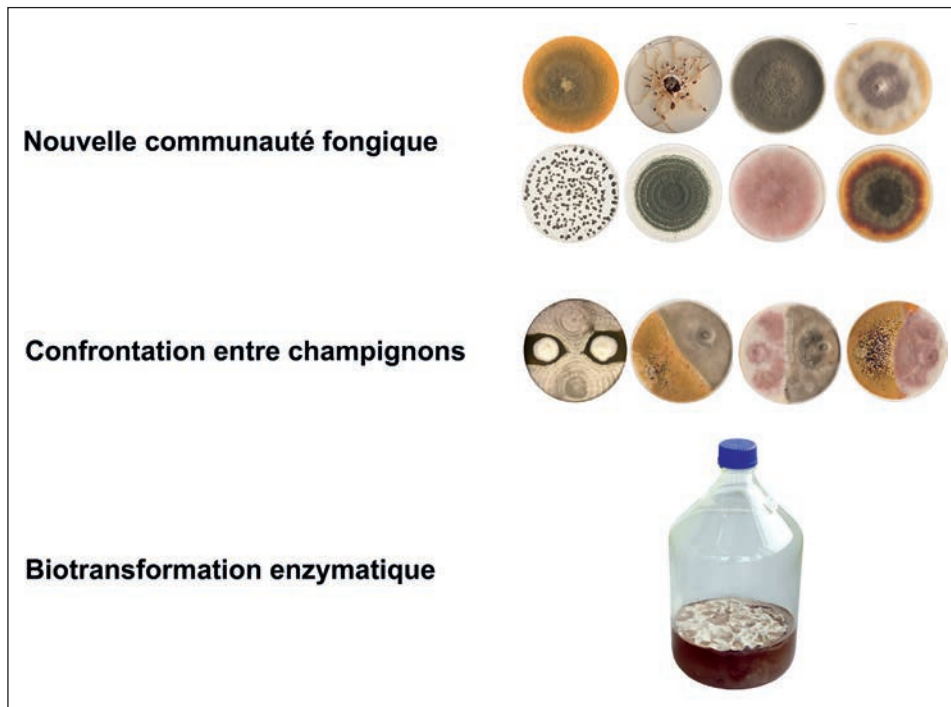


Figure 2 | Différents axes de recherche permettant de générer de la diversité chimique en exploitant le monde des champignons.

duits naturels; dans ce cas, un seul composé naturel peut se transformer en un grand nombre de molécules inconnues, offrant ainsi une source inépuisable de nouveaux composés actifs (Gindro *et al.*, 2017).

Les extraits de plante: la pharmacopée au service de l'agriculture

Comme les champignons, les plantes sont capables de produire des métabolites secondaires impliquées notamment dans leurs défenses contre les insectes, champignons ou bactéries.

Plus de 150 extraits de plantes, issues de la pharmacopée suisse, ainsi que des plantes cultivées et envahissantes, ont été passés au crible pour y découvrir des molécules offrant un potentiel antifongique. Les résultats les plus surprenants ont été livrés par la vigne elle-même. En effet, des sarments de vigne aoûtés, habituellement taillés en hiver puis éliminés, ont permis de découvrir plus d'une dizaine de molécules présentant divers degrés de toxicité envers le mildiou (Schnee *et al.* 2013), l'oïdium ou encore la pourriture grise, ceci quel que soit le cépage utilisé (fig. 3).

Les défis et obstacles

Pour développer un nouveau fongicide, quelle que soit la source biologique utilisée, la première étape consiste à produire des extraits bruts issus de l'extraction de la matière première au moyen d'un solvant (eau, solvants

organiques...). Ces extraits complexes peuvent contenir plusieurs dizaines de molécules différentes. Pour évaluer les propriétés fongicides des différents extraits, des biotests ont été développées et permettent de sélectionner rapidement les extraits les plus prometteurs. Ces derniers sont soumis à des séparations chromatographiques afin d'isoler et identifier le ou les composés responsables de l'activité. Cela n'est possible qu'au travers d'une étroite collaboration établie il y a plus de dix ans entre Agroscope et le laboratoire de phytochimie de l'Université de Genève. Toutefois, à ce stade, les extraits actifs ne sont pas utilisables en l'état car peu stables, non homogènes, contenant potentiellement des molécules toxiques et non enrichis en principes actifs. L'enrichissement en composés actifs est étroitement lié à la disponibilité en matière première. Si celle-ci est abondante et le processus d'extraction simple et écologique, l'élaboration du produit se fera par extraction classique. Par contre, si la matière première est rare ou que les techniques d'extraction sont complexes, il s'agira d'évaluer la possibilité de synthétiser à l'identique la/les molécules actives. Cela fait, le défi principal réside dans la formulation de l'extrait afin que les molécules actives soient protégées des agressions environnementales (UV, lessivage par la pluie) lors d'une application en champs. Cela représente le défi majeur dans le développement de produits de traitements alternatifs. Pour le moment, aucun extrait de ce type n'a montré le niveau d'effica-

cité d'un fongicide conventionnel, cela étant principalement dû à des faiblesses dans la stabilisation et la rémanence des molécules actives.

Cette démarche est différente de la chimie de synthèse combinatoire dont le but est de stabiliser et rendre rémanent et plus efficace une molécule existante, naturelle ou non, par la substitution de certains groupes chimiques fonctionnels. C'est le cas de l'azoxystrobine, un fongicide large spectre, issue de molécules produites naturellement par certains champignons tel que *Strobilurus tenacellus*.

Actuellement, ces divers projets ont permis l'obtention d'une centaine de molécules candidates, dont certaines sont en cours de formulation. C'est le cas notamment de l'extrait enrichi de sarment de vigne microencapsulé, contre le mildiou de la vigne (fig. 3), dont l'efficacité est en cours d'évaluation en plein champs. Le caractère innovant de ces projets a permis au groupe Mycologie d'Agroscope d'être à la fois soutenu financièrement par des organismes privés et publiques, mais également d'élargir son réseau de compétences en matière de protection des végétaux,

par exemple par l'accueil de startup ou d'entreprises, dans l'optique de développer des produits peu préoccupants pour une viticulture respectueuse de la durabilité des écosystèmes. ■

Katia GINDRO, Pierre-Henri DUBUIS et Sylvain SCHNEE, Agroscope, 1260 Nyon, Suisse

Renseignements: Katia Gindro, tél. +41 58 460 43 74,
e-mail: katia.gindro@agroscope.admin.ch, www.agroscope.ch



Figure 3 | Développement d'un extrait de sarments de vigne. Les bois sont ramassés au sol après la taille, broyés puis extraits et enrichis sous forme de poudre soluble dans l'eau. Ce dernier est ensuite formulé par microencapsulation afin de protéger les molécules actives contre les UV.

Virus, bactéries et phytoplasmes de la vigne



Maladie du court-noué. Déformation des feuilles sur Gamay.

Virus

Maladie du court-noué

La dégénérescence infectieuse est une virose majeure parmi les plus dommageables du vignoble. Elle est causée par plusieurs népovirus qui sont transmis par les nématodes, des vers microscopiques du sol. Ces derniers acquièrent le virus en piquant les racines d'une vigne malade pour se nourrir, puis le transmettent aux ceps voisins; la maladie s'étend ainsi lentement. Le virus le plus commun sur vigne est le *Grapevine fanleaf virus* (GFLV). Les vignes infectées présentent généralement des retards de développement au débournement et le cep prend souvent par la suite un aspect buissonnant ou rabougri. Les premiers symptômes foliaires sont visibles à partir du début de l'été; parmi eux, la panachure est le plus frappant (fig. 1). L'intensité de cette jaunisse partielle ou complète du limbe semble dépendre du cépage et de la souche de virus. Les symptômes sur les grappes sont le millerandage et la coulure. Le court-noué affecte donc à la fois le rendement et la longévité des ceps. Il n'existe aucune méthode de lutte curative contre la maladie du court-noué. Le moyen le plus efficace est d'agir préventivement en

Résumé

Les virus, bactéries et phytoplasmes provoquent des maladies contre lesquelles nous n'avons aucun moyen de lutte directe au vignoble. En effet, nous ne disposons pas de matières actives curatives sans impact négatif pour la vigne, l'homme et l'environnement. Si certaines de ces maladies sont transmissibles de vigne à vigne par des insectes vecteurs, elles le sont toutes par le matériel de multiplication (plant, greffon, porte-greffe). Du fait de leur dangerosité et de leur contagiosité, certaines maladies sont réglementées dans la loi (ordonnances sur la santé des végétaux et sur le matériel de multiplication), dans le cadre de la lutte obligatoire (quarantaine) ou de la sélection sanitaire (certification). En effet, certaines, transmises par des insectes vecteurs naturels ou introduits dans les vignobles, peuvent se révéler épidémiques, comme la flavescence dorée (phytoplasme), la maladie de Pierce (bactérie) ou certains enroulements (virus). Les conséquences, graves et irréversibles, tant qualitatives que quantitatives sur les récoltes et la santé des vignobles sont telles que la pérennité de ces derniers est compromise. Les seuls moyens disponibles pour freiner, voire éradiquer ces maladies sont des moyens de lutte prophylactique. A ce titre, la symptomatologie (reconnaissance) et les analyses au laboratoire (confirmation) jouent un rôle essentiel dans le dépistage de ces maladies.

plantant du matériel certifié qui garantit que les jeunes plants sont exempts de virus. Dans un vignoble atteint de court-noué et contaminé par les nématodes, le sol devrait être assaini avant la plantation car, même si l'on arrache les ceps malades, les nématodes porteurs du virus peuvent conserver leur infectiosité durant des années. Les traitements nématicides, peu efficaces et toxiques pour l'environnement, ne sont plus autorisés à présent. Il est par conséquent conseillé de dévitaliser les souches en automne, puis de les arracher au printemps suivant en prenant soin d'ôter le maximum de

racines afin de priver les nématodes d'une source d'alimentation. Afin de réduire le risque de réinfection, la dévitalisation doit être combinée à une période de repos du sol de sept à dix ans, lorsque cela est possible.

Maladie de l'enroulement

La maladie de l'enroulement est une virose majeure de la vigne. Le symptôme principal est l'enroulement vers la face inférieure du limbe foliaire (fig. 2). En Suisse, ces symptômes se manifestent dès la fin juin, avec l'apparition, chez les cépages rouges, de taches rougeâtres entre les nervures des feuilles. Pour les cépages blancs, les symptômes sont plus diffus et passent souvent inaperçus. L'enroulement conduit à une réduction de la photosynthèse et un retard de maturation des raisins. A la vendange, les moûts présentent des teneurs plus élevées en acidité et plus faibles en sucre. Pour les cépages rouges, on observe une diminution en anthocyanes et polyphénols des baies. On a longtemps considéré que les virus responsables de l'enroulement étaient uniquement transmis par bouturage ou greffage. Or, dans certains vignobles du monde, les cochenilles peuvent servir de vecteur et répandre cette maladie. Il n'existe pas de moyen de lutte directe contre cette maladie et les maladies virales en général. Le mode le plus fréquent de dissémination est lié à l'activité humaine et à la plantation de matériel infecté. Le meilleur moyen de contenir ces

pathogènes reste la lutte préventive, en plantant du matériel certifié garantissant que les jeunes plants sont exempts de ces virus.

Bactéries

Maladie de Pierce

La maladie de Pierce de la vigne est une bactériose de quarantaine, létale et extrêmement contagieuse, très dangereuse pour le secteur viticole. Elle est décrite pour la première fois en 1882 en Californie, aux Etats-Unis. Depuis, la maladie s'est propagée en Amérique du Nord et du Sud. Elle a été signalée plus récemment en Asie, à Taiwan (2002), dans le golfe Persique, en Iran (2014), et en Europe, aux Baléares (2017). Le secteur vitivinicole californien estime les coûts de cette maladie à plus de 100 millions de dollars annuels. Les symptômes de brûlures foliaires sont l'expression de perturbations majeures du système conducteur d'eau des plantes (xylème). Le potentiel de survie des ceps malades est faible, n'excédant guère quatre ans pour les cépages les plus tolérants. Il n'existe pas de cépage cultivé (*V. vinifera*) résistant à la maladie, qui infecte également certaines vignes américaines (*V. labrusca* et *V. riparia*). L'agent causal de la maladie est une bactérie, *Xylella fastidiosa*, plus précisément *X. fastidiosa* sous-espèce *fastidiosa*, une des six sous-espèces du complexe *Xylella fastidiosa*, qui infecte près de 600 espèces végé-



Figure 1 | Maladie du court-noué. Panachures sur Chasselas dues au virus *Grapevine fanleaf virus*.



Figure 2 | Maladie de l'enroulement. Symptômes d'enroulement vers la face inférieure du limbe foliaire.

tales (la gravissime épidémie touchant les oliviers en Italie dans les Pouilles est causée par *X. fastidiosa* subsp. *pauca*) (fig. 3). La bactérie est transmise à la vigne essentiellement par des cicadelles qui ont acquis la bactérie en se nourrissant sur des plantes infectées, le plus souvent des plantes hôtes sauvages généralement asymptomatiques et présentes dans le vignoble ou à proximité. La bactérie colonise le xylème de façon systémique, l'obstrue et provoque la mort du cep. Il n'existe pas de moyen de lutte curative directe contre la maladie de Pierce, si ce n'est l'arrachage et la destruction des plantes contaminées et la lutte insecticide contre les insectes vecteurs, du moins dans les zones à foyers. Le problème de la lutte réside en



Figure 3 | Dépérissement d'une oliveraie dans les Pouilles, dû à *Xylella fastidiosa*.



Figure 4 | Nécrose bactérienne. Chancres nécrotiques sur rameaux.

partie dans la grande diversité des insectes potentiellement vecteurs de *Xylella* et le nombre élevé de plantes hôtes sauvages présentes dans les vignobles ou à proximité (forêts, prairies, jardins). Même si elle n'a pas encore donné de résultats fructueux, la sélection de matériel *Vitis* plus tolérant ou résistant reste une approche à privilégier dans le long terme.

Nécrose bactérienne

La nécrose bactérienne de la vigne est observée déjà au XIX^e siècle en France et en Italie, où elle est connue sous les noms de maladie d'Oléron ou mal nero. Actuellement, on la trouve en France, en Espagne, en Italie, en Grèce et en Afrique du Sud. Sa nuisibilité en fait une maladie de quarantaine, contre laquelle des mesures de précaution particulières sont requises, surtout à l'échelle du transfert de matériel de multiplication *Vitis*. L'extension de la nécrose bactérienne a plusieurs causes, notamment la dissémination de cépages très sensibles, la mécanisation des travaux viticoles, le changement de pratiques culturales, l'abandon de la bouillie bordelaise pour de nouveaux fongicides de synthèse, des facteurs abiotiques (pluies fréquentes, grêle, gelées, fumures azotées excessives) et biotiques (attaques parasitaires). La maladie est sournoise, car elle peut infecter des vignes de manière latente, sans provoquer de symptômes, et passe inaperçue parfois pendant des années. La maladie cause la destruction des tissus et des organes en phase de croissance rapide, provoquant leur dessèchement et leur chute (inflorescences et feuilles) ou des chancres nécrotiques (rameaux), du printemps jusqu'au milieu de l'été (fig. 4). La nécrose bactérienne est causée par la bactérie *Xylophilus ampelinus*, qui colonise le xylème des plants de vigne. La bactérie survit et se multiplie dans les parties ligneuses des ceps en hiver et elle subsiste aussi dans les déchets tombés à terre (bois de taille et feuilles). Elle est disséminée principalement avec le matériel végétal de multiplication (plants, portegreffes ou greffons), mais aussi par l'intermédiaire des équipements viticoles d'une parcelle infectée à une parcelle saine. La lutte contre la nécrose bactérienne est uniquement prophylactique. Une des premières mesures consiste à ne planter que du matériel certifié sain et à prendre toutes les précautions d'usage avant la plantation dans les secteurs du vignoble touché par la maladie.

Broussin

Le broussin de la vigne (également appelé galle du collet ou tumeur du collet) est présent dans tous les pays viticoles du monde, en Asie, en Afrique, en Europe, au

Moyen-Orient, en Amérique du Nord et du Sud et en Australie. Les zones sujettes au gel d'hiver et à des épisodes fréquents de grêle sont particulièrement exposées, le gel et la grêle mettant à nu des blessures qui permettent à la maladie de s'installer. Dans ces zones, la maladie a de sévères répercussions sur la vigne, alors qu'ailleurs, elle passe inaperçue, car la bactérie causale, *Agrobacterium vitis* (et, épisodiquement, *Agrobacterium tumefaciens*), persiste dans la vigne sous forme latente et sans causer de symptôme ou de dégât. Les galles, présentes au niveau du collet, des racines ou des cordons, constituent un environnement qui protège et nourrit les agrobactéries (fig. 5). Elles sont formées suite à la réorganisation de tissus parenchymateux et à la désorganisation d'autres tissus, parmi lesquels le phloème et le xylème, entraînant l'affaiblissement du cep et éventuellement sa mort. Les agrobactéries infectieuses sont introduites par l'homme dans le vignoble lors de la plantation de matériel de multiplication contaminé. Une fois la bactérie établie dans un vignoble, les travaux d'entretien, les machines, l'irrigation et les intempéries (pluies, vents) contribuent à disséminer la maladie. La persistance de la maladie dans des parcelles infectées qui ont pourtant été détruites puis replantées est bien connue. Elle est corrélée à la grande capacité de survie (plusieurs années) dans le sol de souches virulentes de *A. vitis*, sur des débris racinaires restés enterrés après l'arrachage de ceps morts ou trop sévèrement touchés. Comme pour les maladies d'origine bactérienne, y compris les phytoplasmoses, il n'y a pas de moyen de lutte curative. La prévention et l'application de stratégies maîtrisant les pratiques culturales constituent la meilleure approche pour limiter l'introduction et la dissémination de la maladie, la plus importante démarche consistant à planter du matériel sain.

Phytoplasmes

Flavescence dorée

La flavescence dorée (FD) est une jaunisse de la vigne incurable et épidémique. Cette grave maladie entraîne la mort des ceps et, en l'absence de lutte, compromet à court terme la survie du vignoble. De par sa dangerosité, la FD a un statut de maladie de quarantaine, soumise à l'annonce et à la lutte obligatoires. L'annonce est primordiale dans la gestion d'une épidémie, car des foyers signalés tardivement, après qu'ils se sont développés parfois pendant des années, sont infiniment plus difficiles à combattre que des foyers annoncés à leur émergence. La maladie est apparue en Suisse, au Tessin, en 2004, puis en 2015 dans le canton de Vaud.

Les symptômes de la maladie (fig. 6) (décolorations, flétrissements, enroulements et défauts de lignification) sont l'expression d'un métabolisme hormonal (auxines et cytokinines) dérégulé par le phytoplasme. Il n'existe pas de cépage (*V. vinifera*) résistant à la FD.

