

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

VITICULTURE ARBORICULTURE HORTICULTURE



N O V E M B R E - D É C E M B R E 2 0 1 8 | V O L . 5 0 | N ° 6



Agroscope | Agora | Agridea | AMTRA | CHANGINS

Protection des végétaux Biologie et gestion de la mouche du céleri en production de livèche **Page 332**

Cultures maraîchères Modélisation de la préférence des consommateurs pour les tomates rondes **Page 370**

Actualité Une année viticole 2018 conditionnée par un été chaud et sec **Page 378**



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



Photographie de couverture:
Mouche du céleri (*E. heraclei*)
(Photo Carole Parodi).

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

Préresse

Inédit Publications SA, 1001 Lausanne

Impression

Stutz Medien AG, 8820 Wädenswil

Parution

6 fois par an

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

Tarifs des abonnements

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

Abonnements et commandes

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

Versement

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

Commande de tirés à part

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

Sommaire

Novembre–Décembre | Vol. 50 | N°6

-
- 329 **Editorial**
-
- Protection des végétaux**
- 332 **Biologie et gestion de la mouche du céleri en production de livèche**
Perrine Girard et Serge Fischer
-
- Viticulture**
- 346 **Influence de l'alimentation en eau sur le comportement de la vigne et la qualité des vins de Chasselas**
Bilan d'un essai d'irrigation à Leytron (VS)
Vivian Zufferey, Thibaut Verdenal, Agnes Dienes-Nagy, Sandrine Belcher, Fabrice Lorenzini, Carole Koestel, Johannes Rösti, Katia Gindro, Jorge E. Spangenberg, Olivier Viret et Jean-Laurent Spring
-
- Arboriculture**
- 360 **Résistances durables aux maladies : élargissement de la base génétique lors de la sélection des pommes**
Laura Juliana Dällenbach, Simone Schütz et Markus Kellerhals
-
- Cultures maraîchères**
- 370 **Modélisation de la préférence des consommateurs pour les tomates rondes en Suisse selon la qualité et la texture des fruits**
Cédric Camps, Yannick Fleury et Céline Gilli
-
- Actualités**
- 378 **Une année viticole 2018 conditionnée par un été chaud et sec**
Olivier Viret, Jean-Laurent Spring et Vivian Zufferey
-
- 386 **La page de CHANGINS**

Mieux s'équiper, c'est la clé du succès !



Pressurage nouvelle génération
Pressurage sous gaz inerte

Filtration tangentielle Bourbes et Vins

Tri optique de précision

Eraflage à mouvement
pendulaire

A l'écoute des évolutions du vigneron, Bucher Vaslin développe des solutions de vinification pour plus de performances, de valeur ajoutée et de retour sur investissement.

Nos concessionnaires agréés :

Gigandet SA
1853 Yverne
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 Farner SA
1955 St Pierre de Clages
Tél. 027/305 30 00

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

BUCHER
vaslin

www.buchervaslin.com
Votre réussite est notre priorité



... Nous multiplions votre avenir

Hybridation • Sélection • Multiplication • Conseil • Plantation • Suivi

Réservez maintenant les plants adaptés à vos projets!

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

Pépinières Borioli

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

La rédaction vous informe

Chère lectrice, cher lecteur,

La rédaction souhaite, par ces quelques lignes, vous informer sur ses activités, et en particulier sur ses projets de l'année 2019.



Judith Auer

j.auer@agora-romandie.ch

La collection **La Vigne** s'étoffera l'année prochaine. Après *Maladies fongiques* (vol. 1) et *Ravageurs et auxiliaires* (vol. 2), le troisième volume, *Maladies virales et bactériennes*, paraîtra en juillet 2019. Ses auteurs sont Jean-Sébastien Reynard, Santiago Schaerer, Katia Gindro et Olivier Viret. Ce troisième volume est dédié aux bactéries, aux phytoplasmes et aux virus, des organismes qui sont à l'origine d'un très grand nombre de maladies des plantes qui induisent à l'échelle mondiale des dégâts économiques importants et qui mettent en péril la pérennité de certains vignobles. A titre d'exemple, la maladie de Pierce, due à une bactérie, induit à elle seule et en Californie des coûts annuels estimés à plus de 100 millions de dollars, et la flavescence dorée, qui progresse dans les vignobles en Europe, implique l'arrachage obligatoire des vignes atteintes.