L'agent causal de la FD est un phytoplasme, Grapevine flavescence dorée phytoplasma (ou *Candidatus Phytoplasma vitis*), une bactérie dépourvue de paroi cellulaire qui vit confinée dans le phloème des vignes infectées ou dans le tractus digestif des insectes vecteurs. La maladie est transmise à la vigne par le matériel de multiplication (plant, greffon, porte-greffe) et par des insectes vecteurs piqueur-suceurs de sève, essentiellement des cicadelles. La maladie n'est pas transmissible aux œufs des insectes vecteurs. Le caractère épidémique de la maladie, soit la transmission rapide de cep à cep, est le fait de son vecteur principal, inféodé à la vigne, la cicadelle *Scaphoideus titanus*. D'autres cicadelles sont capables d'introduire fortuitement la maladie à partir d'espèces ligneuses contaminées présentes dans l'environnement forestier proche du vignoble, comme c'est le cas au Tessin ou en Bourgogne, mais ces insectes n'ont pas une incidence majeure sur la propagation de la FD, n'étant pas assujettis à la vigne. La lutte contre la FD est essentiellement prophylactique et comprend en outre le traitement insecticide spécifiquement contre son vecteur, l'arrachage des ceps contaminés pour diminuer la pression de l'inoculum dans le vignoble, le thermo-



Figure 5 | Maladie du broussin. Broussin sur vigne, galle gainant progressivement le tronc.

traitement du matériel *Vitis* de multiplication, qui tue le phytoplasme, et la production certifiée de plants sains munis du passeport phytosanitaire ZP-d4.

Bois noir

La maladie du bois noir (BN) est une autre jaunisse à phytoplasme de la vigne. Elle peut occasionner des dégâts importants au vignoble en cas d'infestation sévère, mais contrairement à la FD, le BN n'est pas contagieux, du fait que les insectes vecteurs de cette maladie ne sont pas inféodés à la vigne, cette dernière n'étant pour eux qu'un hôte fortuit. Cette maladie, présente dans toutes les régions viticoles du monde, présente les mêmes symptômes que la FD (les symptômes des jaunisses sont tous identiques). Sa présence



Figure 6 | Cépage Mara infecté par la flavescence dorée. Panachure de décolorations sectorielles et globales, avec léger enroulement vers le bas du limbe foliaire et défaut d'aoûtement du sarment.



Figure 7 | Le vecteur principal du bois noir, la cicadelle *Hyalesthes obsoletus*.

est endémique dans les vignobles, avec une faible proportion de ceps touchés. Les années chaudes sont cependant plus susceptibles de favoriser l'expression de la maladie et sa propagation. Décrit en France en 1961, le BN est signalé pour la première fois en Suisse, dans le canton du Valais, en 1993.

La maladie est causée par le phytoplasme du stolbur, *Candidatus Phytoplasma solani*, transmis par des cicadelles parties de plantes infectées en recherche de nourriture. Son vecteur principal est *Hyalesthes obsoletus* (fig. 7), mais d'autres cicadelles sont aussi capables de véhiculer la maladie. *H. obsoletus* (adultes et nymphes) réalise son cycle reproductif sur des adventices des vignobles, principalement l'ortie dioïque et le liseron des champs, même si d'autres plantes hôtes (sauvages et cultivées) hébergeant le phytoplasme ont été répertoriées. La plupart de ces plantes sont cependant des culs-de-sac épidémiques, dans la mesure où une cicadelle ne pourra pas acquérir le phytoplasme à partir d'elles. Il n'en reste pas moins que la multitude d'insectes et de plantes impliqués complique considérablement l'épidémiologie de la maladie et la lutte contre cette dernière. Les moyens de lutte à disposition incluent l'arrachage volontaire des ceps malades pour diminuer l'inoculum dans les parcelles et pour limiter le risque de masquer des foyers émergents de FD (dans des zones où la FD est présente ou a été présente, l'arrachage devrait être obligatoire); le contrôle rigoureux des adventices, notamment de l'ortie, au moins dans les parcelles. La lutte contre les insectes vecteurs est impraticable, notamment par manque d'une matière active spécifique et ménageant la faune auxiliaire des vignobles. ■

Jean-Sébastien REYNARD et Santiago SCHAEERER, Agroscope, 1260 Nyon, Suisse

Renseignements partie virus: Jean-Sébastien Reynard, tél. +41 58 460 43 69, e-mail: jean-sebastien.reynard@agroscope.admin.ch, www.agroscope.ch
Renseignements partie bactéries et phytoplasmes: Santiago Schaeerer, tél. +41 58 460 43 60, e-mail: santiago.schaeerer@agroscope.admin.ch, www.agroscope.ch



Pour de plus amples informations et références sur ces maladies ainsi que sur d'autres non décrites dans cet article (par exemple, viroses mineures de la vigne, jaunisses de la vigne autres que la FD et le BN), consultez l'ouvrage: *La Vigne, Volume 3, Virus, bactéries et phytoplasmes*. Reynard J.-S., Schaeerer S., Gindro K. et Viret O., 2019. Editions AMTRA, Lausanne, 278 pages.

Les herbicides font l'objet de critiques



Résumé

Les herbicides racinaires ont été utilisés durant des décennies en viticulture. Actuellement, des herbicides foliaires moins persistants les ont remplacés. Néanmoins, leur application est remise en question par la société en raison de leurs résidus et de leurs effets négatifs sur la biodiversité. Agroscope promeut une recherche sur la gestion de la flore en proposant des alternatives aux herbicides, et offre un service de détection des résistances aux herbicides en Suisse.

Les défis en malherbologie

Les adventices sont particulièrement redoutées en viticulture, car elles présentent chaque année un risque potentiel de concurrence, en particulier pour l'eau et les nutriments. De nombreuses adventices perturbent le déroulement du travail, modifient le microclimat dans le vignoble et peuvent affecter la qualité du vin. Pour faciliter le contrôle fastidieux des adventices, des herbicides sont utilisés depuis plus de cinquante ans.

Le contexte actuel se caractérise par une recrudescence des problèmes de désherbage, alors que le nombre d'herbicides homologués diminue, que leurs homologations font face à des réévaluations plus fréquentes et que les innovations se font très rares. Des études scientifiques présentent des conclusions divergentes sur les effets secondaires des herbicides, amenant la société à se concentrer sur la problématique de quelques composés et non sur les problèmes liés aux adventices dans les cultures.

Les besoins humains, tels que faciliter le travail ou économiser de l'argent, ne devraient pas être le seul facteur déterminant dans l'application des herbicides. Par exemple, une nouvelle étude montre que les herbicides – et pas seulement le glyphosate – peuvent réduire de moitié la masse des champignons mycorhiziens. Ces champignons fournissent dans un sol sain un meilleur apport en éléments nutritifs favorisant la santé de la vigne et la qualité du vin.

Aujourd'hui, les herbicides permettent de tuer presque toutes les espèces adventices qui forment la biodiversité du vignoble (fig. 1). L'écosystème est dés-



Figure 1 | Perte de biodiversité due à l'utilisation des herbicides persistants.

tabilité, favorisant des espèces problématiques comme les chardons, liserons ou prêles. L'utilisation systématique des herbicides ne permet pas une gestion durable de l'écosystème du vignoble. Durant ces dernières décennies en Suisse, les herbicides foliaires ont remplacé les herbicides racinaires qui, graduellement, sont retirés ou soumis à restriction à cause de leur persistance (tabl. 1).

En outre, le recours aux herbicides peut engendrer des problèmes de résistance. Agroscope offre, sur demande des vignerons, un service de détection des adventices soupçonnées de montrer une résistance aux herbicides. Les professionnels sont invités à envoyer des échantillons.



Figure 2 | Entretien du sol avec un outil interceps rotatif (photo F. Hugon, Agrigenève).



Figure 3 | Biodiversité riche grâce aux pratiques viticoles adaptées.

Tableau 1 | Herbicides homologués de 1983 à nos jours. Il montre les changements dans l'utilisation des herbicides durant ces trente dernières années: passage de l'utilisation d'herbicides racinaires persistants vers des herbicides foliaires moins persistants.

Herbicides homologués en viticulture dès 1983 jusqu'à aujourd'hui.

Action des herbicides et sa durée	Racinaire, longue	Foliaire, courte	Graminicide, courte	Demi-vie (en jours)	2019	Utilisation	
						Vitiswiss label	Prestations écologiques requises
acide pélagonique		x		1-2		oui	oui
cléthodime			x	3		oui	oui
cycloxydime			x	5		oui	oui
fluazifop-P-buthyle			x	8.2		oui	oui
haloxyfop(R)-méthyle			x	9		oui	oui
flazasulfuron		x		10		oui	oui
glufosinate		x		13	disparaîtra	oui	oui
glyphosate		x		23.8		oui	oui
flumioxazine	x	x		17.6		restreint	restreint
penoxsulam	x	x		75		restreint	restreint
oryzaline	x			98		restreint	restreint
diuron	x			229		restreint	restreint
terbuthylazine	x			21.8		non	restreint
propyzamide	x			233		non	non
diquat	x			2345	disparaîtra	non	non
dichlobénil	x	x		5.4	n'est plus disponible		
MCP		x		8.2	n'est plus disponible		
métoxuron	x			18.5	n'est plus disponible		
amidosulfuron	x	x		21	n'est plus disponible		
sulfosate		x		23.8	n'est plus disponible		
atrazine	x			29	n'est plus disponible		
chlorbromuron	x			36.5	n'est plus disponible		
linuron	x			48	n'est plus disponible		
monolinuron	x			50	n'est plus disponible		
simazine	x			60	n'est plus disponible		
2,4,5-T		x		70	n'est plus disponible		
terbumétrone	x			300	n'est plus disponible		
paraquat	x			2800	n'est plus disponible		

... et le vigneron?

La renonciation aux herbicides est toujours liée à une augmentation de volume de travail et des investissements (fig. 2). Des démarches actives des vignerons mettent en place des stratégies de gestion de la flore. Pour relever ces défis, une meilleure connaissance de la flore des vignobles s'impose (fig. 3). Il s'agit d'identifier les espèces présentes et de tenir compte de leur véritable impact sur la vigne. Chaque espèce mérite l'intérêt du vigneron. ■

Christian BOHREN et Aurélie GFELLER,

Agroscope, 1260 Nyon, Suisse

Renseignements: Christian Bohren, tél. +41 58 460 44 25,

e-mail: aurelie.gfeller@agroscope.admin.ch, www.agroscope.ch

Plus d'infos | <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/fr/home/themes/production-vegetale/protection-vegetaux/herbologie/resistance-herbicides.html>



Gagnez en sérénité avec nos services connectés !



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



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

Nos concessionnaires agréés :

Gigandet SA
1853 Yvorne
Tél. 024/466 13 83

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

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

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

BUCHER
vaslin

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

www.buchervaslin.com
Votre réussite est notre priorité

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

Tracteur à chenilles Loeffel Viti Plus avec broyeur à sarments Dragone

LOEFFEL
MACHINES + VITICOLES

LOEFFEL & CIE 2017 Boudry
Construction, vente, location, entretien de matériel viticole
Service personnalisé

www.loeffelsnc.ch
contact@loeffelsnc.ch
+41(0)32 842 12 78

Filtration de vins

Traitement d'eau

Micro-oxygénation

www.keller.ch

KELLER
depuis 1982

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

Sauvegarde et adaptation du matériel végétal

Grâce au précieux travail fourni, dès 1923 en Suisse, par les scientifiques de la recherche agronomique, il a été possible de sélectionner des clones de vigne particulièrement intéressants sur les plans agronomiques et œnologiques. Les viticulteurs disposent de 67 clones pour 35 cépages et de 3 clones de porte-greffes. Aussi la biodiversité clonale des principales variétés de vigne traditionnelles et autochtones cultivées en Suisse est préservée. Dès 1965, Agroscope a créé de nouveaux cépages résistants à la pourriture du raisin. Aujourd'hui, grâce à un nouveau programme de sélection mis en place en 1996, Agroscope a développé des cépages résistants également au mildiou et à l'oidium. De cette première phase, deux sont déjà homologués: Divico (2013) et Divona (2018). Grâce à ces efforts de recherche, les viticulteurs suisses sont aujourd'hui en mesure de produire des vins d'un grand potentiel œnologique, et ce dans le respect de l'environnement et de la tradition.

Sauvegarde de la biodiversité et sélection clonale des variétés traditionnelles et autochtones suisses à Agroscope



A l'exemple du Chasselas, la prospection dans d'anciennes vignes a permis la sauvegarde de biotypes présentant une variation très importante des caractères ampélographiques, agronomiques et œnologiques.

Résumé ■ Le vignoble suisse présente un encépagement extrêmement diversifié et caractérisé par un nombre important de cépages traditionnels et autochtones. Un travail de prospection et de sauvegarde de la biodiversité clonale des principales de ces variétés dans d'anciennes vignes a été entrepris dès 1923 par Agroscope en collaboration avec les cantons. Mille sept cents têtes de clones pour 23 cépages ont pu être introduites en conservatoire. Sur cette base des clones particulièrement intéressants sur les plans agronomique et œnologique ont pu être sélectionnés. Ils sont actuellement diffusés par la filière de certification suisse et sont au nombre de 67 pour 35 cépages ainsi que 3 clones de porte-greffe. La collection ampélographique nationale de Pully regroupe plus de 600 accessions et sert de base génétique pour des travaux d'amélioration variétale, de collection d'étude pour de nouvelles introductions ainsi que de site de sauvegarde pour des variétés rares et menacées.

La Suisse championne de la diversité viticole

Le vignoble suisse ne couvre qu'une superficie voisine de 15000ha. La topographie du pays entraîne toutefois de telles différences au niveau climatique entre les régions viticoles qu'on y cultive une très large gamme de cépages des plus précoces à ceux de 3^e époque. La statistique officielle nous apprend que 48 cépages sont cultivés avec une surface supérieure à 10ha et que le nombre total de cépages recensés s'élevait à 267 en 2017, ce qui constitue certainement un record mondial en la matière sur une aussi petite surface. Des facteurs d'ordre historique, culturel (influence de la France, des pays rhénans, de l'Italie et du bassin franco-provençal) et politique (rôle central des cantons dans l'agrément des assortiments variétaux des différentes régions) contribuent à expliquer ce foisonnement étonnant.

En dehors de plusieurs cépages traditionnels comme les Pinots, le Gamay ou le Chasselas qui y sont cultivés

depuis plusieurs siècles on trouve un nombre important de cépages autochtones ou qui ne sont pratiquement plus cultivés qu'en Suisse à l'exemple de la Petite Arvine, de l'Humagne blanc, de l'Amigne, de la Rèze, du Cornalin du Valais, de la Durize, du Completer, de la Bondola, de l'Himbertscha ou encore du Lafnetscha.

Les travaux de sauvegarde et de prospection d'Agroscope

Sauvegarde de la biodiversité clonale

En raison du grand nombre de cépages autochtones et traditionnels cultivés en Suisse depuis des siècles il est important de sauvegarder la diversité des biotypes issus de mutations successives présents dans d'anciennes vignes de l'ère pré-clonale.

Dès 1923, Agroscope a commencé à prospecter et sauvegarder la biodiversité clonale du Chasselas dans un but de sélectionner des clones régulièrement productifs et exempts de viroses graves, problème important à l'époque. Des prospections ont été reprises à large échelle dans les années 1970 et 2010 notamment pour sauvegarder des types plus modérément productifs. Le transfert à Pully des collections françaises de Chasselas de l'ex Station INRA de Cosne-sur-Loire et de Bordeaux a encore enrichi ce conservatoire qui réunit actuellement près de 360 clones et constitue la plus importante collection pour ce cépage au niveau mondial. Les 19 plus démonstratifs sont également plantés dans le conservatoire de la Fondation Louis-Philippe Bovard à Rivaz et son duplicata à Mont-sur-Rolle. La sauvegarde de la diversité clonale a également été

étendue au Pinot noir et au Gamay dans les années 1940-1950. Dès 1992, en partenariat avec l'Office de la viticulture et la Société des pépiniéristes viticulteurs valaisans, les cépages traditionnels et autochtones de cette région ont également fait l'objet d'un programme de sauvegarde et de sélection toujours en cours (Maigre et al. 2003; Spring et Reynard 2019). L'ensemble de ces travaux ont permis de réunir jusqu'ici plus de 1700 têtes de clones pour 23 cépages conservés à long terme à Pully et en Valais, qui représentent la variabilité clonale des variétés cultivées en Suisse.

Sélection clonale

Les travaux de caractérisation de cette biodiversité sur les plans agronomique et œnologique ont montré, pour la plupart de ces cépages, une diversité très importante sur la plupart des critères étudiés. Le potentiel de production, la composition des moûts, la sensibilité à la pourriture du raisin (fig. 1 et 2), les caractères végétatifs ou encore le potentiel aromatique et la qualité des vins (fig. 3) peuvent être concernés à l'exemple d'observations effectuées dans un essai de sélection de nouveaux clones de Petite Arvine. Les clones les plus prometteurs sont soumis à une évaluation précise sur les plans agronomiques et œnologiques qui permet l'homologation et la diffusion des sujets les plus intéressants dans le cadre de la filière de certification (fig. 4). A l'heure actuelle, 67 clones de 35 cépages et de 3 porte-greffes ont été sélectionnés et sont diffusés dans le vignoble suisse (Spring et Reynard 2019). Cette palette qui est encore destinée à s'enrichir à l'avenir, offre pour les

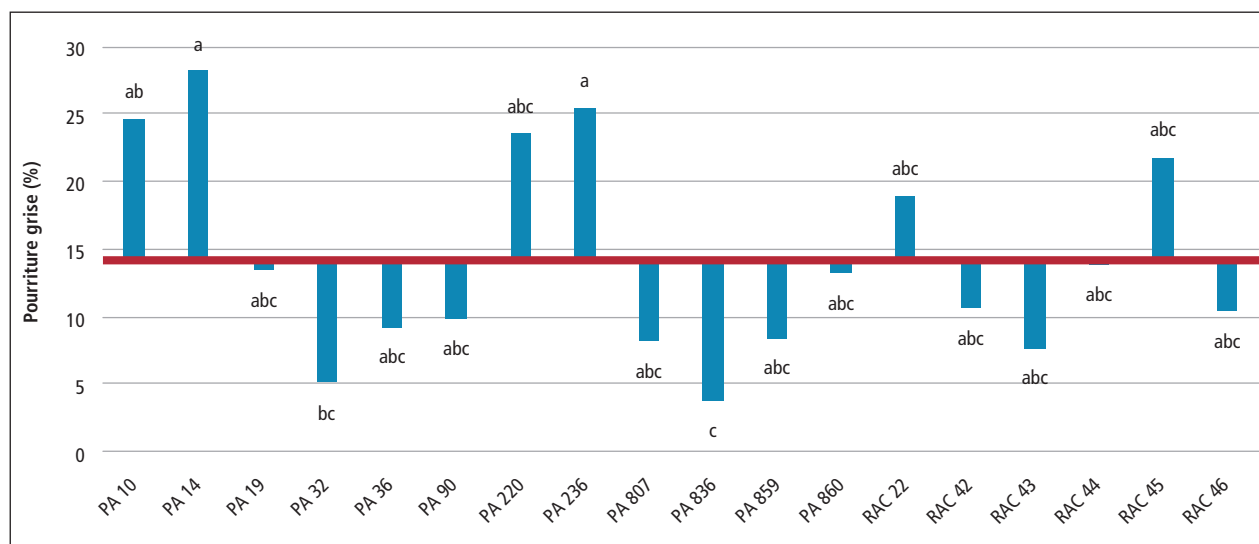


Figure 1 | Collection d'étude de clones de Petite Arvine à Leytron. Attaque de pourriture grise (*Botrytis cinerea*) à la vendange. Moyennes 2003 à 2011. La ligne de base correspond à la moyenne des 18 clones. Les données munies d'une lettre commune ne se distinguent pas significativement ($p=0,05$).



Figure 2 | Collection d'étude de clones de Petite Arvine à Leytron. La morphologie des grappes présente une variabilité importante et influence la sensibilité à la pourriture grise (*Botrytis cinerea*). Clones PA 10 et RAC 46.

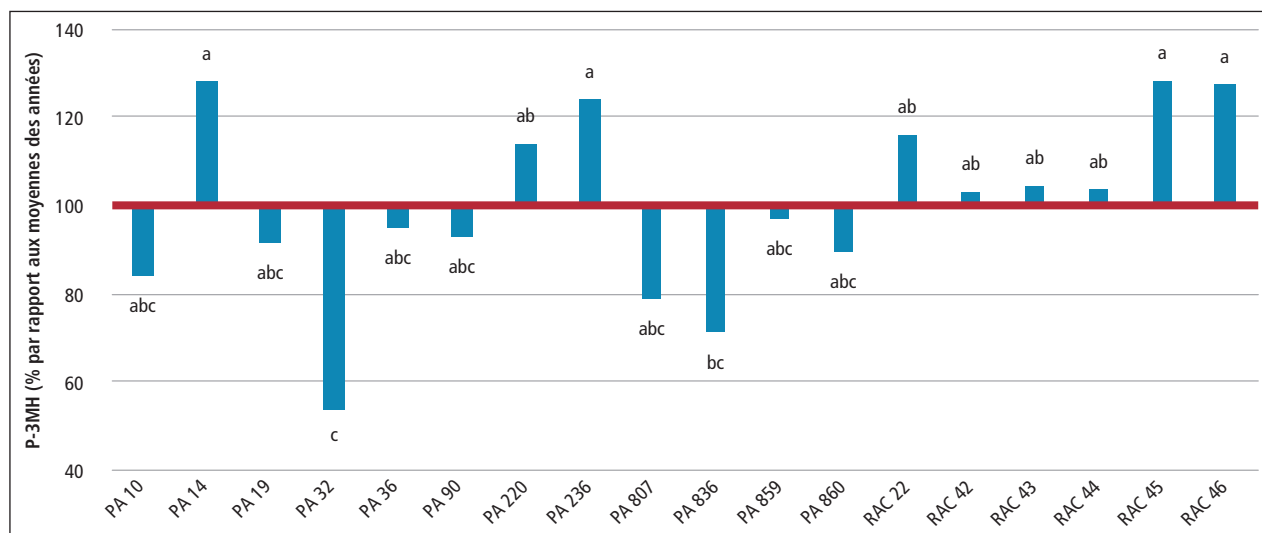


Figure 3 | Collection d'étude de clones de Petite Arvine à Leytron. Teneurs relatives en précurseur aromatique (P3MH) des moûts (exprimée en % de la moyenne de la population). Moyennes 2005 à 2009. La ligne de base correspond à la moyenne des 18 clones. Les données munies d'une lettre commune ne se distinguent pas significativement ($p = 0,05$).

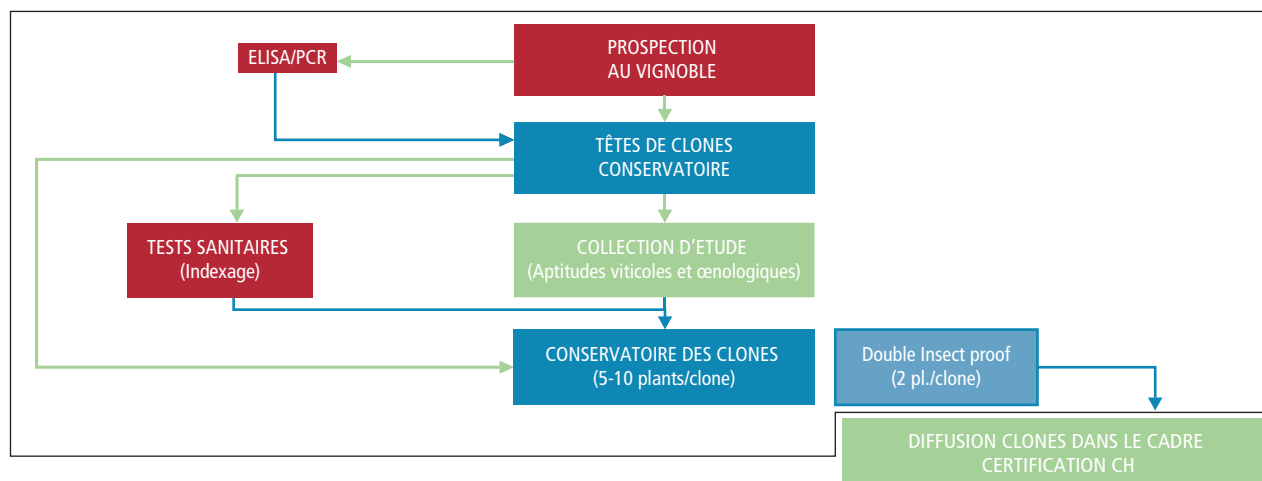


Figure 4 | Schéma de sélection du matériel clonal pratiqué à Agroscope.

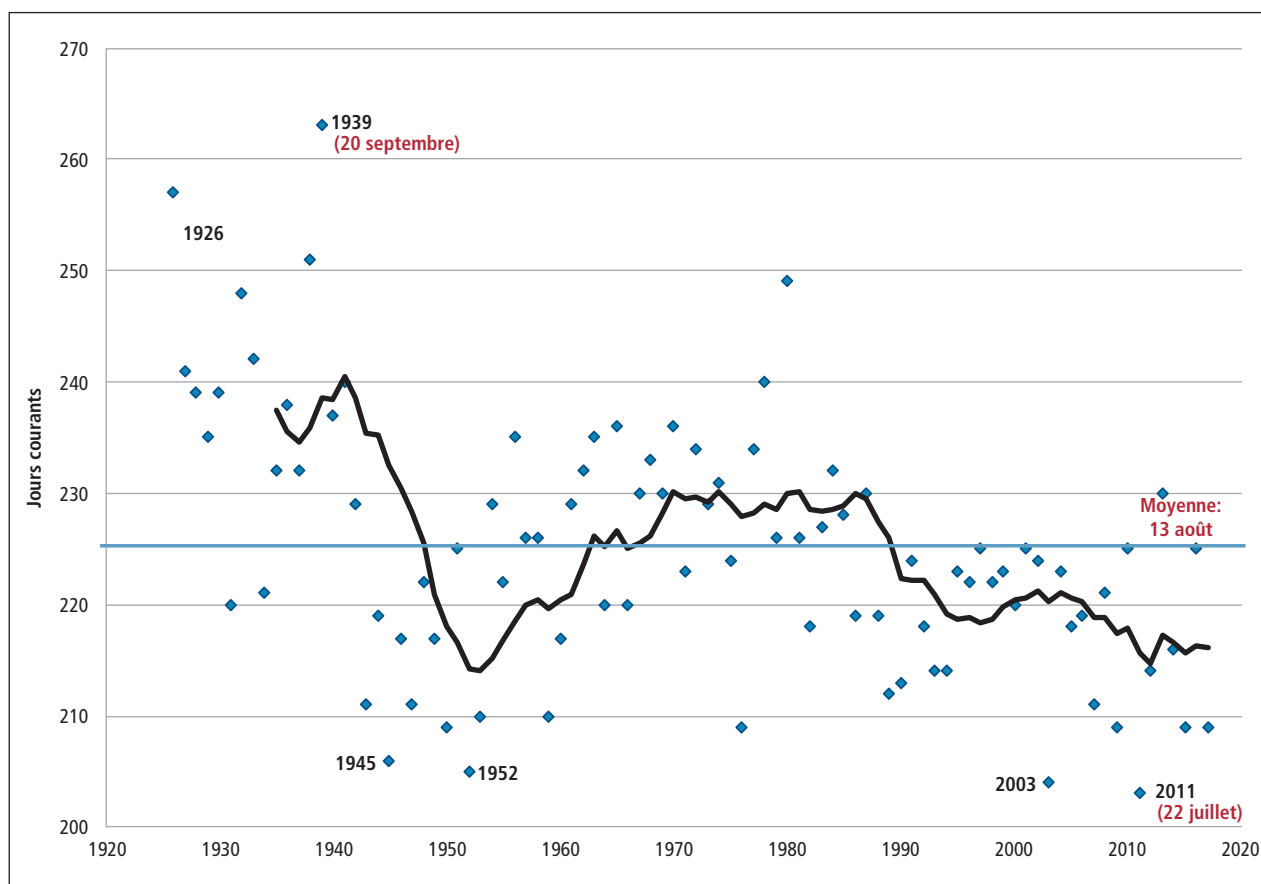


Figure 5 | Evolution de la date du début de la véraison du Chasselas à Pully, 1925–2017.

principaux cépages traditionnels et autochtones suisses un large choix permettant une adaptation optimale aux situations très diversifiées de nos vignobles et aux changements climatiques.

Collection ampélographique

Le site de Pully héberge encore la collection ampélographique la plus importante du pays, avec plus de 600 accessions, qui fait office de collection de base pour la «Commission pour la conservation et la sauvegarde des plantes cultivées de variétés autochtones et historiques de Suisse» (Fahrentropp *et al.* 2015). Cette collection est précieuse comme source génétique pour les programmes d'amélioration variétale, de site d'introduction et d'étude pour de nouvelles accessions inconnues ou peu documentées en Suisse et de conservatoire pour des variétés rares et menacées. La collection de Pully a également permis de contribuer à des études internationales sur le comportement de certaines variétés (Rusconi *et al.* 2019). La phénologie du Chasselas y est également suivie depuis 1925 et a permis d'étudier l'impact du réchauffement climatique sur le comportement de la vigne (Spring *et al.* 2009) (fig. 5).

Jean-Laurent SPRING¹, Jean-Sébastien REYNARD², Fabrice LORENZINI², Gilles BOURDIN², Olivier VIRET³, Guillaume FAVRE⁴, Paul-Maurice BURRIN⁵ et Christophe CARLEN⁶

¹ Agroscope, 1009 Pully, Suisse

² Agroscope, 1260 Nyon, Suisse

³ DGAV, 1110 Morges, Suisse

⁴ Office de la viticulture, 1951 Châteauneuf/Sion, Suisse

⁵ 1955 Saint-Pierre-de-Clages, Suisse

⁶ Agroscope, 1964 Contthey, Suisse

Renseignements: Jean-Laurent Spring, tél. +41 58 468 65 63,

e-mail: jean-laurent.spring@agroscope.admin.ch, www.agroscope.ch

Innovation variétale au service d'une viticulture durable



Divico et Divona, les deux premiers cépages résistants aux principales maladies de la vigne sélectionnés par Agroscope.

■ **Résumé** Une réduction majeure des intrants phytosanitaires en viticulture passe par le développement de cépages résistants aux principales maladies fongiques (fig. 1). Dès 1965 Agroscope a créé de nouveaux cépages résistants à la pourriture du raisin (*Botrytis cinerea*), à l'exemple du Gamaret. En 2018, ils occupaient 915 ha du vignoble suisse (10% de l'encépagement rouge). En 1996, un nouveau programme de sélection de variétés présentant également des résistances au mildiou (*Plasmopara viticola*) et à l'oïdium (*Erysiphe necator*) a été lancé. Dans un premier temps la sélection de résistance a été effectuée grâce à des marqueurs biochimiques (stilbènes), synthétisés par les génotypes résistants en réaction à l'agression des pathogènes (phytoalexines). De cette première phase, deux cépages ont été homologués: Divico (rouge) en 2013 et Divona (blanc) en 2018. Leurs caractéristiques de résistance et leur potentiel œnologique suscitent un grand intérêt. En 2009, une collaboration avec l'Inra de Colmar a été initiée pour la sélection de variétés résistantes aux principales maladies fongiques de la vigne et combinant différents gènes de résistance au mildiou et à l'oïdium provenant de lignées présentes dans chacun des instituts. L'objectif est d'obtenir des variétés hautement résistantes et de manière stable à ces pathogènes. De premiers candidats ont été implantés en essai d'évaluation de leurs aptitudes agronomiques et œnologiques en France et en Suisse en 2018. Une inscription au catalogue de ces premières co-obtentions franco-suisse devrait intervenir à l'horizon 2024-2025.

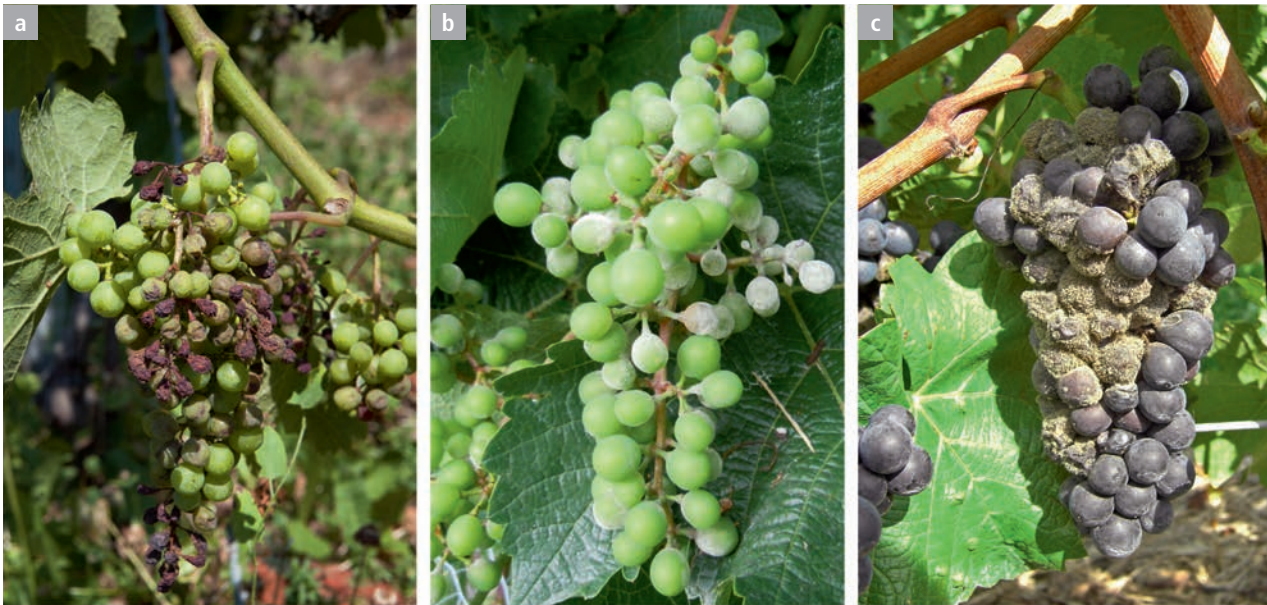


Figure 1 | Symptômes sur grappes des trois principales maladies fongiques de la vigne. A. Mildiou (*Plasmopara viticola*). B. Oïdium (*Erysiphe necator*). C. Pourriture grise (*Botrytis cinerea*).

Agroscope permet une viticulture plus écologique

Création de cépages résistants au Botrytis

Dès 1965 un programme de création de nouvelles variétés de vigne a été initié à Agroscope. Jusqu'en 1995 il a mis en œuvre des méteils de *Vitis vinifera* avec la recherche de cépages présentant une résistance élevée à la pourriture grise (*Botrytis cinerea*), un des pathogènes les plus virulents dans de nombreuses situations du vignoble helvétique. Treize nouveaux cépages issus de ce programme ont pu être homologués depuis 1993: 2 blancs (Charmont et Doral) et 11 rouges (Gamaret, Garanoir, Diolinoir, Carminoir, Galotta, Mara, Merello, Gamarello, Cabernello, Cornarello, Nerolo), dont certains présentent une résistance remarquable à la pourriture grise (Spring *et al.* 2017) (fig. 2 et 3) liée à la présence de tannins constitutifs spécifiques dans l'épiderme des baies et à l'épaisseur de leur pellicule. En raison de ces caractéristiques très favorables ainsi que de leur potentiel œnologique élevé, ces cépages ont connu un développement rapide dans le vignoble suisse. Le Gamaret, issu de ce programme, est actuellement le quatrième cépage rouge en termes de surfaces cultivées en Suisse. Il a également été introduit récemment dans le catalogue national français. Les cépages issus de ce premier programme de sélection, essentiellement des rouges, couvrent actuellement 915 ha soit environ 10% de l'encépagement en cépages rouges du pays.

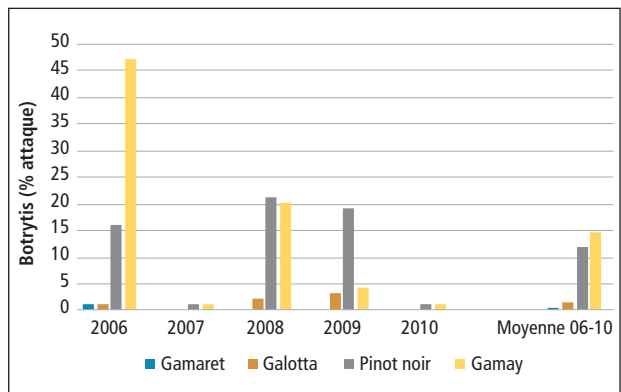


Figure 2 | Taux d'infection de *Botrytis cinerea* sur les grappes de différents cépages rouges à la vendange. Changins (VD), 2006–2010.

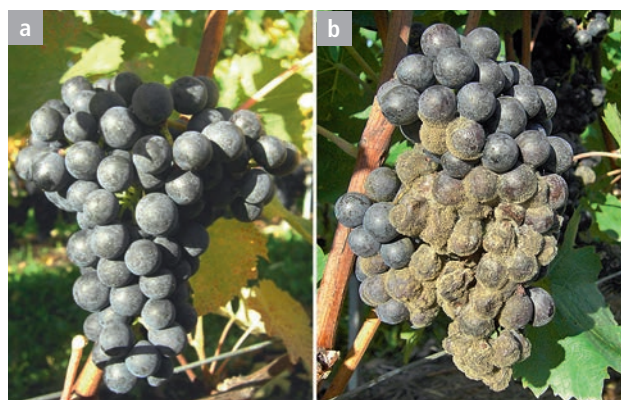


Figure 3 | Le Gamaret (croisement intra-spécifique Gamay x Reichensteiner) présente une résistance remarquable à la pourriture grise (A), comparé au Gamay (B) cultivé conjointement dans les mêmes conditions en 2006.