La présentation de cet ouvrage est de la même facture que les deux premiers volumes; 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. Nous vous informerons plus précisément de la date de parution de l'ouvrage ainsi que de sa souscription à un tarif préférentiel.

Vous pourrez découvrir, dès le mois de janvier prochain, le **nouveau site internet de l'Amtra**, www.revuevitiarbohorti.ch. Son visuel est plus attractif, la page d'accueil présente systématiquement deux actualités du domaine des cultures spéciales et une page est spécialement dédiée aux Guides phytosanitaires pour la viticulture/arboriculture et à leurs index. La présentation de nos ouvrages est améliorée, avec un descriptif pour chacun d'eux et la possibilité de les commander directement à l'aide d'un «shop».

Le prochain **Congrès de l'Organisation internationale de la vigne et du vin (OIV)** se déroulera du 15 au 19 juillet 2019 au Centre international de conférences à Genève (CICG). L'OIV est une organisation intergouvernementale, composée de 47 Etats membres, à caractère scientifique et technique. Chaque année, un Congrès ainsi qu'une Assemblée générale OIV ont lieu dans l'un des Etats membres. La Suisse, membre de l'OIV depuis 1934, a été désignée pays hôte du 42^e Congrès en 2019. L'organisation a été confiée à l'Association OIV 2019, présidée par Mme Simone de Montmollin. Le thème général de ce congrès sera: «Préserver et innover, attentes environnementales, économiques et sociales». Il est possible de s'inscrire aux conférences payantes dès maintenant, sur www.oiv2019.ch. Des scientifiques suisses, en particulier les collaborateurs d'Agroscope, participeront au programme scientifique à travers des conférences et des posters. Ils pourront ainsi mettre en valeur les travaux de la recherche suisse. L'Amtra tiendra quant à elle un stand et présentera sa revue ainsi que ses publications phares (collection La Vigne). Elle saisira l'occasion unique de la présence de plus de 600 participants du secteur vitivinicole mondial pour lancer le nouveau volume III, La Vigne *Maladies virales et bactériennes*.

Tout en vous remerciant pour votre fidélité, nous vous adressons nos meilleurs vœux pour la nouvelle année.

Judith Auer, rédactrice en chef



**Isonet®
Isomate®**

contient phéromones

Lutte par confusion
Contre les tordeuses en viticulture
et arboriculture

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



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



**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

**BON
JOUR**

Suivez votre ligne de vie, venez donner votre sang

 TRANSFUSION INTERREGIONALE CRS
INTERREGIONALE BLUTSPENDE SRK

 MAVIE
TON SANG

Numéro gratuit 0800 14 65 65 | itransfusion.ch

Pépinières Viticoles - Ph. Rosset

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

Qualité et Service font notre différence

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





LES FRÈRES DUTRUY
PÉPINIÈRES VITICOLES

DES PROFESSIONNELS
À VOTRE SERVICE

PLANTATION À LA MACHINE GPS
SÉLECTIONS MASSALES
NOUVEAUX CLONES
PRODUCTION DE PORTE-GREFFES CERTIFIÉS

Christian et Julien Dutruy, Grand-Rue 18, 1297 Founex
+41 22 776 54 02, christian@lesfreresdutruy.ch

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

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

Fraîcheur des arômes
Finesse
Neutralité
Sécurité
Pas de goût de
bouchon

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

www.gaud-bouchons.ch

Filtration de vins
Traitement d'eau
Micro-oxygénation

www.keller.ch

KELLER
depuis 1982

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

Martin Auer Rebschulen
Pépinieres Viticoles

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

Assortiment complet:
Cépages de cuve et de table.

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

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

SUISSE
GARANTIE

Biologie et gestion de la mouche du céleri en production de livèche

Perrine GIRARD¹ et Serge FISCHER²

¹ETH Umweltsystemwissenschaften, 8092 Zurich, Suisse

²Agroscope, 1260 Nyon, Suisse

Renseignements: Serge Fischer, tél. +41 58 460 43 83, e-mail: serge.fischer@agroscope.admin.ch, www.agroscope.ch



Aspect d'une culture de livèche en juin, peu avant la récolte. Lors de sa montée à fleurs, la plante dépasse 2 mètres de hauteur.

Introduction

La livèche, herbe à Maggi ou ache des montagnes (*Levisticum officinale*) est une Apiaceae pluriannuelle utilisée comme herbe condimentaire. Elle sert également à la production d'une huile essentielle (HE) destinée à la phytothérapie et à la production industrielle d'assaisonnements. La Distillerie de Bassins Sàrl, située sur La Côte (canton de Vaud, Suisse), en cultive plusieurs parcelles, totalisant environ 5 hectares. Récemment,

ces cultures ont été fortement endommagées par des attaques importantes de la mouche du céleri *Euleia heraclei* (Diptera, Tephritidae), insecte encore relativement mal connu, dont les larves vivent en mineuses dans le feuillage des Apiacées.

Cet article consigne les résultats d'études menées en plein champ et en laboratoire afin de préciser la biologie et l'écologie de ce ravageur. Il suggère également une approche pragmatique de lutte raisonnée, basée sur un monitoring simple par piégeage chromo-attractif.

Données générales sur l'insecte

Description

Communément appelée mouche du céleri, *Euleia heraclei* est un diptère appartenant à la famille des Tephritidae. L'adulte présente des dessins alaires caractéristiques (fig. 1). Il mesure de 3,5 à 6 mm de longueur, la femelle étant légèrement plus grande que le mâle. La tête, aux joues claires, possède des yeux à reflets vert métallisé. L'abdomen est largement ovoïde, l'extrémité de celui du mâle étant arrondie alors que celui de la femelle se termine par un fourreau foncé pointu, abritant un ovipositeur sclérifié. L'adulte présente deux phénotypes de coloration distincte : les imagos d'été sont de teinte brun clair, ceux de printemps et d'automne ont un corps foncé, voire noirâtre (fig. 2). Au niveau adaptatif, on considère que cette mélanisation correspond à un épaississement de la cuticule, isolant l'organisme et assurant son réchauffement rapide en périodes froides. L'adulte vole bien, mais ses déplacements sont courts et peu véloces, et sa capacité de dispersion relativement limitée.



Figure 1 | Adulte d'*E. heraclei*.

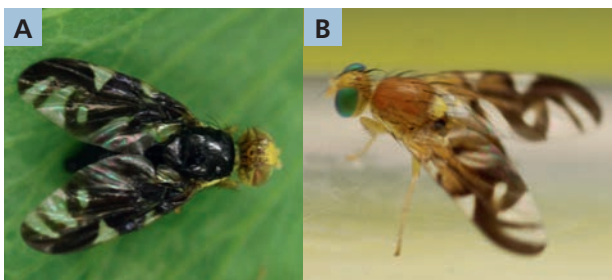


Figure 2 | Dimorphisme saisonnier. A : phénotype foncé (développement larvaire en courte photopériode); B : phénotype clair (développement larvaire en longue photopériode).

Résumé La livèche (*Levisticum officinale*) est une Apiaceae cultivée pour la production d'huile essentielle. Le caractère pluriannuel de cette plante permet des gradations locales très importantes des populations de la mouche du céleri (*Euleia heraclei*), dont les larves vivent en mineuses dans le feuillage de la livèche. La biologie et la phénologie du ravageur ont été étudiées en laboratoire et en plein champ, et des essais de lutte ont été entrepris au moyen d'insecticides. L'insecte hiverne dans le sol sous forme de pupes et présente deux générations annuelles, le premier vol débutant de mi-mars à mi-avril, selon l'altitude. Le développement de l'œuf à l'adulte dure 51 jours à 15°C et 21 jours à 25°C. Les adultes survivent plus de 45 jours à 20°C et 25°C et la fécondité totale est de 570 œufs/femelle. Les tests insecticides ont montré que les produits naturels spinosade et azadirachtine sont peu actifs, alors que le pyréthroïde λ -cyhalothrine est efficace par contact sur les adultes, et que le néonicotinoïde thiaclopride agit de manière systémique contre les larves. Une lutte chimique raisonnée, basée sur un monitoring par plaques jaunes engluées, devrait permettre d'abaisser la pression du ravageur au sein d'une parcelle, évitant de devoir y réintervenir systématiquement chaque année.