Création de cépages résistants aux principales maladies fongiques

Dès 1996 le programme de création variétale a été orienté vers l'obtention de cépages résistants également au mildiou (*Plasmopara viticola*) et à l'oïdium (*Erysiphe necator*) par hybridation classique. Dans une première phase le Gamaret, géniteur européen (*V. vinifera*), choisi en raison de son potentiel qualitatif et de son exceptionnelle résistance à *Botrytis cinerea* (Pezet 1993), a été croisé avec une large gamme de cépages résistants au mildiou et à l'oïdium dont les résistances proviennent de vignes sauvages américaines et asiatiques. Afin d'accélérer et de fiabiliser le processus de sélection, des tests biochimiques précoces basés sur les mécanismes naturels de défense de la vigne (phytoalexines stilbéniques) ont été développés pour la résistance au mildiou (Gindro *et al.* 2006, 2007, 2013). La synthèse des stilbènes, et plus particulièrement le resvératrol et ses dimères oxydés, telles que l' ϵ et la δ -viniférine, ainsi que le pterostilbène (dérivé méthylé), fait partie des mécanismes de défense les plus performants de la vigne contre les pathogènes fongiques (Gindro *et al.* 2010). Suite à une infection

du mildiou, les cépages résistants sont capables de produire ces composés fongitoxiques, et de tuer rapidement le pathogène, tant au niveau des feuilles que des grappes (Gindro *et al.* 2012). Cette réaction se traduit par la formation de petites plages brunes sur les tissus verts (nécroses) correspondant à des zones de mort cellulaire (fig. 4).

Concernant la résistance à l'oïdium, la structure et la composition des cires recouvrant la surface des organes verts de la vigne semble jouer un rôle. En effet, la première barrière rencontrée par le champignon est la couche de cires épicuticulaires, dont les motifs de cristallisation sont extrêmement variables entre les cépages (Schnee *et al.* 2008).

En 2013, un premier cépage issu de ce programme, Divico, a été homologué. Il est issu d'un croisement effectué en 1997 entre le Gamaret et Bronner, cépage résistant blanc allemand obtenu par l'Institut de Freiburg im Breisgau. Sa généalogie est complexe et fait intervenir des vignes sauvages d'origine américaine (*Vitis rupestris*, *Vitis Lincecumii*) et asiatique (*Vitis amurensis*) d'où il tire ses caractères de résistance au mildiou et à l'oïdium.

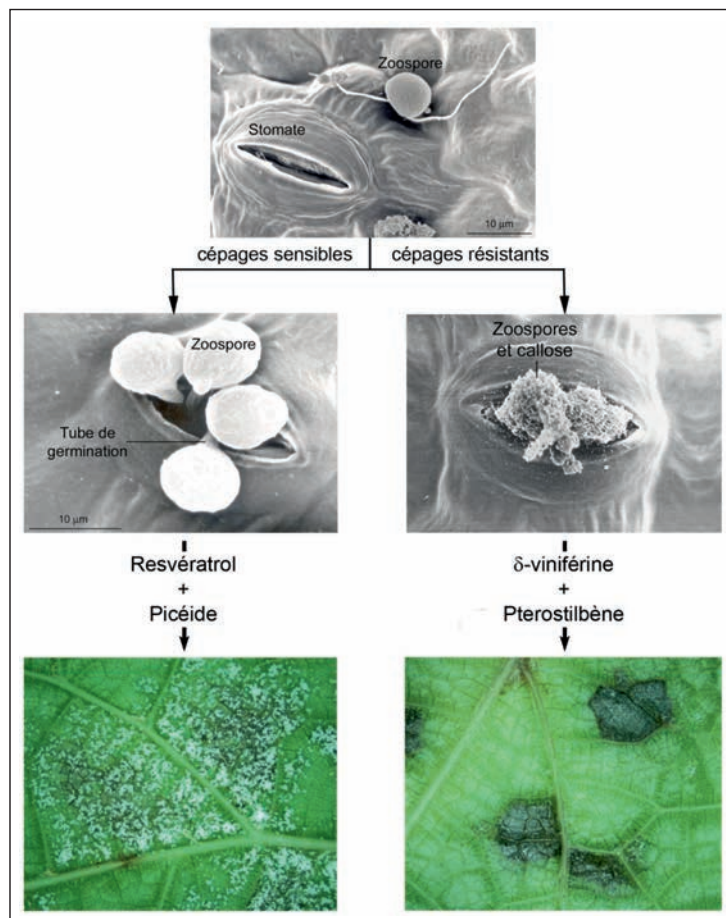


Figure 4 | Événements liés à la résistance naturelle de la vigne contre le mildiou. Dans les cépages sensibles (à gauche), l'infection se traduit par la pénétration et le développement du mildiou dans les tissus de la plante, la production par la vigne de composés non toxiques, puis la sporulation du mildiou (duvet blanc). Chez les cépages naturellement résistants au mildiou, le premier événement de résistance est la production de callose dans les stomates (ouvertures naturelles microscopiques des feuilles et des baies par lesquelles le mildiou pénètre et infecte la plante), le deuxième est la synthèse de molécules de défense, les stilbènes, et plus particulièrement la δ -viniférine et le pterostilbène. Le pathogène est tué rapidement, ce qui se traduit aussi par la formation de petites plages brunes sur les tissus verts (nécroses) correspondant à des zones de suicide cellulaire de la plante.

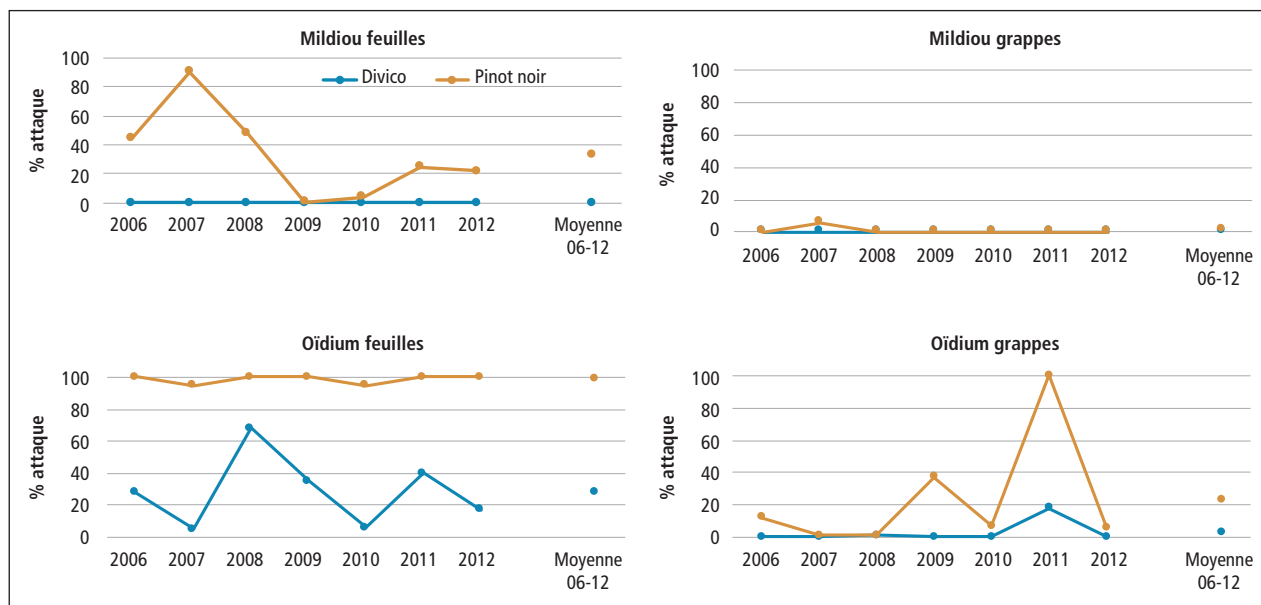


Figure 5 | Attaque causée par le mildiou et l'oïdium sur feuilles et sur grappes avec Pinot noir (sensible) et Divico (résistant) en variante non traitée au début septembre. Pully, 2006–2012.

Sa résistance au mildiou et à l'oïdium est élevée (fig. 5). Le cépage Divico est porteur des gènes de résistance Rpv10 pour le mildiou et Ren3.2 pour l'oïdium (Schneider 2011). A l'image de sa variété père (Bronner), le niveau de résistance au mildiou et à l'oïdium constaté sur l'ensemble des sites expérimentaux d'Agroscope pour ce cépage s'est révélé stable depuis plus de dix ans. Selon le site et la pression des maladies, un à trois traitements fongicides annuels suffisent à le protéger de manière efficace, même dans les situations les plus favorables aux maladies fongiques. Divico présente de plus une résistance très élevée à *Botrytis cinerea*, héritée de Gamaret, ainsi qu'une sensibilité relativement faible au black-rot (*Guignardia bidwellii*) (Spring *et al.* 2013).

Les vins de Divico se signalent par une très grande richesse en composés phénoliques et une couleur très profonde aux nuances violacées. De même Divico présente des vins riches en picéide, resvératrol et viniférines (plus de 30 mg/litre), jouant un rôle important en tant qu'antioxydant (Renaud et de Lorgeril 1992) (fig. 6).

Le profil organoleptique des vins de Divico est très proche de ceux élaborés avec Gamaret. Il s'agit de produits de qualité, structurés, riches en tannins peu astringents. Les arômes évoquent à la fois des notes fruitées et épicées. Ces caractéristiques organoleptiques très intéressantes expliquent l'intérêt marqué suscité par cette nouvelle variété en Suisse. En 2018 il est déjà devenu le cépage interspécifique le plus répandu en Suisse avec une surface de 42 ha. Un deuxième cépage blanc issu du même croisement a été

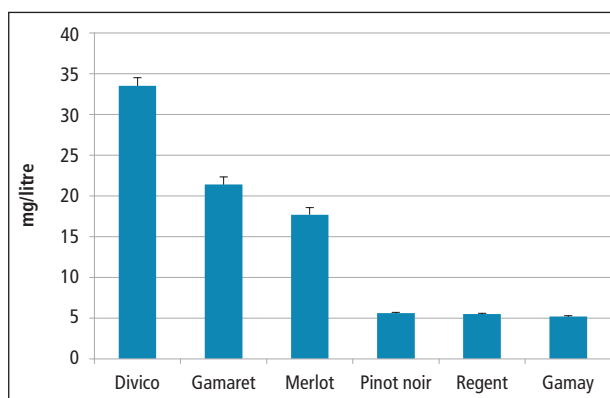


Figure 6 | Somme des stilbènes (picéide, resvératrol et viniférines) dans les vins de différents cépages. Pully, moyennes 2011–2012.

homologué en 2018 sous le nom de Divona (Spring *et al.* 2018). Il présente les mêmes caractéristiques de résistance que le Divico. Cépage de maturité précoce, il intéresse particulièrement les zones plus tardives du vignoble et notamment la Suisse alémanique. Son potentiel qualitatif élevé (vins structurés et aromatiques) suscite déjà beaucoup d'intérêt auprès des producteurs.

Une collaboration franco-suisse

L'Inra (Institut national de recherche agronomique INRA, France) a engagé le programme de sélection ResDur en 2000 (Merdinoglu *et al.* 2018) destiné à cumuler dans le même individu plusieurs facteurs de



Figure 7 | Prélèvement d'une jeune feuille sur plantule pour l'extraction de l'ADN nécessaire au marquage moléculaire (photo Inra).

résistances d'origines différentes afin d'assurer au mieux leur stabilité. Cette sélection a été assistée par marqueurs (SAM) (fig. 7), une technique indispensable pour le pyramidage des facteurs de résistance. Quatre nouvelles variétés issues de ce programme – Artaban, Floreal, Vidoc, Voltis – et dotées de résistances polygéniques au mildiou et à l'oïdium ont été inscrites au catalogue français en 2018 (Schneider *et al.* 2018).

En 2009 Agroscope (Suisse) et l'Inra ont démarré un programme de sélection commun, visant à combiner les facteurs de résistance aux maladies présentes dans leurs lignées respectives. Les facteurs suivants sont concernés: Rpv1 (issu de *Vitis rotundifolia*), Rpv3 (issu de *Vitis Rupestris*), Rpv10 (provenant de *V. amurensis*) pour le mildiou; Run1 (issu de *V. rotundifolia*), Ren3 (issu de *Vitis Rupestris* et porté par la variété résistante Regent), Ren3.2 (porté par la variété résistante Bronner) pour l'oïdium. Les lignées de sélection provenant d'Agroscope présentent également un niveau de résistance élevé au black-rot et à la pourriture grise.

Huit géniteurs Inra – incluant Voltis, Floreal et Artaban – et trois géniteurs Agroscope – incluant Divico et Divona – ont été utilisés pour les croisements. Grâce à la SAM (fig. 8), 400 descendants porteurs des facteurs de résistance Rpv1, Rpv10 et/ou Rpv3; Run1, Ren3 et/ou Ren3.2 ont été sélectionnés. Leur phénotypage agronomique et œnologique est réalisé dans le cadre d'un réseau d'essais situés dans les deux Instituts à Colmar (F) et à Pully (CH). Les premières observations pluriannuelles, portant sur 80 descendants, ont permis d'étudier leur stabilité phénotypique pour les caractères de résistance, les traits culturaux et la qualité des vins. A l'issue de cette étape, dix variétés candidates ont été sélectionnées et déposées pour inscription. Elles se trouvent actuellement en essais d'évaluation de leur valeur agronomique, technologique et environnementale (VATE) chez Agroscope à Leytron (CH) ainsi que dans trois régions françaises (Champagne, Val de Loire, Vallée du Rhône). L'inscription au catalogue de ces co-obtentions Inra/Agroscope est prévue à l'horizon 2024-2025. ■

Jean-Laurent SPRING¹, Vivian ZUFFEREY¹,
Thibaut VERDENAL¹, Fabrice LORENZINI², Katia GINDRO²,
Gilles BOURDIN², Christophe CARLEN³, Christophe SCHNEIDER⁴,
Didier MERDINOGLU⁴ et Olivier VIRET⁵

¹ Agroscope, 1009 Pully, Suisse

² Agroscope, 1260 Nyon, Suisse

³ Agroscope, 1964 Conthey, Suisse

⁴ INRA, Université de Strasbourg, UMR 1131 SVQV,
68000-Colmar, France

⁵ DGAV, 1110 Morges, Suisse

Renseignements: Jean-Laurent Spring, tél. +41 58 468 65 63,

e-mail: jean-laurent.spring@agroscope.admin.ch, www.agroscope.ch

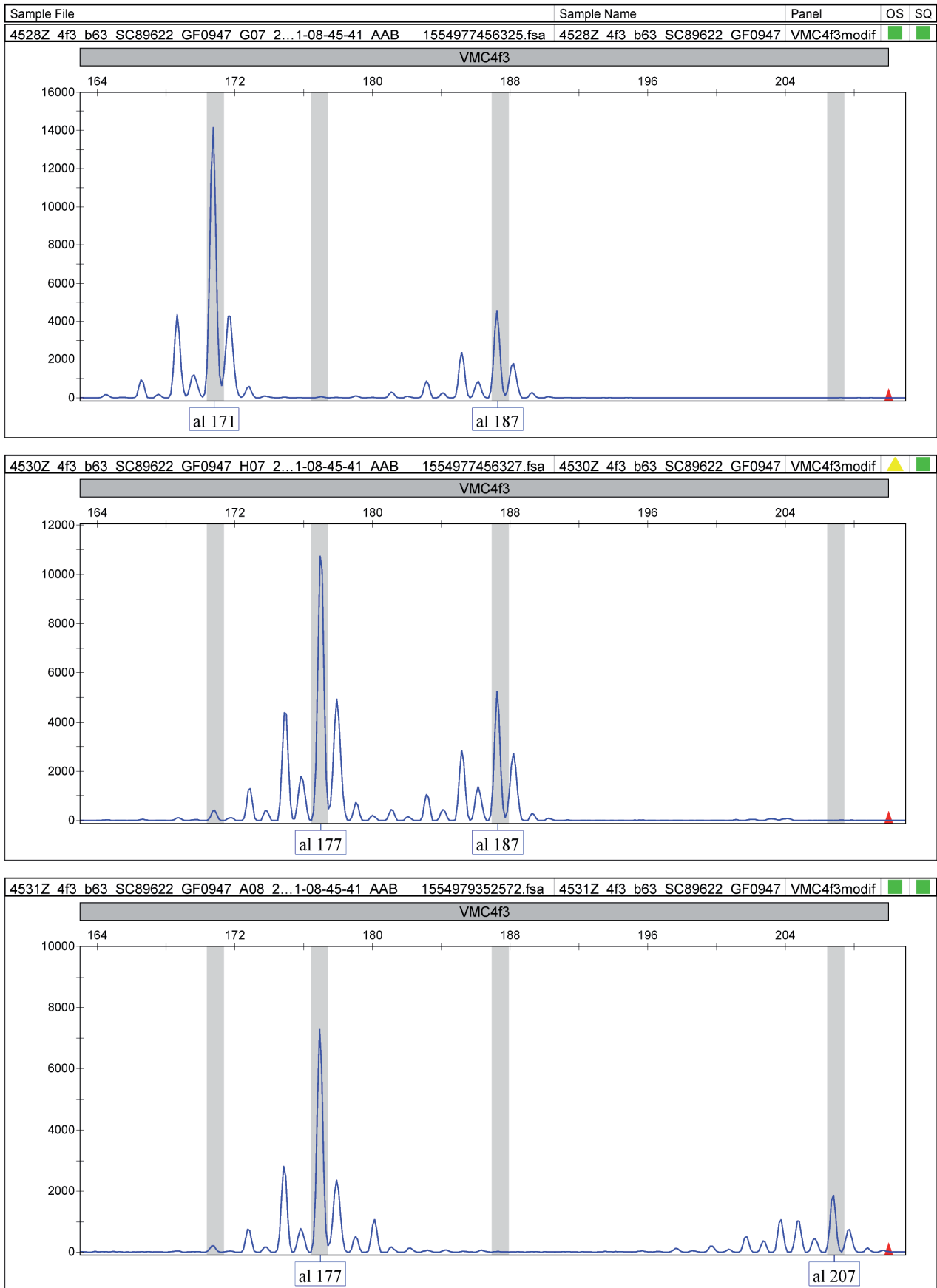


Figure 8 | Profil génétique de trois descendants de croisement pour un marqueur moléculaire lié à la résistance (photo Inra).

Collection La Vigne

Le volume 3 Maladies virales et bactériennes paraîtra en juillet 2019

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

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

Parution: juillet 2019



Souscription
jusqu'au 19 juillet 2019:
rabais de 15%

PRIX

Prix CHF 70.- / dès 10 ex. CHF 67.- / Ecoles CHF 63.-
(TVA incluse, frais de port non compris)

COMMANDES

Site internet: www.revuevitiarbohorti.ch
E-mail: info@revuevitiarbohorti.ch
Téléphone: +41 21 614 04 77
Courrier: AMTRA, avenue des Jordils 5, 1006 Lausanne

LA VIGNE

VOLUME
3

**MALADIES
VIRALES ET
BACTERIENNES**

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

Conservation des sols et gestion de l'eau

Dans un contexte de changement climatique et d'économie en ressources naturelles, la disponibilité en eau est un élément clé pour la viticulture. Aussi, la station viticole d'Agroscope du Caudoz a entrepris, dès les années 1990, des travaux de prospection sur l'impact d'un manque d'eau associé à des températures élevées sur le comportement de la vigne. L'un des objectifs de cette recherche est de fournir aux viticulteurs les éléments d'information nécessaires pour la conduite de la vigne (rapport feuilles-fruits, entretien du sol...), dans une situation donnée, et pour les cépages les mieux adaptés qui permettent d'assurer un rendement correct et des vins de qualité. Grâce à ces recherches, Agroscope est en mesure de proposer aux praticiens des outils informant sur le statut hydrique de la vigne, tels que la chambre à pression. Cette dernière peut être utilisée directement dans le vignoble; son emploi est simple, relativement rapide et représente une aide notoire à la décision pour le pilotage de l'irrigation.