Les œufs, de forme elliptique (environ 0,7 x 0,2 mm), sont insérés individuellement à l'intérieur du limbe des feuilles de la plante hôte, grâce à l'oviscapte pointu et rétractable des femelles. En général, la ponte s'effectue à la face inférieure des folioles.

La larve apode et acéphale (fig. 3), de teinte blanc-crème, vit en mineuses dans l'épaisseur des feuilles des plantes hôtes, passant par trois stades séparés par deux mues. Parvenue au terme de sa croissance, et mesurant alors 7-8 mm de longueur, elle se laisse choir pour former, à faible profondeur dans le sol, une puppe de couleur beige d'environ 5 mm de longueur (fig. 4).



Figure 3 | Larve mature (L₃) d'*E. heraclei*.



Figure 4 | Puppe d'*E. heraclei*.

Distribution

La répartition d'*E. heraclei* est eurasiatique, allant des côtes atlantiques au Japon. Elle occupe la quasi-totalité de l'Europe et semble également présente en Egypte.

Plantes hôtes et dégâts

La mouche du céleri fait preuve d'une large oligophagie comprenant, pour la seule Europe, plus de 40 espèces de plantes hôtes réparties dans une trentaine de genres d'Apiaceae (ombellifères). Parmi les plus fréquentes se trouvent le céleri (*Apium graveolens*), le panais (*Pastinaca sativa*), la berce commune (*Heracleum sphondilium*), le persil (*Petroselinum crispum*, en particulier les cultivars à feuilles simples) ainsi que la livèche (*L. officinale*).

Dès leur éclosion, les jeunes larves se nourrissent en minant le parenchyme du limbe foliaire à l'aide

de leurs mandibules pourvues de crochets mobiles. Les galeries consistent en de larges plages, d'abord vert clair, puis brunes (fig. 5), souvent bombées au début. Nous avons constaté que lorsque les mines de plusieurs larves s'interpénètrent, les individus poursuivent leur évolution sans interaction apparente. Leroi (1974) estime que, sur céleri, environ 10 cm² de limbe foliaire sont consommés par une larve durant son développement. Chez la plupart des espèces de plantes hôtes, une seule foliole ne suffit donc pas à assurer la croissance complète d'un individu. Celui-ci s'avère toutefois capable de s'extraire de sa galerie, puis de migrer en rampant vers une autre foliole pour y pénétrer. Nos observations montrent que ces déplacements sont cependant impossibles pour les larves de premier stade, alors qu'ils se répètent plusieurs fois au cours des deux stades larvaires suivants.

L'impact des dommages peut être élevé sur les apiacées à feuillage condimentaire (coriandre, céleri branche, persil), alors que les cultures de légumes-racines (céleri-rave, panais) et les productions industrielles de livèche et persil pour huiles essentielles supportent des infestations considérablement plus importantes.

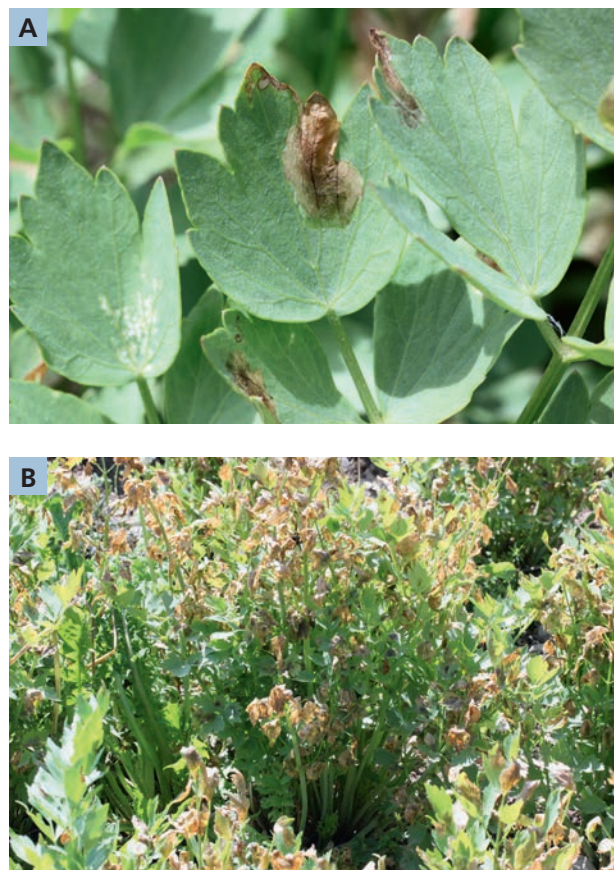


Figure 5 | Dégâts foliaires d'*E. heraclei* sur livèche. A : galerie individuelle ; B : aspect d'une infestation généralisée.