Indicateurs du statut hydrique de la vigne



Résumé

Les indicateurs les plus pertinents du statut hydrique de la vigne reposent sur l'observation du végétal (croissance végétative, symptômes sur feuilles) et les mesures du potentiel hydrique du feuillage, au moyen de la chambre à pression de Scholander. Cette dernière technique permet d'estimer la force avec laquelle la sève brute est retenue dans les feuilles. La sève sous tension est directement liée au niveau d'approvisionnement en eau de la vigne qui dépend de la réserve en eau du sol et de la demande évaporatoire de l'air. La mesure du potentiel hydrique indique ainsi le statut hydrique de la vigne et l'intensité de la contrainte. L'utilisation au vignoble de la chambre à pression est simple et relativement rapide. Elle représente notamment un outil d'aide à la décision pour piloter l'irrigation. Les autres indicateurs physiologiques tels que la composition isotopique du carbone, la dendrométrie, la mesure des échanges gazeux du feuillage et les flux de sève sont plutôt dévolus à la recherche. On notera que le développement de modèles de bilan hydrique représente encore un défi dans les vignobles en forte pente.

L'eau: un élément clé pour l'agriculture

Dans un contexte de changement climatique et d'économie des ressources naturelles, la disponibilité en eau est un élément clé pour l'agriculture en général et pour la viticulture en particulier. En fonction des conditions climatiques et des types de sols, la gestion des besoins en eau de la vigne peut varier considérablement. Les techniques culturales comme l'entretien des sols, les systèmes de conduite et le rapport feuille-fruit entre autres, influencent largement le régime hydrique de la vigne en cours de saison. Face aux aléas de l'évolution du climat, la station viticole d'Agroscope du Caudoz (Pully) a développé depuis les années 1990 des travaux de prospection sur l'impact d'un manque d'eau associé à des températures élevées, notamment sur le comportement et la capacité d'adaptation des cépages et sur le potentiel de rendement et la qualité des vins (Spring

et Zufferey 2009). L'influence de stress abiotiques (sécheresse, brusques écarts thermiques) sur le déclenchement d'accidents physiologiques comme le foltage des grappes (fig. 1), le dessèchement de la rafle (fig. 2), ou la formation d'embolie (bulles d'air) dans les vaisseaux de la vigne est suivie de près en relation avec l'évolution climatique (Zufferey *et al.* 2011), tout comme l'adaptation des techniques culturales et le développement de stratégies de lutte contre ces accidents. Des pistes sont également explorées pour assurer une bonne gestion de la vigueur et une alimentation hydro-azotée équilibrée, notamment par le choix du matériel végétal, la gestion de l'entretien des sols et de la fumure azotée, les pratiques d'irrigation et le choix du mode de conduite et du rapport feuille-fruit.

L'usage d'indicateurs pertinents du régime hydrique de la vigne est indispensable pour une gestion raisonnée de l'eau au vignoble.

Indicateurs de l'état hydrique

De nombreuses approches permettent d'évaluer le régime hydrique de la vigne, facteur majeur du terroir. Les premières études, menées dans le Bordelais (Seguin 1975) au cours des années 70, étaient fondées sur la mesure de la quantité d'eau dans le sol à l'aide d'un humidimètre à neutrons. Cette dernière permet d'estimer l'humidité volumique du sol en profondeur et d'étudier son régime hydrique. Elle a aussi très vite rencontré ses limites, liées aux particularités des sols viticoles, souvent profonds et caillouteux, et à une colonisation en profondeur du système racinaire de la vigne. Par ailleurs, cette technique ne prend pas en compte les apports d'eau latéraux, ni le ruissellement dans les vignes en pente. La grande hétérogénéité des sols rend la mesure et la représentativité des résultats des plus aléatoires. L'utilisation de nouvelles sondes de type TDR (*Time Domain Reflectometry*) se heurte aux mêmes inconvénients. De surcroît, quand le sol s'assèche, son potentiel hydrique peut devenir inférieur à -1 bar, valeur pour laquelle la majorité des tensiomètres ne sont plus opérationnels. Or, à ce niveau de potentiel, la vigne ne subit encore aucune contrainte hydrique. Au vu des difficultés à évaluer le régime hydrique de la vigne par la mesure de l'humidité des sols, une autre approche a été largement privilégiée, fondée sur des indicateurs physiologiques du fonctionnement de la vigne elle-même. La plante est alors utilisée comme indicateur de son propre état hydrique.

Croissance végétative

Les indicateurs du fonctionnement physiologique de la vigne reposent sur l'estimation directe de l'état hydrique de la plante ou sur la réponse physiologique



Figure 1 | Folletage des grappes. A gauche une grappe saine, à droite une grappe folletée.

du végétal face à la disponibilité en eau. Pour le viticulteur, l'observation du végétal demeure essentielle car la vigne réagit rapidement à l'offre en eau, à travers sa croissance végétative. En effet, une contrainte hydrique progressive entraîne un ralentissement de la croissance qui précède son arrêt. L'état de croissance des vignes est un paramètre intégrateur du comportement de la plante qui dépend largement du régime hydrique pour autant que la nutrition minérale (principalement l'azote) et la température ne soient pas limitantes et qu'aucun problème phytosanitaire n'entrave son système racinaire. Une méthode de terrain, simple et non destructive, a été proposée, qui consiste à noter l'état de croissance des apex des rameaux principaux et/ou secondaires (Rodriguez-Lovelle *et al.* 2009). Trois états de croissance sont notés: rameaux ou apex en croissance, ralentissement et arrêt de la croissance avec le brunissement et la chute des apex. La chute de l'apex indique une contrainte hydrique modérée, subie par la vigne, qui précède généralement le jaunissement des feuilles principales, situées à la base des rameaux. Le jaunissement des feuilles de la base des rameaux indique que la vigne subit une contrainte modérée à forte. La chute de ces feuilles est le signe tangible d'une très forte sécheresse subie par la plante. On parle dans ce cas de **stress hydrique** >



Figure 2 | Dessèchement de la rafle.



Figure 3 | Vigne en pleine croissance.

(fig 3). D'autres indicateurs physiologiques (potentiel hydrique du feuillage, transpiration foliaire...) nécessitent un appareillage spécifique. La mesure du potentiel hydrique des feuilles est rendue possible au vignoble.

Mesure du potentiel hydrique du feuillage

La mesure du potentiel hydrique foliaire est la méthode la plus couramment utilisée pour évaluer l'état hydrique de la vigne. Elle est considérée aujourd'hui comme la méthode de référence (van Leeuwen *et al.* 2009). La mesure du potentiel hydrique

des feuilles (ψ), réalisée au moyen de la chambre à pression de Scholander (fig. 4) permet de mesurer le niveau de contrainte hydrique subie par la vigne en estimant la tension d'eau qui règne dans les feuilles ou les rameaux. Cette technique constitue un indicateur pertinent de la disponibilité en eau pour la plante et traduit la force avec laquelle l'eau (sève brute) est retenue dans les feuilles. Les valeurs du potentiel hydrique sont exprimées en bars et négativement (pression négative): plus les valeurs de ψ sont négatives, plus la contrainte hydrique est élevée. La mesure du potentiel hydrique peut s'effectuer de nuit (ψ nuit) lorsque la transpiration de la vigne est très fortement réduite: dans ce cas, l'état hydrique de la vigne est en équilibre avec les disponibilités en eau du sol. En cours de journée, la mesure du ψ exprime le niveau de contrainte hydrique subie par la vigne lorsque la demande évaporatoire (température, humidité de l'air) est la plus élevée et la transpiration foliaire maximale, par exemple l'après-midi. La mesure peut se réaliser sur des feuilles ensachées (on parle de potentiel de tige, ψ tige) ou sur des feuilles non ensachées, à l'ombre de préférence (ψ feuilles ombre). Le tableau 1 illustre les différents seuils de contrainte hydrique de

Tableau 1 | Seuils de potentiels hydriques (ψ) permettant d'estimer le degré de contrainte hydrique de la vigne.

Valeurs en bars	ψ feuilles (de nuit)	ψ feuilles ombre (après-midi)	ψ tige (après-midi)
Aucun stress	-0,5 à -1,5	> -7	> -6
Stress faible	-1,5 à -3	-7 à -10	-6 à -9
Stress modéré	-3 à -5	-10 à -12	-9 à -11
Stress fort	-5 à -8	-12 à -15	-11 à -14
Stress sévère	< -8	< -15	< -14

la vigne et les valeurs de potentiel hydrique du feuillage correspondant, observées soit de nuit ou de jour.

La méthode de la chambre à pression est simple et relativement rapide. Elle est utilisée en plein champ comme une aide à la décision pour piloter l'irrigation, notamment dans de grands domaines viticoles du nouveau monde (Californie, Chili, Argentine et Australie). Cette technique nécessite néanmoins des mesures répétées pour connaître l'évolution du potentiel hydrique du vignoble lorsque les premiers symptômes de la contrainte se manifestent.

Signatures isotopiques

La majorité des éléments chimiques engagés dans les processus physiologiques comme le carbone, l'hydrogène, l'oxygène ou l'azote possèdent des isotopes stables (c'est-à-dire non radioactifs) qui peuvent être détectés. Pour le carbone, l'isotope léger ^{12}C représente près de 98,9% de l'ensemble des molécules carbonées de la biosphère et l'isotope lourd ^{13}C environ 1,1%. Le rapport entre les isotopes léger et lourd ($R=^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$), nommé $\delta^{13}\text{C}$, varie très faiblement, mais de façon détectable par spectrométrie de masse isotopique notamment en fonction de l'alimentation en eau de la plante. La mesure du $\delta^{13}\text{C}$ dans les sucres des moûts à la vendange constitue un indicateur global de la contrainte hydrique subie par la vigne au cours de la maturation du raisin (phase d'accumulation des sucres) (Gaudillère *et al.* 2002). De bonnes corrélations ont été obtenues entre le statut hydrique de la vigne, estimé par le potentiel hydrique de nuit (ψ nuit) ou de tige (ψ tige), et la composition isotopique du carbone $\delta^{13}\text{C}$ dans les sucres de moût à la récolte. Par ailleurs, des valeurs seuils de $\delta^{13}\text{C}$ ont été proposées (Van Leeuwen *et al.* 2009) qui permettent

d'estimer la contrainte hydrique durant la maturation du raisin. L'intérêt de cet indicateur réside dans sa grande accessibilité, comparé aux mesures du potentiel hydrique foliaire. Il est utilisé avec succès en complément aux mesures classiques (potentiels hydriques) dans la caractérisation du régime hydrique des terroirs. Néanmoins, cet indicateur fournit une donnée intégrative de la contrainte hydrique durant la période d'accumulation des sucres, mais ne dit rien sur la période de déclenchement de la contrainte, ni sur sa durée.

Mesure des flux de sève, de la température foliaire et de la dendrométrie

Les capteurs de flux de sève fournissent une mesure directe de la transpiration globale d'un rameau ou d'une souche entière. Les différentes méthodes de mesure des flux de sève reposent toutes sur des principes thermiques, comme la méthode de bilan de chaleur, la dissipation de chaleur dite «méthode Granier» ou l'impulsion de chaleur.

Un élément chauffant apporte de l'énergie au volume de bois (rameau ou tronc) à puissance constante et les pertes de chaleur sont mesurées par des thermocouples. La méthode assimile les pertes thermiques à la conduction de la sève et donc à l'intensité de la transpiration. Les variations de flux de sève sont liées au degré d'ouverture des stomates qui est largement dépendant de l'environnement climatique et de l'état hydrique des souches de vigne (Scholasch 2018). Néanmoins, l'installation des capteurs peut s'avérer délicate en raison des irrégularités des sections de tronc, du bois mort et des plaies de taille. Ces techniques de bilan thermique doivent être bien maîtrisées (bonne isolation du système de mesure) car elles peuvent être



Figure 4 | Méthode de terrain, simple et non destructive consistant à noter l'état de croissance des apex des rameaux principaux et/ou secondaires. De gauche à droite: Contrainte hydrique forte à faible.



Figure 5 | Symptômes de stress hydrique (jaunissement du feuillage à la base des rameaux dans un terroir relativement sec.

perturbées par des modifications de l'environnement. Enfin, la surface foliaire transpirante, la réserve en eau des tissus et la régulation stomatique de la transpiration en fonction de la demande climatique et de la conductivité hydraulique des vaisseaux, représentent autant d'éléments à prendre en considération dans l'interprétation des résultats. La représentativité des valeurs de flux de sève acquises sur quelques souches devrait être comparée avec des mesures directes de potentiels hydriques à la parcelle.



Figure 6 | Mesure du potentiel hydrique des feuilles au vignoble.

D'autres indicateurs comme la **dendrométrie** (mesure de la micro-variation du diamètre des troncs) ou la mesure de la **température du feuillage** (imagerie par infrarouge) informent de manière indirecte sur les disponibilités en eau de la plante, mais demeurent très sujets aux variations de l'environnement (radiation, température...) ou à d'autres processus physiologiques comme la croissance pour la dendrométrie par exemple.

Apprendre à partir des modèles

Des avancées importantes ont été réalisées ces dernières décennies dans le développement de modèles de bilan hydrique (fig. 5) (Lebon *et al.*, 2003) pour évaluer le statut hydrique de la vigne. Le développement de tels modèles repose sur l'acquisition de données simples et accessibles, caractérisant la parcelle sur les plans climatiques et agronomiques (précipitations, ETP, stades phénologiques, gabarit de la végétation). Ces différents paramètres déterminent des coefficients cultureux d'interception du rayonnement solaire, de réduction de la transpiration de la végétation en période de dessèchement des sols et de l'intensité de l'évaporation direct du sol. Le modèle de Lebon *et al.* (2003) permet de calculer la fraction

d'eau du sol disponible durant la saison pour la transpiration du couvert (FTSW, *fraction of transpirable soil water*). Celle-ci est directement reliée au potentiel hydrique de nuit (ψ nuit) sur un site donné. Le paramétrage de ce type de modèle utilise la vigne comme indicateur de l'état hydrique du milieu à travers le potentiel hydrique de nuit et tient compte des principales caractéristiques parcellaires que sont les paramètres édaphiques, climatiques et physiologiques. La validation du modèle a fourni des résultats intéressants issus de différents sites en Suisse (Zufferey et Murisier 2007) et a permis de discriminer les niveaux de contrainte hydrique au travers de ses trois composantes principales qui sont l'époque d'apparition du stress, sa durée et son intensité.

Agroscope propose aux viticulteurs des outils d'aide à la décision

Agroscope apporte un soutien technique et scientifique aux viticulteurs et aux entreprises viticoles dans le choix et l'utilisation des indicateurs pertinents de l'alimentation hydrique, comme la chambre à pression qui connaît un développement certain au vignoble. Des séances d'information et de démonstration au champ sont organisées dans les différentes régions viticoles de Suisse. Ces indicateurs physiologiques constituent des outils d'aide à la décision (irrigation, gestion de l'entretien des sols...): néanmoins, l'observation des vignes et la connaissance des terroirs demeurent essentielles dans la gestion de l'alimentation en eau d'un vignoble.

Vivian ZUFFEREY, Thibaut VERDENAL et Jean-Laurent SPRING
Agroscope, 1009 Pully, Suisse

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



Figure 7 | Appareil de mesure du potentiel hydrique (chambre à pression de Scholander).

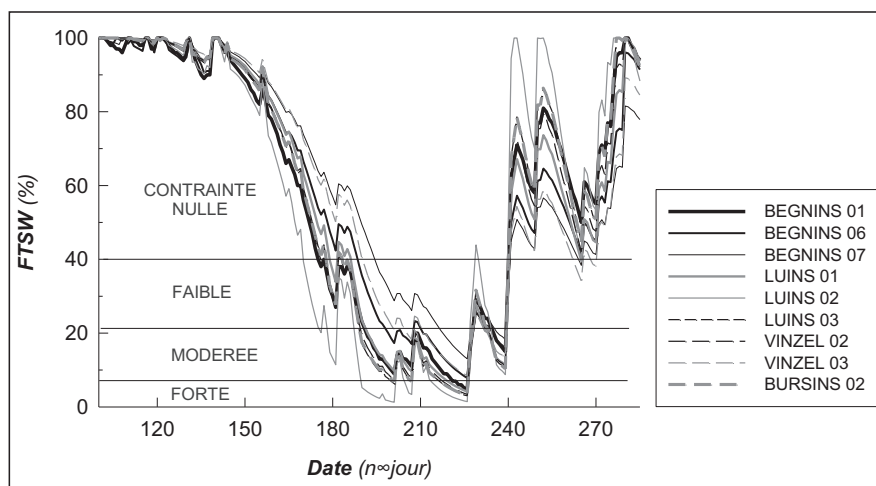


Figure 8 | Evolution saisonnière de la fraction d'eau disponible dans le sol pour la vigne (FTSW, *fraction of transpirable soil water*), calculé à partir du modèle de bilan hydrique de Lebon *et al.* (2003) dans différents terroirs vaudois.

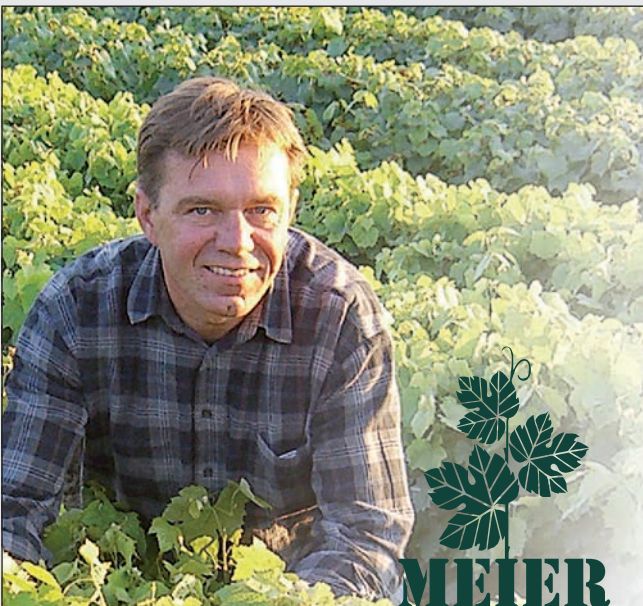


DUVOISIN
Puidoux

Faucheuses
CARONI / COMPACT

Pulvérisateurs WEBER

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



MEIER

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

Alphatec



vous accompagne pour l'entretien de vos cultures

1348 Method Tél: 024 442 85 40 alphatec@alphatec-sa.ch

ACTION du 1.07.2019 au 31.07.2019 !
Filets anti-oiseaux & filets de protection lateraux



gvz_rossat
Le choix des professionnels

- Filets de protection pour grappe
- Filets anti-oiseaux
- Filets anti-guêpes
- Filets de protection latéral
- Filets anti-insectes
- Filets contre la grêle

Commandez ici 

www.gvz-rossat.ch

Chemin du Milieu 6 1580 Avenches Tél. 026 662 44 66

Pépinières viticoles



Pierre Richard
Route de l'Étraz 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.



Invitation aux Journées de visite 2019

Vendredis 30 août et 6 septembre, 9h à 17h
Samedis 31 août et 7 septembre, 9h à 17h



Tours en minibus: visite des cépages
Dégustation de raisins de table
Grande dégustation de vins:
 – cépages traditionnels
 – cépages résistants aux maladies (PIWI)
Collation dans la serre ombragée de vigne

Inscription:

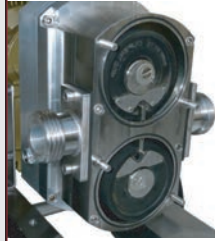
Martin Auer Rebschulen • Pépinières viticoles
 Lisiloostrasse, 8215 Hallau (SH)
 auer@rebschulen.ch – Tél. 052 681 26 27

DEPUIS 120 ANS À VOTRE SERVICE

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



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



NOUVEAUTÉS

100% hygiénique

- Smile Inox H

- Smile A inversée



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

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



Piquets de vigne en acier galvanisé



**nouvelle gamme
 en acier inox
 ZIGINOX**



**Fabrication
 suisse**

www.zimmermannsa.ch



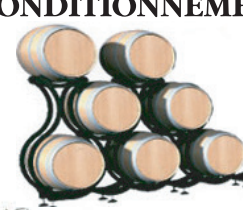
CMZimmermann SA
1268 Begnins

Un système de palissage complet et unique

depuis **Tél. 022 366 13 17**
 1932 **info@zimmermannsa.ch**



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



Oeno-Pôle Sàrl
 CP 57, 1183 Bursins
 Tél. 078 716 40 00
 Mail: info@oeno-pole.ch
 Et bien plus sur: WWW.OENO-POLE.CH

**OENO
 PÔLE**
Au service de la qualité



La glace carbonique de PanGas pour les vignerons

Refroidissement des moûts – macération à froid



ICEBITZZZ™ 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

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

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

www.gaud-bouchons.ch

Collection La Vigne

Le volume 3 Maladies virales et bactériennes paraîtra en juillet 2019

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

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



Parution: juillet 2019

JEAN-SEBASTIEN REYNARD
SANTIAGO SCHAERER
KATIA GINDRO
OLIVIER VIRET

Souscription
jusqu'au 19 juillet 2019:
rabais de 15%

PRIX

Prix CHF 70.- / dès 10 ex. CHF 67.- / Ecoles CHF 63.-
(TVA incluse, frais de port non compris)

COMMANDES

Site internet: www.revuevitiarbohorti.ch
E-mail: info@revuevitiarbohorti.ch
Téléphone: +41 21 614 04 77
Courrier: AMTRA, avenue des Jordils 5, 1006 Lausanne

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

YVES MARTIN

PÉPINIÈRE VITICOLE

www.chamoson.ch/pepiniere-martin
e-mail pepiniere-martin@bluwin.ch

Le transfert des connaissances

La branche vitivinicole suisse doit répondre à de nombreux défis. Les attentes sociétales pour une production plus durable, les difficultés économiques rencontrées par les producteurs, l'avenir des vignobles peu ou pas mécanisables ainsi que les impacts du changement climatique sont au cœur des enjeux de demain. Trois acteurs, qui interagissent dans l'échange des connaissances et l'acquisition des compétences en viticulture, sont présentés. La formation supérieure de l'œnologue s'est continuellement adaptée aux nouvelles contraintes. Hormis ses compétences techniques, théoriques et pratiques dans les domaines de la viticulture et de l'œnologie, l'œnologue dispose de compétences dans la gestion d'entreprise et le marketing, lui donnant les outils nécessaires pour relever les défis actuels et futurs. La mise en pratique des résultats de la recherche Agroscope nécessite un transfert des connaissances. Cette mission est du ressort d'Agridea, la centrale suisse de vulgarisation. De par sa proximité avec le praticien, elle informe sur des éléments concrets de production. Les organisations professionnelles sont regroupées sous la bannière de Vitiswiss, la Fédération suisse pour le développement d'une vitiviculture durable. Ses efforts ont conduit à une large diffusion de la production intégrée et près de la totalité du vignoble suisse est conduit selon les exigences des prestations écologiques requises (PER).

Acquisition et échange de connaissances dans la branche vitivinicole suisse



Etudiants en formation.

Résumé ■ L'acquisition et l'échange de connaissances dans la branche vitivinicole suisse repose sur la recherche, la formation, la vulgarisation, l'administration et les organisations professionnelles. Cet article présente les synergies qui unissent ces divers acteurs. La formation suisse aux métiers de la vigne et du vin et le rôle de l'Ecole de Changins constitue un pilier central de ce système. Appuyées, entre autres, par Agridea, la centrale suisse de vulgarisation, les organisations professionnelles regroupées sous la bannière de Vitiswiss participent également activement à la diffusion d'une vitiviniculture durable et adaptée aux défis à venir.

Acquisition et échange de connaissances

En Suisse, de très nombreux acteurs interagissent dans l'échange de connaissances et l'acquisition de compétences en viticulture. La recherche, la formation, la vulgarisation, l'administration et les organisations professionnelles fonctionnent à l'échelle cantonale et à l'échelle suisse. La Confédération finance le centre de recherche agronomique Agroscope, qui dispose de compétences pointues, notamment en matière de sélection de cépages, d'études de systèmes de production et de protection phytosanitaire. L'institut pour la recherche en agriculture biologique FiBL étudie et développe aussi des parcours cultureux et les cantons viticoles gèrent des domaines expérimentaux de recherche appliquée aux conditions locales. La formation initiale est assurée par quatre écoles d'agriculture. Diverses formations supérieures sont offertes (diplômes professionnels, Bachelors, Masters).

La vulgarisation relève des cantons, qui ont développé diverses formes de travaux: collaborations intercantionales, délégation à des organisations professionnelles et prestations fournies directement par leurs soins. La Confédération soutient Agridea pour la coordination de la vulgarisation et le dévelop-

pement de solutions communes. Vitiswiss est la principale organisation technique de producteurs.

La recherche en commun de solutions, une longue tradition

Grâce à l'esprit visionnaire de certains pionniers, la recherche de solutions entre producteurs, scientifiques et vulgarisateurs a une longue tradition en Suisse. Elle a permis, dès les années 70, le développement de la production intégrée. La *Revue suisse de Viticulture, Horticulture et Arboriculture* a été créée sur cette base pour mettre en valeur les résultats de la recherche agronomique. Les organisations de producteurs jouent également un rôle très important: elles font part de leurs besoins, testent elles-mêmes certaines solutions et participent à des projets. Les nombreuses firmes suisses actives dans le domaine de la protection des plantes génèrent et diffusent également des connaissances de pointe. La taille restreinte de la Suisse permet des échanges personnels intenses entre toutes les parties prenantes. Pour formaliser ces collaborations, un forum annuel rassemble tous les intervenants du secteur sur une problématique commune définie en fonction des besoins. Ce forum offre l'occasion de partager les expériences, d'établir des stratégies et de développer de nouveaux projets.

La formation des métiers de la vigne et du vin

L'organisation de la formation professionnelle a mis du temps à s'installer. Dès 1750, les sociétés d'agriculture ont joué un rôle important pour aboutir à la fondation des premières écoles d'agriculture au début du XX^e siècle. Fondée en 1948, l'École supérieure de viticulture et œnologie de Montagibert (Lausanne) répond à un besoin quant à l'amélioration de la formation supérieure. Elle déménage à Changins (Nyon) en 1975, demeurant ainsi toujours étroitement liée à la Station fédérale de recherches agronomiques (aujourd'hui Agroscope).

Les formations supérieures aujourd'hui

Au niveau supérieur, l'enseignement se subdivise en deux voies (fig. 1). La première se déroule dans les écoles supérieures (ES), à Changins pour la Suisse latine et à Wädenswil (ZH) pour la Suisse alémanique. Elle conduit au titre de technicien vitivinicole diplômé ES. L'École de Changins prépare également au brevet fédéral et à la maîtrise fédérale de viticulteur ou de caviste. La seconde voie qui prépare au Bachelor et au Master est dispensée par les hautes écoles spécialisées (HES). Ces formations HES sont dispensées uniquement à Changins pour l'ensemble de la Suisse, sous le chapeau

de la HES-SO (Haute Ecole spécialisée de Suisse occidentale). Il n'existe à ce jour pas de cursus universitaire pour ces orientations. Une des caractéristiques fondamentales du système HES réside dans la mission de recherche appliquée et de prestations au service du secteur économique concerné. La Haute Ecole de Changins concrétise ces deux missions par la collaboration avec Agroscope et par une proximité accrue avec le secteur vitivinicole.

Descriptif des formations supérieures

Le technicien vitivinicole diplômé ES maîtrise la production et la commercialisation des vins, ainsi que la gestion d'une petite entreprise. Viticulteur-encaveur, il est en mesure d'analyser son entreprise et d'en définir la stratégie. Le titulaire du brevet fédéral de viticulteur dispose de compétences pour gérer une exploitation viticole ou les vignobles d'un grand domaine. Il en va de même pour le titulaire du brevet fédéral de caviste dans le secteur de l'encavage, de la vinification et de la mise en marché. La maîtrise fédérale permet à son titulaire d'acquérir une autonomie dans la conduite d'exploitation. Le titulaire d'un Bachelor of Science HES-SO en viticulture et œnologie se distingue par ses compétences techniques, théoriques et pratiques de haut niveau dans les domaines

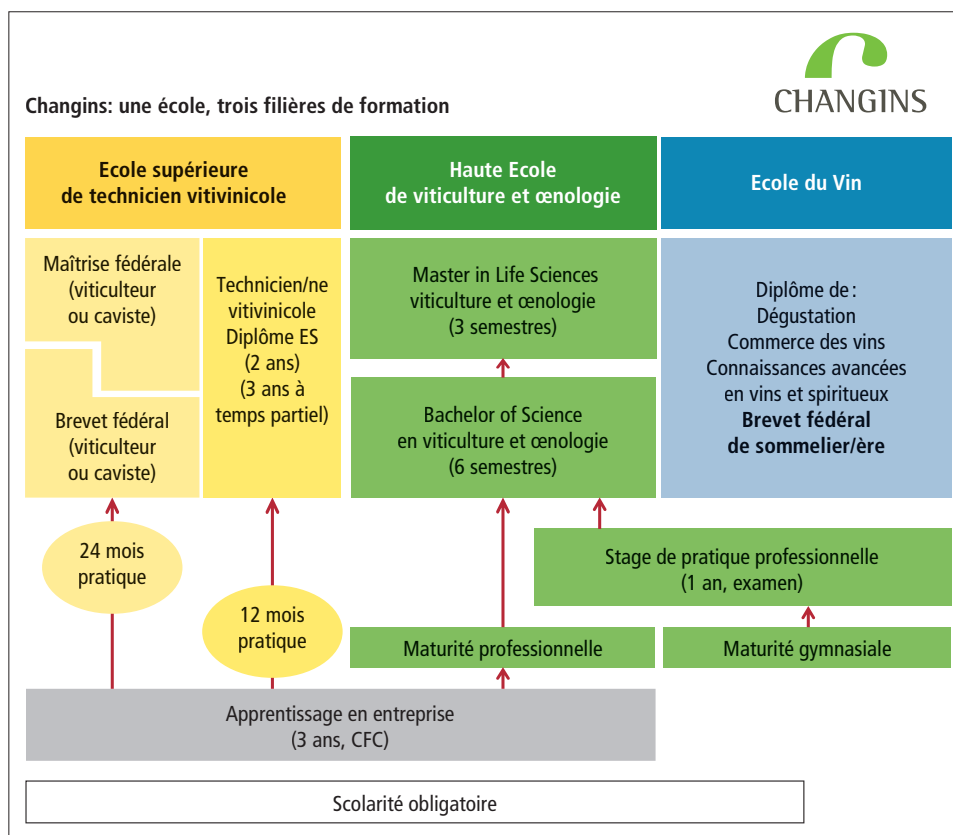


Figure 1 | Voies de formation en viticulture et œnologie en Suisse.

de la viticulture, de l'œnologie et de la gestion d'entreprise. Il établit une stratégie d'entreprise en intégrant des aspects liés à la législation, à l'économie, à la politique agricole, ainsi qu'à la concurrence et au marketing. Il peut porter le titre d'œnologue, conformément aux résolutions de l'Organisation internationale de la vigne et du vin (OIV). La filière Master en viticulture et œnologie permet d'acquérir des compétences encore plus pointues dans les domaines technico-scientifiques et apporte au diplômé des aptitudes concrètes en innovation, leadership, communication et entrepreneuriat.

Un bilan réjouissant

L'éventail des formations proposées s'est considérablement diversifié au fil des années. Un des atouts majeurs de cette diversité repose sur sa stratification: le niveau de base avec les formations initiales, le niveau intermédiaire avec l'école supérieure, les brevets fédéraux et les maîtrises fédérales, puis le niveau haute école avec le Bachelor et le Master HES. L'enseignement qui y est prodigué est reconnu bien au-delà des frontières helvétiques, puisqu'il séduit de plus en plus de candidats provenant de tous les continents. Cette attractivité internationale repose essentiellement sur deux facteurs: la combinaison des domaines d'enseignement «viticulture» et «œnologie» dans le même cursus de formation en haute école, plutôt rare à l'étranger, et la focalisation concrète et pratique des formations HES offertes en Suisse. Durant les quarante dernières années, le nombre de diplômés de niveau ingénieur (ou Bachelor) a plus que doublé, pour atteindre une moyenne actuelle de 15 à 20 diplômés par an. L'évolution est inverse pour le niveau intermédiaire. La représentativité féminine s'est considérablement accrue. L'ES accueille ainsi environ 20% de femmes à ce jour et,



Figure 2 | Agridea édite de nombreux documents techniques accessibles en ligne sur son site www.agridea.ch.

dès 2010, la parité a été atteinte au niveau HES. Un système de formation aussi qualitatif et diversifié permet de perpétuer un haut niveau de professionnalisme dans les métiers de la vigne et du vin.

Agridea, la centrale de vulgarisation

La centrale de vulgarisation Agridea est une association qui réunit les cantons ainsi que plusieurs organisations professionnelles agricoles. Agridea bénéficie d'une subvention de l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) pour développer la vulgarisation et coordonner les activités de conseil. Elle intervient donc en appui aux services de vulgarisation cantonaux qui déploient leurs activités auprès des producteurs. Agridea édite deux classeurs de fiches techniques destinés aux professionnels de la vigne et du vin (fig. 2). Pour chacun de ces documents, Agridea gère un groupe de travail composé de conseillers, d'enseignants et de chercheurs, pour en définir les thèmes et contenus. Ce groupe de travail permet également l'échange technique d'observations et d'actualités entre conseillers. Les fiches servent aussi de lien entre les bonnes pratiques viticoles et œnologiques, les cahiers des charges des labels et les exigences légales et administratives. Avec une mise à jour annuelle, ces documents maintiennent leur actualité de référence technique.

Des réseaux d'innovation et d'échange

Agridea gère également un réseau d'exploitations réparties sur tout le territoire, qui sert de base à diverses études technico-économiques. Il est ainsi possible de chiffrer les avantages et coûts de nouvelles techniques et pratiques culturelles.

Agridea s'implique aussi dans de nombreux projets, notamment en lien avec la protection des plantes et des eaux. Avec les conseillers et les viticulteurs concernés, elle développe des concepts qui assurent une bonne protection de la vigne tout en préservant la qualité des eaux. La mise en commun des ressources et des acteurs et la maîtrise des techniques d'animation sont des facteurs clés de l'innovation et du développement tant au niveau de l'exploitation qu'à un niveau collectif.

Vitiswiss, des professionnels engagés pour le développement durable

Vitiswiss, la Fédération suisse pour le développement d'une vitiviculture durable, est née en 1993 suite à la volonté de six associations régionales de viticulteurs (fig. 3) de promouvoir la production intégrée définie

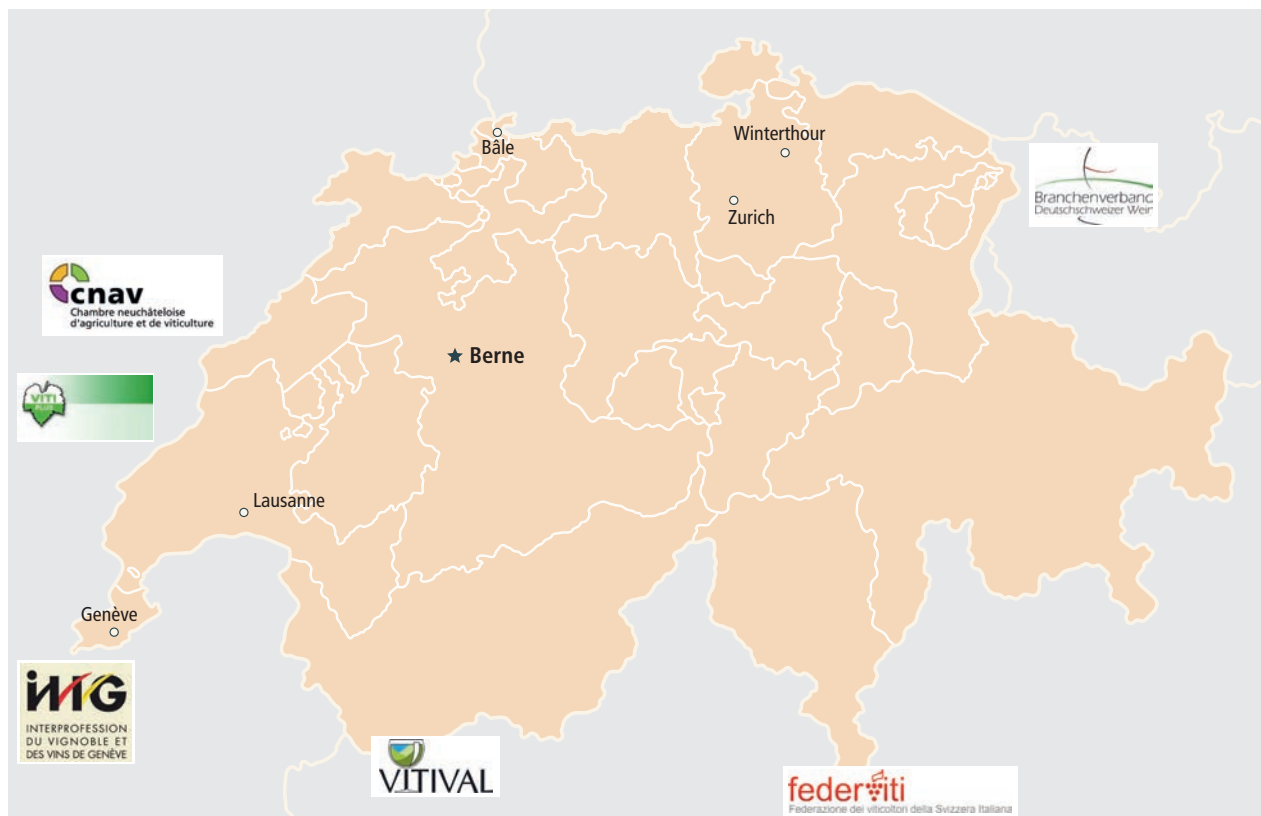


Figure 3 | Vitiswiss est composée de six associations régionales couvrant toutes les régions viticoles de la Suisse.

par l'Organisation internationale de lutte biologique et intégrée (OILB). Dès sa création, Vitiswiss a élaboré des lignes directrices, assuré des contrôles réguliers et attribué un certificat aux membres respectant les exigences de base et le label Vinatura aux vins issus de cette production. En 1998, les directives de Vitiswiss ont été presque totalement reprises par l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) comme base des prestations écologiques requises (PER), donnant droit à des contributions financières de l'Etat. Actuellement, près de 95% des surfaces viticoles suisses sont cultivées selon les PER et ces dernières constituent toujours la première étape vers l'obtention du label Vinatura. Depuis 2014, Vitiswiss a intégré les principes du développement durable, et ce, tant au niveau de la production de raisin qu'à celui de la vinification. Actuellement, 35% des surfaces suisses répondent aux exigences du certificat Vitiswiss.