Matériel et méthodes

Etudes de laboratoire

Elevage

L'élevage est conduit à 25 °C, 65 % HR et 16/24h de photopériode. Il est issu d'un lot d'adultes capturés au filet fauchoir dans une parcelle de production de livèche en début de printemps 2015.

Pour leur reproduction, les insectes sont placés par couples dans des boîtes de pontes transparentes en plastique, de 10 x 10 x 16 cm (volume: 1600 ml), percées sur leur fond d'un orifice d'aération recouvert de tulle fin. Pour faciliter les manipulations, la boîte est déposée sur son couvercle, servant de plateau basal. La nourriture, renouvelée deux fois par semaine, consiste en un mélange de miel et de pollen d'abeilles pulvérisé. Le dispositif se complète d'un petit abreuvoir d'eau pure pourvu d'une mèche de coton.

Pour pondre, les femelles disposent de quelques folioles de livèche, dont les pétioles trempent dans un tube d'eau. Les folioles sont remplacées quotidiennement afin d'obtenir des cohortes d'individus d'âge homogène pour les expérimentations.

Les folioles abritant les œufs sont isolées jusqu'à ce que les larves atteignent le stade L₂; ces dernières sont alors transférées, à l'aide d'une aiguille montée, sur des jeunes plants de livèche en pot, où elles terminent leur développement.

Les pupes sont récoltées journalièrement, au fur et à mesure de leur apparition, puis placées individuellement dans des tubes garnis de vermiculite humide jusqu'à émergence des adultes.

Reproduction et longévité en fonction de la température

Une femelle vierge fraîchement émergée, accompagnée de deux mâles, est placée dans une boîte de ponte. Une foliole de livèche, renouvelée quotidiennement, sert de substrat de ponte. Le test est mené à trois températures constantes (+/- 1 °C): 15 °C (N = 7), 20 °C (N = 10) et 25 °C (N = 8).

La durée de préoviposition correspond au temps séparant l'émergence d'une femelle et la ponte de son premier œuf. Par ailleurs, le nombre d'œufs déposés journalièrement par chaque femelle et sa durée de vie adulte sont relevés. En cas de mortalité durant le test, les mâles sont remplacés par de jeunes individus, afin d'éviter des biais dus à un possible défaut de fécondation.

Seuil d'oviposition

Trois boîtes de ponte reçoivent un couple de mouches en phase de reproduction. Les individus sont accoutu-

més à des conditions fraîches par un passage de deux jours à 20 °C, puis deux jours à 15 °C. Ils sont ensuite soumis successivement à 12 °C, 11 °C, 10 °C, 9 °C, etc., durant trois jours à chaque température. Le seuil d'oviposition est défini comme la température la plus basse à laquelle se produit le dépôt d'au moins un œuf dans l'une des trois boîtes.

Durée de développement préimaginal selon la température

Des folioles de livèche abritant des œufs âgés de 0 à 24 heures sont maintenues aux températures constantes de 15 °C, 20 °C ou 25 °C (+/- 1 °C). Dès qu'elles ont atteint le stade L₂, les larves sont déplacées individuellement sur des folioles fraîches. Par la suite, ce transfert est répété en fonction de l'état sanitaire des folioles.

Le décompte journalier des éclosions permet de déterminer la durée du développement embryonnaire à chaque température. Le temps écoulé entre l'éclosion et l'apparition des pupes indique la durée totale de développement des trois stades larvaires. Enfin, le contrôle de l'émergence des adultes permet de déterminer la durée de pupaison.

Selon la méthode de Campbell *et al.* (1974), en postulant que la réponse physiologique aux températures demeure linéaire en deçà et au-delà des températures testées, les résultats obtenus permettent d'évaluer, pour chaque stade et pour l'ensemble du cycle:

- la durée de développement en fonction de la température (1/jour);
- le seuil minimal de développement t (°C);
- la constante thermique K (soit la somme des degrés-jours (dj) au-dessus de t nécessaires pour compléter le développement); ici, elle est calculée sur la base de la température estimée comme la plus proche de l'optimum de l'espèce, soit 20 °C.

Préférences entre plantes hôtes

Pour ce test, 15 femelles fécondées en phase reproductive sont introduites, durant trois jours, dans une cage de 1x1x1 m aux parois recouvertes de tulle. Une feuille de céleri, une feuille de livèche et une feuille de persil, d'une surface comparable et dont les pétioles trempent dans de l'eau, sont disposées à égale distance les unes des autres (~60 cm) sur le fond de la cage. Chaque jour, les feuilles sont renouvelées et décalées d'une position dans la cage, pour éviter un biais spatial. La quantité d'œufs est relevée pour chaque espèce végétale.



Etudes en plein champ

Vol

Entre mars et novembre 2015 et 2016, un monitoring des adultes d'*E. heraclei* a été réalisé par piégeage dans des cultures de livèche d'âge et de localisation variables. Cinq plaques engluées jaunes de 150x205mm (Rebell® amarillo), fixées en position verticale sur un support, sont réparties en diagonale au travers des parcelles (fig. 6A). L'efficacité des pièges s'avère maximale lorsqu'ils sont placés juste au-dessus du feuillage de la culture (fig. 6B) et leur hauteur est constamment adaptée à la croissance des plants de livèche, qui atteignent 1,50 à 2 m lors de la floraison.

Le décompte des captures est réalisé en principe à un rythme hebdomadaire, en différenciant les sexes et les phénotypes saisonniers (foncés et clairs).

Expérimentations de lutte

En 2015, un essai d'insecticides à action larvicide est conduit durant le premier vol du ravageur dans une



Figure 6 | Méthode de surveillance. A : plaques jaunes disposées en diagonale dans une parcelle ; B : pour une efficacité optimale, les plaques engluées doivent être positionnées juste au-dessus du feuillage, et remontées au fur et à mesure de la croissance du végétal.

parcelle particulièrement infestée située à Gingins. Les modalités comprennent le spinosad, l'azadirachtine A, le thiaclopride, et un témoin traité à l'eau. Les données relatives aux applications sont détaillées dans le tableau 1.

L'effet des traitements est contrôlé onze jours après l'application (afin que toutes les substances testées aient eu le temps d'agir), en prélevant au hasard 100 folioles par parcelle élémentaire afin de déterminer le taux de larves mortes et vivantes qu'elles abritent. Le rendement brut est contrôlé en prélevant, lors de la récolte de la parcelle, trois séries de cinq plantes successives dans chaque parcelle élémentaire. Après leur pesée en frais, ces échantillons sont soumis à une microdistillation afin d'évaluer l'éventuelle influence de l'infestation sur la qualité de l'huile essentielle.

En 2016, des tests insecticides simplifiés (sans répétitions) sont conduits dans deux parcelles au moyen des substances λ -cyhalothrine (contact contre adultes) et thiaclopride (systémique contre larves). Les traitements, effectués par le producteur en fonction du piégeage, sont appliqués sur la surface entière des parcelles, à l'exception d'une portion de 20 à 25 m de longueur située à une des extrémités et faisant office de témoin non traité. Les modalités d'application apparaissent également au tableau 1. L'effet des traitements est évalué en comparant l'évolution du nombre de captures d'adultes sur cinq pièges répartis dans la zone traitée avec celui de cinq pièges situés dans la zone témoin.

Résultats et discussion

Etudes de laboratoire

Vu sa biologie de mineuse, l'élevage d'*E. heraclei* est délicat : les observations de laboratoire se sont donc restreintes à un nombre relativement limité d'individus.

Reproduction et longévité

Le délai entre l'émergence des femelles et leurs premiers accouplements est d'environ deux semaines à 15°C, une semaine à 20°C et quelques jours à 25°C. A 15° comme à 20°C, le dépôt des premiers œufs est observé deux jours après l'accouplement, alors que ce délai augmente à une semaine à 25°C, température se situant sans doute un peu au-dessus de l'optimum de l'espèce.