Certificat Vitiswiss et label Vinatura DD

Les professionnels désireux d'intégrer la démarche de durabilité proposée par Vitiswiss doivent remplir les conditions PER et s'engagent, par la signature de la charte Développement durable, à respecter les engagements de Vitiswiss pour une vitiviniculture durable.

La charte est complétée par un catalogue d'exigences relatives à la production de raisin, à la cave et à l'entreprise. Ces exigences sont réparties au travers de thématiques économiques, environnementales et sociétales. Chaque exploitant doit remplir l'ensemble des prérequis fixés pour la vigne, la cave et l'entreprise. Il devra en outre choisir au moins une mesure durable par secteur et la mettre en œuvre dans un délai de deux à six ans. Ensuite, le vin peut être soumis à une commission de dégustation en vue d'obtenir le label Vinatura DD (fig. 4 et 5).

Activités et projets

Le comité de Vitiswiss, composé de six membres des régions, tous professionnels, est épaulé par un secrétaire et par deux commissions techniques (viticole et œnologique). Ces dernières comprennent des représentants de la recherche, de l'enseignement, de la vulgarisation, des cantons et de la profession. Elles sont chargées d'élaborer les directives de l'association. Cette structure permet une mise à jour régulière des catalogues d'exigences et assure une intégration progressive et concertée des derniers résultats de la recherche et des innovations techniques vers la pratique. Au niveau national, les exigences de Vitiswiss

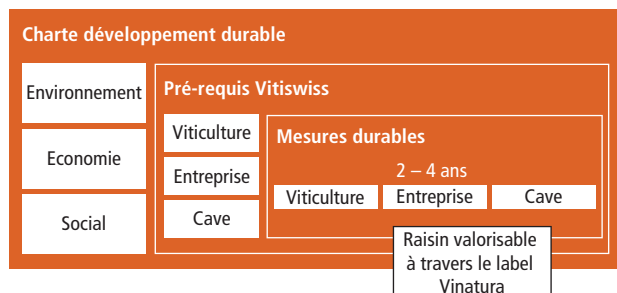


Figure 4 | Représentation schématique des diverses exigences spécifiques de Vitiswiss s’ajoutant aux prestations écologiques requises. Les vins issus du raisin produit selon ce schéma peuvent ensuite être soumis à la dégustation afin d’obtenir le label Vinatura DD. L’ensemble du processus est contrôlé par des organismes accrédités.



Figure 5 | Le label Vinatura DD garantit au consommateur que le produit a été élaboré dans le respect des principes fondamentaux du développement durable.

ont notamment contribué au développement de la lutte biologique contre les acariens et à la diffusion de la lutte par confusion sexuelle contre le ver de la grappe. Elles ont également permis une réduction de l’usage du cuivre en fixant la limite à 3 kg/ha par année. Avec les catalogues cave et entreprise, Vitiswiss sensibilise le monde viticole à une consommation réfléchie d’eau, d’électricité et de combustibles. Des documents utiles et pratiques, concernant par exemple l’hygiène sur l’exploitation, la sécurité et la prévention des accidents au travail, les numéros d’urgence, etc., sont également disponibles sur le site internet Vitiswiss.ch. Au niveau régional, les associations organisent des rencontres techniques, des activités de groupes, des contrôles de ravageurs et/ou de maladies (fig. 6). Elles sont également le moteur de projets innovants, comme Vitisol, en Valais, pour une exploitation durable des sols viticoles en zone sèche (diminution des herbicides, amélioration des propriétés physiques et de l’activité biologique des sols) (fig. 7). Les efforts déployés par Vitiswiss ont conduit à une large diffusion de la production intégrée, perçue aujourd’hui par le grand public comme «production conventionnelle». Ce



Figure 6 | La formation continue est une préoccupation majeure des diverses associations régionales membres de Vitiswiss (photo Vitiplus).



Figure 7 | L'enherbement des interlignes avec des espèces peu concurrentielles fait partie des mesures proposées dans le cadre du projet Vitol.

dévoïement est le fruit d'un manque de communication. Bien qu'en 2018, le nombre de bouteilles labellisées «Vinatura Développement durable» a représenté 8319 hl, ce résultat ne permet pas de soutenir une communication à large échelle. Il s'agirait de tout mettre en œuvre afin que le label gagne une meilleure visibilité, ce qui permettrait d'améliorer grandement la communication et la prise de conscience par le grand public des efforts fournis par ce mode de production.

Les défis futurs visent à renforcer la visibilité de Vitiswiss et revaloriser le travail effectué en se rapprochant de filières de production, distribution et communication plus adaptées (par exemple IP-Suisse). Vitiswiss souhaite poursuivre son rôle de locomotive d'une production viticole durable en pilotant divers projets d'envergure, notamment sur les résidus et la réduction d'utilisation des intrants.

Défis et perspectives

De nombreux défis se posent à la branche vitivinicole suisse. Les attentes sociétales pour une production encore plus durable, les difficultés économiques ren-

contrées par les producteurs, l'avenir du vignoble pas ou peu mécanisable et les impacts du changement climatique sont au cœur des enjeux de demain. Pour les relever, la volonté, la collaboration et la confiance sont essentielles. La mise à disposition de canaux et d'instruments faciles d'utilisation pour monter et financer des projets innovants et la formation de diplômés, notamment au niveau supérieur, disposant de compétences accrues en entrepreneuriat permettront de développer des réponses adaptées aux défis à venir. ■

Conrad BRIGUET¹, Philippe DROZ² et Christian LINDER³

¹ Changins, Haute Ecole de viticulture et œnologie, 1260 Nyon, Suisse

² Agridea, 1001 Lausanne, Suisse

³ Agroscope, 1260 Nyon, Suisse

Renseignements: Conrad Briguet, tél. +41 22 363 40 69,

e-mail: conrad.briguet@changins.ch, www.changins.ch

Philippe Droz, tél. +41 21 619 44 33, e-mail: philippe.droz@agridea.ch, www.agridea.ch

Christian Linder, tél. +41 58 460 43 89,

e-mail: christian.linder@agroscope.admin.ch, www.agrosocpe.ch



Page 154

Historique et évolution de la recherche viticole en Suisse

AUTEURS | Olivier VIRET et Jean-Laurent SPRING

■ Summary

Background and Development of Viticulture Research in Switzerland

The great plant-health crisis of the late 19th century prompted Swiss political authorities to take measures to halt the loss of vineyard acreage. This led to the creation by the canton of Vaud of the first viticulture test facility in French-speaking Switzerland, in 1886 in the Lausanne district. Until the end of the 19th century, the activities of the Lausanne viticulture research station were closely linked to plant-health problems. Over the subsequent decades, research concerns expanded, cantonal research stations became federal research stations, and the number of sites increased. Since the 1970s, and thanks to Swiss agricultural research, the concept of integrated production has been expanding, thus ensuring the sustainability of viticulture through attention to environmental, economic and social factors.

■ Zusammenfassung

Geschichte und Entwicklung der Weinbauforschung in der Schweiz

Die grosse Krise des Pflanzenschutzes Ende des 19. Jahrhunderts veranlasste die politischen Instanzen in der Schweiz, Massnahmen zu ergreifen, um den Verlust von Rebflächen zu stoppen. So gründete der Kanton Waadt 1886 das erste Versuchszentrum für Weinbau in der Region Lausanne. Bis Ende des 19. Jahrhunderts waren die Tätigkeiten des Versuchszentrums in Lausanne eng mit dem Thema Pflanzenschutz verbunden. In den darauffolgenden Jahrzehnten intensivierten sich die Forschungsanstrengungen, die kantonalen Zentren entwickelten sich zu Eidgenössischen Forschungsanstalten und die Anzahl der Standorte nahm zu. Seit den 1970er Jahren wurde dank der Schweizer Agrarforschung das Konzept der integrierten Produktion entwickelt und ermöglicht die Nachhaltigkeit des Rebbaus unter Berücksichtigung ökologischer, wirtschaftlicher und sozialer Faktoren.



Page 160

Agrometeo: plateforme de prévision des risques phytosanitaires

AUTEURS | Pierre-Henri DUBUIS et Anne-Lise FABRE

■ Summary

Agrometeo: phytosanitary risk forecasting platform

The collaboration of two research institutes – viz., Agroscope, and the State Institute of Viticulture and Oenology Freiburg in Breisgau, Germany – with GEOsens GmbH, a private German company specialising in the development of computer software, has yielded VitiMeteo forecasting models for the main vine fungal and pest diseases. These models are based on scientific knowledge of the biology of these organisms in relation to the determining meteorological factors. In Switzerland, these VitiMeteo models are incorporated in Agrometeo, a platform which combines decision-making tools with information enabling better plant-protection management in agriculture..

■ Zusammenfassung

Agrometeo: Plattform für die Prognose von Pflanzenschutzrisiken

Im Rahmen der Zusammenarbeit von Agroscope und dem Weinbauinstitut in Freiburg im Breisgau mit der deutschen IT-Entwicklungsfirma Geosens wurden die Prognosesysteme VitiMeteo entwickelt für die Voraussage der wichtigsten Pilzkrankheiten und Schädlinge der Rebe. Diese basieren auf wissenschaftlichen Erkenntnissen zur Biologie dieser Organismen in Bezug auf meteorologische Einflussfaktoren. In der Schweiz sind die VitiMeteo-Modelle in Agrometeo integriert – einer Plattform, die Entscheidungshilfen und Informationen für ein besseres Management der Pflanzenschutzstrategien in der Landwirtschaft zur Verfügung stellt.



Page 162

Les ravageurs de la vigne, état des lieux et enjeux futurs

AUTEURS | Patrik KEHRLI et Christian LINDER

■ Summary

Pests of grapevines, state of the art and future challenges

Integrated pest management is practiced on nearly the totality of the Swiss vineyard. It is founded on prophylactic measures as well as sustainable methods such as biological and biotechnical control. The use of selective products respecting beneficials as well as the deployment of mating disruption against the two grapevine moths allowed to restrict the application of insecticides to rare and punctual occasions. However, new challenges, such as the emergence of exotic pests, jeopardize this fragile natural equilibrium and science has to find novel sustainable solutions.

■ Zusammenfassung

Rebschädlinge, Wissensstand und zukünftige Herausforderungen

Die integrierte Bekämpfung wird praktisch auf der gesamten Schweizer Rebfläche praktiziert. Sie basiert weitgehend auf vorbeugenden Massnahmen sowie dem Einsatz nachhaltiger Methoden wie die biologische und biotechnische Schädlingsbekämpfung. Die Verwendung von nützlingsschonenden Produkten und der Einsatz der Verwirrungstechnik gegen die beiden Traubenwickler haben die Anwendung von Insektiziden auf seltene, punktuelle Situation begrenzt. Neue Herausforderungen, wie das Auftreten exotischer Schädlinge, gefährden jedoch dieses fragile natürliche Gleichgewicht und es ist Aufgabe der Forschung, neue nachhaltige Lösungen zu finden.



Page 164

Fongicides alternatifs: développement, contraintes et perspectives

AUTEURS | Katia GINDRO, Pierre-Henri DUBUIS et Sylvain SCHNEE

■ Summary

Alternative fungicides: development, constraints and prospects

The exploration and discovery of natural fungicides, derived from plants or fungi, are an integral part of Agroscope's challenges. Several projects, initiated in 2006, are supported by external funding from private partnerships, government research funds and producer groups. However, the challenges facing this type of research are multiple: to offer products with sufficient efficacy maintained over an adequate period of time, a reasonable impact on the environment and a competitive cost price. This article provides an overview of the constraints and prospects for the development of alternative fungicides in viticulture.

■ Zusammenfassung

Alternative Fungizide: Entwicklung, Beschränkungen und Perspektiven

Die Erforschung und Entdeckung von natürlichen Fungiziden, die aus Pflanzen oder Pilzen stammen, sind ein wesentlicher Bestandteil der Herausforderungen von Agroscope. Mehrere Projekte, die seit 2006 initiiert wurden, werden durch Drittmittel aus privaten Partnern, staatlichen Forschungsmitteln und Produzentenverbänden unterstützt. Die Herausforderungen für diese Forschungsarbeiten sind jedoch vielschichtig: Produkte mit ausreichender Wirksamkeit über einen angemessenen Zeithorizont, moderate Umweltauswirkungen und wettbewerbsfähige Gestehungskosten anzubieten. Dieser Artikel gibt einen Überblick über die Beschränkungen und Perspektiven für die Entwicklung alternativer Fungizide im Weinbau.



Page 168

Virus, bactéries et phytoplasmes de la vigne

AUTEURS | Jean-Sébastien REYNARD et Santiago SCHAERER

■ Summary

Viruses, Bacteria and Phytoplasmas of the Vine

Viruses, bacteria and phytoplasmas cause diseases which we have no direct means of controlling in the vineyard. The fact is, we do not have any active curative substances without a negative impact on the vine, humans and the environment. Although only some of these diseases are transmissible from vine to vine by insect vectors, they can all be transmitted via the multiplication material (plant, graft, rootstock).

Owing to their hazardousness and contagiousness, certain diseases are regulated by law (ordinances on plant health and multiplication material) as part of compulsory control (quarantine) or selection (certification). Indeed, certain diseases transmitted by natural insect vectors or introduced into vineyards, such as flavescence dorée (phytoplasma), Pierce's disease (bacterium), and certain leaf-roll diseases (virus), can be epidemic. The serious and irreversible consequences – both qualitative and quantitative – for harvests and the health of vineyards, are such as to jeopardise the sustainability of the latter. The only available means for curbing or, ideally, eradicating these diseases are prophylactic control methods. For this reason, symptomatology (recognition) and laboratory analyses (confirmation) play an essential role in the detection of these diseases.

■ Zusammenfassung

Viren, Bakterien und Phytoplasmen der Rebe

Viren, Bakterien und Phytoplasmen verursachen Reberkrankheiten, die nicht direkt bekämpft werden können. Es existieren keine Wirkstoffe, die keine negativen Auswirkungen auf die Rebe, den Menschen und die Umwelt haben. Bestimmte Krankheiten können durch Vektorinsekten von Rebe zu Rebe übertragen werden. Alle Krankheiten werden jedoch via Vermehrungsmaterial (Pflanzmaterial, Edelreiser, Unterlage) übertragen.

Aufgrund deren Gefährlichkeit und Ansteckungsgefahr ist der Umgang mit bestimmten Krankheiten gesetzlich geregelt (Pflanzengesundheits- und Vermehrungsmaterial-Verordnungen) oder erfolgt im Rahmen der obligatorischen Bekämpfung (Quarantäne) oder durch die sorgfältige Auslese des Pflanzguts (Zertifizierung). Einige via natürliche Vektorinsekten übertragene oder in den Rebberg eingeführte Krankheiten können sich epidemisch verbreiten wie zum Beispiel die Goldgelbe Vergilbung (Phytoplasma), die Pierce'sche Krankheit (Bakterium) oder bestimmte Blattrollkrankheiten (Virus). Diese haben gravierende und nicht reversible Konsequenzen auf die Qualität und die Quantität der Ernte, die Gesundheit der Rebberge wie auch auf die Lebensdauer der Reben. Das einzige Mittel zur Eindämmung oder sogar Ausrottung dieser Krankheiten ist die prophylaktische Bekämpfung. Dabei spielen Symptomerkenkung und Laboranalysen eine entscheidende Rolle bei der Erkennung dieser Krankheiten.



Page 173

Les herbicides font l'objet de critiques

AUTEURS | Christian BOHREN, Aurélie GFELLER, Matteo MOTA, Frédéric LAMY et Yves BLONDEL

■ Summary

Herbicides under fire

Root herbicides have been used for decades in viticulture. Currently, they are being replaced by less persistent foliar herbicides. Nevertheless, society questions even their limited use owing to the residues they leave and their negative effects on biodiversity. Agroscope and the Changins University of Applied Sciences are promoting research that proposes alternatives to herbicides in the management of vineyard flora, allowing wine growers to develop alternative methods.

■ Zusammenfassung

Herbizide unter Beschuss

Im Weinbau wurden über Jahrzehnte Wurzelherbizide eingesetzt, die heutzutage durch weniger persistente Blattherbizide ersetzt werden. Die Gesellschaft stellt jedoch auch deren Einsatz in Frage aufgrund der Rückstände und negativen Auswirkungen auf die Biodiversität. Agroscope und die Fachhochschule Changins fördern die Forschung zum Umgang mit der Flora von Reben, indem Alternativen zu Herbiziden vorgeschlagen werden, die es den Rebbauern ermöglichen, alternative Methoden zu entwickeln.



Page 178

Sauvegarde de la biodiversité et sélection clonale des variétés traditionnelles et autochtones suisses à Agroscope

AUTEURS | Jean-Laurent SPRING, Vivian ZUFFEREY, Thibaut VERDENAL, Fabrice LORENZINI, Katia GINDRO, Gilles BOURDIN, Christophe CARLEN, Christophe SCHNEIDER, Didier MERDINOGLU et Olivier VIRET

■ Summary

Preserving the Biodiversity and Clonal Breeding of Traditional and Indigenous Swiss Grape Varieties at Agroscope

Swiss winegrowers have access to an extremely varied vine population encompassing numerous traditional and indigenous grape varieties. In order to preserve the clonal biodiversity of the most important varieties, Agroscope has been conducting studies on old vines since 1923 in partnership with the cantons. So far, 1700 clones of 23 different grape varieties have been added to the clone collection. Clones of particular agronomic and oenological interest have been bred on this basis. The 67 clones of 35 grape varieties as well as three rootstock clones are currently distributed by the Swiss certification system. The national ampelographic collection in Pully comprises over 600 accessions, and serves as a genetic basis for variety breeding, as a collection for the study of new introductions, and as a storage site for preserving rare and threatened varieties.