Les durées moyennes de préoviposition varient de 8 à 14 jours selon la température (tabl. 2), l'ampleur des écarts types témoignant toutefois d'une forte variabilité individuelle.

La **fécondité individuelle** est très variable, mais la moyenne semble assez stable dans la gamme des températures testées (tabl. 2), à savoir 540 et 600 œufs/femelle, à 25°C et 15°C respectivement, correspondant à des pontes journalières de 9 et 7 œufs/femelle. Ces résultats diffèrent fortement des données de la littérature, qui indiquent, en général, une fécondité totale moyenne limitée à quelque 150 œufs/femelle. Nos observations montrent également que, quel que soit leur âge, les femelles vierges d'*E. heraclei* n'ont aucune activité de ponte, alors que l'accouplement est rapidement suivi d'une oviposition. De plus, il est intéressant de noter que la ponte d'*E. heraclei* est subordonnée à une alimentation protéinée: lors de la mise au point de l'élevage, il est en effet apparu que des femelles nourries exclusivement de miel

n'émettent aucun œuf, alors que l'ajout de pollen induit très rapidement une ponte soutenue, suggérant qu'en plein champ, la proximité de plantes pollinières est indispensable à la reproduction du ravageur. Signalons enfin que les tout premiers œufs émis s'avèrent souvent stériles, et que certaines femelles (~10 % dans nos tests) n'émettent que des œufs stériles durant toute leur existence, même si elles disposent en permanence de jeunes mâles.

Le **taux d'éclosion des œufs** d'*E. heraclei* s'avère identique à 20°C et à 15°C, mais plus faible à 25°C (tabl. 2).

La **durée de vie des femelles** est importante: une cinquantaine de jours en moyenne à 20°C et 25°C et plus de trois mois à 15°C (tabl. 2). Les mâles ont une survie moindre (non relevée au cours de ce travail).

Tableau 1 | Modalités des tests insecticides en culture contre *E. heraclei*.

A: essais en blocs randomisés avec répétitions.

B: essais simplifiés sur parcelle entière.

A. 2015, parcelle: Gingins alt. 527 m

Modalité	Dose de matière active	Produit commercial	Répétitions	Dose bouillie	Date application	Surface parcelle élémentaire
Témoin	–	–	3	1000 l/ha	7.05.2015	140 m ²
Spinosad	140 g/ha	Audienz				
Azadirachtine	39 g/ha	NeemAzal T/S				
Thiacloprid	120 g/ha	Alanto				

B. 2016, essais simplifiés sans répétition

Parcelle	Modalité	Dose de matière active	Produit commercial	Dose bouillie	Date application	Surface
Le Vaud alt. 720 m	Témoin	–	–	–	–	1100 m ²
	λ-cyhalothrine	10 g/ha	Karate zeon	400 l/ha	9 mai	9000 m ²
Gland alt. 456 m	Témoin	–	–	–	–	900 m ²
	Thiaclopride	72 g/ha	Biscaya	400 l/ha	28 avril 23 août	5500 m ²

Tableau 2 | Durée de préoviposition, fécondité et longévité des femelles d'*E. heraclei* à trois températures constantes.

Température (+/- 1°C)	Période de préoviposition		Fécondité totale		Fécondité journalière		Taux moyen d'éclosion	Longévité	
	N	Jours (écarts types)	N	Œufs/♀ (écarts types)	N	Œufs/♀/ jour (écarts types)	%	N	Jours (écarts types)
15°C	7 ♀	14,0 (7,5)	3 ♀	597,0 (262,2)	7 ♀	7,0 (5,8)	65,4	3 ♀	94,0 (10,6)
20°C	10 ♀	8,5 (3,2)	Panne climatisation, résultats non exploitables				64,8	4 ♀	46,5 (11,4)
25°C	8 ♀	13,0 (4,7)	4 ♀	543,5 (282,8)	8 ♀	9,0 (6,4)	34,5	4 ♀	52,0 (12,9)

Seuil d'oviposition

L'adaptation aux climats tempérés-frais est confirmée par l'observation du seuil d'oviposition, celle-ci ne s'interrompant qu'en dessous de 9 °C.