■ Zusammenfassung

Erhaltung der Biodiversität und Klonzüchtung von traditionellen und autochthonen Schweizer Rebsorten durch Agroscope

In der Schweiz verfügt der Weinbau über einen sehr vielfältigen Sortenbestand, der zahlreiche traditionelle und autochthone Rebsorten umfasst. Zur Erhaltung der Klon-Biodiversität der wichtigsten Sorten führt Agroscope seit 1923 in Zusammenarbeit mit den Kantonen Untersuchungen an alten Rebstöcken durch. 1700 Klone von 23 verschiedenen Rebsorten konnten so schon in Klonensammlung aufgenommen werden. Auf dieser Grundlage wurden agronomisch und önologisch besonders interessante Klone gezüchtet. Diese werden derzeit im Rahmen der Schweizer Zertifizierung vertrieben. Es handelt sich um 67 Klone von 35 Rebsorten sowie 3 Klone von Unterlagen. Die nationale ampelografische Sammlung in Pully umfasst mehr als 600 Akzessionen und dient als genetische Grundlage für die Sortenzüchtung, als Sammlung zur Untersuchung von Neuaufnahmen sowie als Lagerungsort für die Erhaltung von seltenen oder bedrohten Sorten. .



Innovation variétale au service d'une viticulture durable

AUTEURS | Jean-Laurent SPRING, Jean-Sébastien REYNARD, Fabrice LORENZINI, Gilles BOURDIN, Olivier VIRET, Guillaume FAVRE, Paul-Maurice BURRIN et Christoph CARLEN

■ Summary

Innovative varieties for sustainable viticulture

By developing grape varieties that are resistant to the main fungal diseases, the use of plant-protection products in viticulture can be considerably reduced. Since 1965, Agroscope has been developing new grape varieties that are resistant to Botrytis bunch rot (*Botrytis cinerea*), such as Gamaret. In 2018, these new resistant varieties occupied 915 ha in Swiss vineyards (accounting for 10% of the area planted with red-grape varieties). In 1996, a new programme for breeding varieties resistant to grapevine downy mildew (*Plasmopara viticola*) and powdery mildew (*Erysiphe necator*) was launched. In the first instance, resistance breeding was carried out using biochemical markers (stilbenes) synthesised by resistant genotypes in response to the aggression of pathogens (*phytoalexins*). Two grape varieties from this initial phase were approved: Divico (red) in 2013, and Divona (white) in 2018. Their resistance traits and oenological potential have met with great interest. In 2009, a collaborative venture was launched with the INRA in Colmar to breed varieties resistant to the main fungal diseases of the vine by combining different downy mildew- and powdery mildew-resistant genes from the breeding lines of both institutes. The aim is to obtain highly resistant varieties with long-lasting resistance to these pathogens. Initial candidates were established in France and Switzerland in 2018 to assess their agronomic and oenological suitability. Inclusion of the first joint Franco-Swiss acquisitions in the varieties catalogue is envisaged for 2024-2025.

■ Zusammenfassung

Innovative Sorten für einen nachhaltigen Weinbau

Durch die Entwicklung von Rebsorten, die gegen die wichtigsten Pilzkrankheiten resistent sind, kann der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln im Weinbau beträchtlich reduziert werden. Seit 1965 entwickelt Agroscope neue Rebsorten, die gegen Grauschimmel (*Botrytis cinerea*) resistent sind wie z.B. Gamaret. 2018 umfassten diese Sorten 915 ha der Schweizer Weinberge (10% Bestandes an roten Rebsorten). 1996 wurde ein neues Programm zur Züchtung von Resistenzen gegen falschen (*Plasmopara viticola*) und echten (*Erysiphe necator*) Mehltau lanciert. In einem ersten Schritt erfolgte die Resistenzzüchtung durch biochemische Marker (Stilben), die mit resistenten Geotypen als Reaktion auf Pathogene (*Phytoalexine*) synthetisiert wurden. In dieser ersten Phase wurden zwei Rebsorten zugelassen: Divico (rot) im Jahr 2013 und Divona (weiss) im Jahr 2018. Ihre Resistenzeigenschaften und das önologische Potenzial stossen auf grosses Interesse. 2009 wurde eine Zusammenarbeit mit der Inra in Colmar initiiert zur Züchtung von resistenten Sorten gegen die wichtigsten Pilzkrankheiten der Rebe mit verschiedenen kombinierten Resistenzgenen gegen echten und falschen Mehltau aus den Züchtungslinien der beiden Institute. Das Ziel ist es, hochresistente Sorten zu erhalten, die dauerhaft resistent sind gegen diese Erreger. Die ersten Kandidaten wurden 2018 in der Schweiz und in Frankreich eingepflanzt zur Evaluation der agronomischen und önologischen Eigenschaften. Eine Aufnahme der ersten gemeinsamen französisch-schweizerischen Sorten in den Sortenkatalog ist für 2024 -25 geplant.



Page 190

Indicateurs du statut hydrique de la vigne

AUTEURS | Vivian ZUFFEREY, Thibaut VERDENAL
et Jean-Laurent SPRING

■ Summary

Vine water status indicators

The most relevant indicators of vine water status are based on observation of the plant (vegetative growth, symptoms on leaves) and leaf water potential measurements using a Scholander pressure chamber. The latter technique allows us to estimate the force with which the crude sap is retained in the leaves. The sap under tension is directly linked to vine water supply levels, which depend on both soil water reserves and atmospheric evaporative demand. The water potential measurement therefore indicates vine water status and the intensity of the constraint. Using the pressure chamber at the vineyard is a simple and relatively quick process. Among other things, the pressure chamber is a decision-support tool for managing irrigation. The other physiological indicators such as carbon isotopic composition, dendrometry, foliar gas exchange measurement and sap flows are a matter for research. It should be noted that developing water-balance models still represents a challenge for vineyards on steep slopes.

■ Zusammenfassung

Indikatoren für die Wasserversorgung der Rebe

Die wichtigsten Indikatoren für den Wasserhaushalt der Rebe basieren auf Beobachtungen der Pflanze (vegetatives Wachstum, Symptome an den Blättern) und der Messung des Wasserpotenzials der Blätter mit Hilfe der Scholander-Druckkammer. Anhand dieser Methode kann die Kraft geschätzt werden, welche den Pflanzensaft in den Blättern zurückhält. Die Spannung im Pflanzensaft hängt direkt mit der Wasserversorgung der Rebe zusammen, die wiederum von der Wasserreserve im Boden und dem Verdunstungsbedarf der Luft bestimmt wird. Die Messung des Wasserpotentials zeigt somit den Wasserhaushalt der Rebe und die Stressintensität. Die Druckkammer kann im Rebberg einfach und relativ schnell eingesetzt werden und dient als Entscheidungshilfe für die Steuerung der Bewässerung. Andere physiologische Indikatoren wie die Isotopen-Zusammensetzung des Kohlenstoffs, die Dendrometrie, die Messung des Blattgasaustauschs und der Pflanzensaft-Flüsse dienen eher zu Forschungszwecken. Für steil abfallende Rebberge ist die Entwicklung von Modellen für den Wasserhaushalt noch schwierig.



Acquisition et échange de connaissances dans la branche vitivinicole suisse

AUTEURS | Conrad BRIGUET, Philippe DROZ et Christian LINDER

■ Summary

Acquisition and exchange of knowledge in the Swiss wine sector

The acquisition and exchange of knowledge in the Swiss wine sector is based on research, education, dissemination, administration and professional organisations. This article presents the synergies that unite these various actors. The Swiss education in viticulture and enology professions and the role of the Ecole de Changins is a central pillar of this system. Supported among others by Agridea, the Swiss dissemination center, the professional organisations grouped under the Vitiswiss banner are also actively involved in the propagation of a sustainable wine-growing culture that is adapted to the challenges of the future.

■ Zusammenfassung

Erwerb und Austausch von Wissen im Schweizer Weinsektor

Der Erwerb und der Austausch von Wissen im Schweizer Weinsektor basiert auf Forschung, Ausbildung, Beratung, Verwaltung und Berufsverbänden. Dieser Artikel stellt die Synergien vor, die diese verschiedenen Akteure vereinen. Die schweizerische Ausbildung in den Weinbau- und Weinerzeugungsberufen sowie die Rolle der Ecole de Changins sind eine zentrale Säule dieses Systems. Mit der Unterstützung von unter anderem Agridea, dem Schweizerischen Beratungszentrum, engagieren sich die unter dem Banner von Vitiswiss zusammengeschlossenen Berufsverbände aktiv in der Verbreitung einer nachhaltigen Weinkultur, welche an die Herausforderungen der Zukunft angepasst ist.

Bibliographie

- Baggiolini M., 1990. Production intégrée en Suisse: I. Aperçu historique de la production agricole intégrée. *Bulletin de la Société Entomologique Suisse* **63**, 493-500.
- Baillod M., 1984. Lutte biologique contre les acariens phytophages. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **16** (3), 137-142.
- Bertrand S., Bohni N., Schnee S., Schumpp O., Gindro K. et Wolfender J.-L., 2014. Metabolite induction via microorganism co-culture: a potential way to enhance chemical diversity for drug discovery. *Biotechnology Advances* **32** (6): 1180-1204.
- Charmillot P.-J., 1984. Possibilités et limites de la lutte contre les insectes au moyen d'attractifs sexuels. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **16** (2), 69-74.
- Charmillot P.-J. et Pasquier D., 2000. Vers de la grappe: technique de confusion, lutte classique et dynamique des populations. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **32** (5), 315-320.
- Fahrenttrapp J., Schumacher P., Viret O., Spring J.-L., Burger G., Oppliger B., Hardegger M., 2015. Grapevine germplasm collections of Switzerland. *Vitis* **54**: 259-260.
- Gaudillère J.-P., van Leeuwen C., Ollat N., 2002. Carbon isotope composition of sugars in grapevines, an integrated indicator of vineyard water status. *Journal of Experimental Botany* **53**, 757-763.
- Gindro K., Spring J.-L., Pezet R., Richter H. et Viret O., 2006. Histological and biochemical criteria for objective and early selection of resistant grapevine cultivars resistant to *Plasmopara viticola*. *Vitis* **45** (4), 191-196.
- Gindro K., Spring J.-L., Viret O., 2007. Développement d'outils pour la sélection précoce de cépages résistants au mildiou. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **39** (2), 133-139.
- Gindro K., Alonso-Villaverde V., Voinesco F., Spring J.-L., Viret O., 2010. Rôle déterminant des stilbènes dans la résistance au mildiou de la vigne. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **42** (6), 352-357.
- Gindro K., Alonso-Villaverde V., Voinesco F., Spring J.-L., Viret O., Dubuis P.-H., 2012. Susceptibility to downy mildew in grape clusters: new microscopical and biochemical insights. *Plant Physiology and Biochemistry* **52**: 140-146.
- Gindro K., Spring J.-L. et Viret O., 2013. Mécanismes de défense naturelle de la vigne et sélection de cépages résistants. In: *Les cépages résistants aux maladies cryptogamiques, panorama européen* (Eds. J. Rousseau, S. Chanfreau, E. Bontemps), ouvrage réalisé par l'ICV (institut coopératif du vin): 41-45.
- Gindro K., Schnee S., Righi D., Marcourt L., Voinesco F., Michellod E., Wolfender J.-L. et Queiroz Ferreira E., 2017. Generation of "Unnatural Natural" antifungal stilbenes using the enzymatic secretome of *Botrytis cinerea* Pers.:Fr. *Journal of Natural Products* **80** (4).
- Kehrli P., Pasquier D. et Charmillot P.-J., 2013. 25 years of mating disruption in Switzerland. *IOBC/WPRS Bulletin* **85**, 25-28.
- Kehrli P., Cruchon Y., Stäheli N., Cara C. et Linder C., 2017. *Drosophila suzukii*: un ravageur principal du vignoble? *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **49** (1), 67-69.
- Lebon E., Pellegrino A., Louarn G., Lecoer J., 2006. Branch development controls leaf area dynamics in grapevine (*Vitis vinifera*) growing in drying soil. *Annals of Botany* **98**, 175-185.
- Linder C., Antonin P., Ançay A. et Mittaz C., 1993. Effets secondaires des fongicides antioïdium sur *Typhlodromus pyri* Scheuten en viticulture. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **25**, 315-322.
- Linder C., Kehrli P. et Viret O., 2016. Lutte contre les ravageurs viticoles. *La vigne, Volume 2: Ravageurs et auxiliaires*. AMTRA, Nyon.
- Maigre D., Brugger J.-J., Gugerli P., 2003. Sauvegarde, conservation et valorisation de la diversité génétique de la vigne en Valais (Suisse). *Bulletin de l'OIV* **76**, 230-241.
- Merdinoglu D., Schneider C., Prado E., Wiedemann-Merdinoglu S., Mestre P., 2018. Breeding for durable resistance to downy and powdery mildew in grapevine. *Oenone*, **52** (3): 189-195.
- Pezet R., 1993. La pourriture grise des raisins. Le complexe plante-parasite. *Le Vigneron champenois* **114** (5): 65-83.
- Renaud S., Delorgeril M., 1992. Wine, alcohol, platelets, and the french paradox for coronary heart-disease. *Lancet* **339** (8808): 1523-1526.
- Reynard J.-S., Schaerer S., Gindro K., Viret O., 2019. *La Vigne, Volume 3, Virus, bactéries et phytoplasmes*. Editions AMTRA, Lausanne, 278 p. A paraître en juillet 2019.
- Rodriguez-Lovelace B., Trambouze W., Jacquet O. 2009. Evaluation de l'état de croissance végétative par la méthode des apex. *Progress Agricole et Viticole*, **126** (4), 77-88.
- Rustioni L., Cola G., Magharadze D., Abahidze E., Argiriou A., Aroutiounan R., Brazão J. Chipashvili R., Cocco M., Cornea V., Dejeu L., Eiras Dias J.E., Goryslavets S., Ibañez J., Kocsis L., Lorenzini F., Maletic E., Mamasakhlisashvili L., Margaryan K., Maul E., Mdinardze I., Melyan G., Michailidou S., Molitor D., Montemayor M.I., Muñoz-Organero G., Nebish A., Nemeth G., Nikolau N., Popescu C.F., Preiner D., Raimondi S., Risonannaya V., Savin G., Savvides S., Schneider A., Schwander F., Spring J.-L., Ujmajuridze L., Zioziou E., Failla O., Bacilieri R., 2019. Description of the *Vitis vinifera* L. phenotypic variability in eno-carpological traits by a Euro-Asiatic collaborative network among ampelographic collections. *Vitis* **58**: 37-46.
- Schnee S., 2008. Facteurs de résistance à l'oïdium (*Erysiphe necator* Schwein.) chez la vigne (*Vitis vinifera* L.). Thèse de l'Université de Neuchâtel, Faculté des Sciences.
- Schnee S., Queiroz E. F., Voinesco F., Marcourt L., Dubuis P.-H., Wolfender J.-L. et Gindro K., 2013. *Vitis vinifera* canes, a new source of antifungal compounds against *Plasmopara viticola*, *Erysiphe necator*, and *Botrytis cinerea*. *Journal of Agricultural & Food Chemistry* **61**: 5459-5467.
- Schneider C., 2011. Communication personnelle.
- Schneider C., Onimus C., Prado E., Dumas V., Wiedemann-Merdinoglu S., Dorne M.A., Lacombe M.C., Piron M.C., Umar-Faruk A., Duchêne E., Mestre P., Merdinoglu D., 2018. Inra- ResDur the French grapevine breeding program for durable resistance to downy and powdery mildew. XII International Conference on Grapevine Breeding and Genetics, July 15-20, 2018. Bordeaux (France).
- Scholasch T., 2018. Using sap flow data to improve irrigation in vineyard: a 10 year review. X International Workshop on Sap Flow, *Acta Horticulturae* **1222** (1222):1-4
- Seguin G., 1975. Alimentation en eau de la vigne et composition chimique des moûts dans les Grands Crus du Médoc. Phénomènes de régulation. *Connaissance Vigne Vin* **9**, 23-34.
- 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.* Vol. **41** (2), 103-111.
- Spring J.-L., Viret O., Bloesch B., 2009. Phénologie de la vigne: 84 ans d'observation du Chasselas dans le Bassin lémanique. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **41** (3), 151-155.
- Spring J.-L., Gindro K., Voinesco F., Jermini M., Viret O., 2013. Divico, premier cépage résistant aux principales maladies de la vigne sélectionné par Agroscope. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **45** (5): 292-303.

- Spring J.-L., Zufferey V., Verdenal T., Duruz P., May S., Barmes E., Bailly S., Bonvin Y., Reymond R., Ferretti M., Rigoni R., Rösti J., Lorenzini F., Reynard J.-S., Gindro K., Viret O., 2017. Nouveaux cépages Agroscope: les saveurs du Sud. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **49** (6), 328-336.
- Spring J.-L., Gindro K., Laprand F., Zufferey V., Verdenal T., Rösti J., Amiet L., Lorenzini F., Duruz P., Barmes E., Bailly S., May S., Bonvin Y., Reymond R., Viret O., Carlen C., 2018. Divona, nouveau cépage blanc résistant aux principales maladies de la vigne sélectionné à Agroscope. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **50** (5), 286-297.
- Spring J.-L., et Reynard J.-S., 2019. Sélection clonale d'Agroscope. Catalogue des clones diffusés par la filière de certification Suisse. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **51** (1), 70-74.
- Van Leeuwen C., Trégoat O., Choné X., Bois B., Pernet D., Gaudillère J.-P., 2009. Vine water status is a key factor in grapevine ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? *J. Int. Sci. Vigne Vin* **43** (3), 121-134.
- Zufferey V., Murisier F., 2007. Assessment of plant hydraulics in grapevine on various "terroirs" in the Canton of Vaud (Switzerland). *J. Int. Sci. Vigne Vin* **41** (2), 95-102.
- Zufferey V., Cochard H., Ameglio T., Spring J.-L., Viret O., 2011. Diurnal cycles of embolism formation and repair in petioles of grapevine (*Vitis vinifera* cv. Chasselas). *Journal of Experimental Botany* **62**, 3885-3894.



Vitistar

Formulation spéciale pour vigne

- ✓ Prévient le dessèchement de la rafle
- ✓ Réduit le risque de chlorose et de chute des feuilles
- ✓ Améliore la formation du pollen et la fécondation



Safe N 300

- ✓ Améliore l'indice formol donc la qualité des vins
- 300 g/l N total, dont 49 g/l nitrique, 49 g/l ammoniacal, 147 g/l uréique

Appel gratuit
0800 80 99 60
landor.ch

LANDOR

fenaco société coopérative
Rte de Siviriez 3, 1510 Moudon
Tél. 058 433 66 13
E-mail info@landor.ch

LANDOR

Avec vous,
aujourd'hui et demain
www.landor.ch

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

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



Biosolutions

 **Auralis**

syngenta®

Plus d'informations sous www.syngenta.ch

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