Durée de développement préimaginal

Les résultats détaillés concernant la durée et les seuils de développement pour les stades œufs, larves et pupes d'*E. heraclei* sont résumés dans le tableau 3. Le seuil de développement global calculé est inférieur à 4 °C.

Nos observations montrent que, pour une température donnée, la durée de développement embryonnaire est uniforme pour des œufs provenant d'une même femelle, mais très variable si on compare les pontes issues de plusieurs individus. Labeyrie (1958), observant le même phénomène, émet l'hypothèse que les femelles pratiqueraient une rétention des œufs en cas de conditions de reproduction non optimales (indisponibilité ou mauvaise qualité de la plante hôte); par la suite, elles pondraient une série d'œufs ayant un stade de développement identique.

La durée des stades larvaires montre également de grandes différences individuelles; il est toutefois possible qu'elles soient accentuées par une qualité nutritive inégale des folioles utilisées pour ces observations.

Ces données confirment qu'*E. heraclei* est adaptée aux contrées tempérées à fraîches. Leroi (1972) observe par ailleurs que la mortalité larvaire est relativement importante lorsqu'une température élevée se conjugue à une faible hygrométrie. Les exigences écologiques de l'insecte semblent donc proches de celles de la mouche de la carotte (*Psila rosae*) (Collier et Finch, 1996).

Préférences entre plantes hôtes

Le nombre d'individus à disposition étant suboptimal au niveau statistique pour ce type d'essais, les résultats obtenus ont valeur indicative. Malgré de grandes fluctuations journalières, le persil, la livèche et le céleri ne montrent pas de tendance d'attractivité différenciée sur les femelles d'*E. heraclei* au terme des trois jours d'expérimentation (tabl. 4).

Etudes en plein champ

Vol

Le suivi du vol de diverses parcelles durant deux années permet d'établir que, dans nos conditions, *E. heraclei* complète deux générations par an. La courbe de vol de 2015 de la parcelle de Gingins, extrêmement infestée, permet d'illustrer assez finement la phénologie générale de l'insecte (fig. 7). On voit que l'activité printanière des mouches issues des pupes hivernantes s'étend sur environ deux mois. Maximale en avril, avec un pic dépassant 4500 captures en une seule semaine, elle décroît ensuite jusqu'à fin mai, où se produit un court chevauche-

Tableau 4 | Nombre d'œufs déposés durant trois jours par 15 femelles d'*E. heraclei* dans des folioles de trois espèces de plantes hôtes (persil, livèche et céleri), en condition de choix.

Jours	Nombre d'œufs déposés par 15 ♀♀		
	Persil	Livèche	Céleri
1	9	35	41
2	99	68	25
3	14	7	15
Total	122	110	81

Tableau 3 | Evaluation des durées et du seuil inférieur de développement des stades préimaginaux d'*E. heraclei* à 15 °C, 20 °C et 25 °C, et constantes thermiques d'évolution.

N: nombre d'individus; t: température minimale de développement en °C; $K_{20°C}$: constante thermique pour 20 °C, en degrés-jours; R^2 : coefficient de détermination. (Les valeurs sont indicatives, le nombre d'individus testés étant limité).

Stade	Durée moyenne de développement (écarts types)						Seuil dev. t (°C)	$K_{20°C}$ (d-j)	Taux de développement (1 / nombre de jours)	
	15 °C		20 °C		25 °C				Equation	R^2
	N	jours	N	jours	N	jours				
Embryon	7	5,7 (0,49)	9	4,4 (0,60)	6	3,0 (0,63)	5,3	65	$y = 0,0169x - 0,0889$	0,66
Larves ($L_1 + L_2 + L_3$)	7	16,6 (4,43)	6	12,5 (2,07)	4	9,5 (1,73)	0,8	240	$y = 0,0044x - 0,0034$	0,56
Pupe	7	28,7 (1,73)	5	22,8 (0,91)	4	14,6 (0,48)	4,7	349	$y = 0,0032x - 0,0151$	0,91
Total œuf - adulte	7	51,0 (5,02)	5	39,1 (1,29)	4	27,1 (2,25)	3,6	641	$y = 0,0017x - 0,0061$	0,90

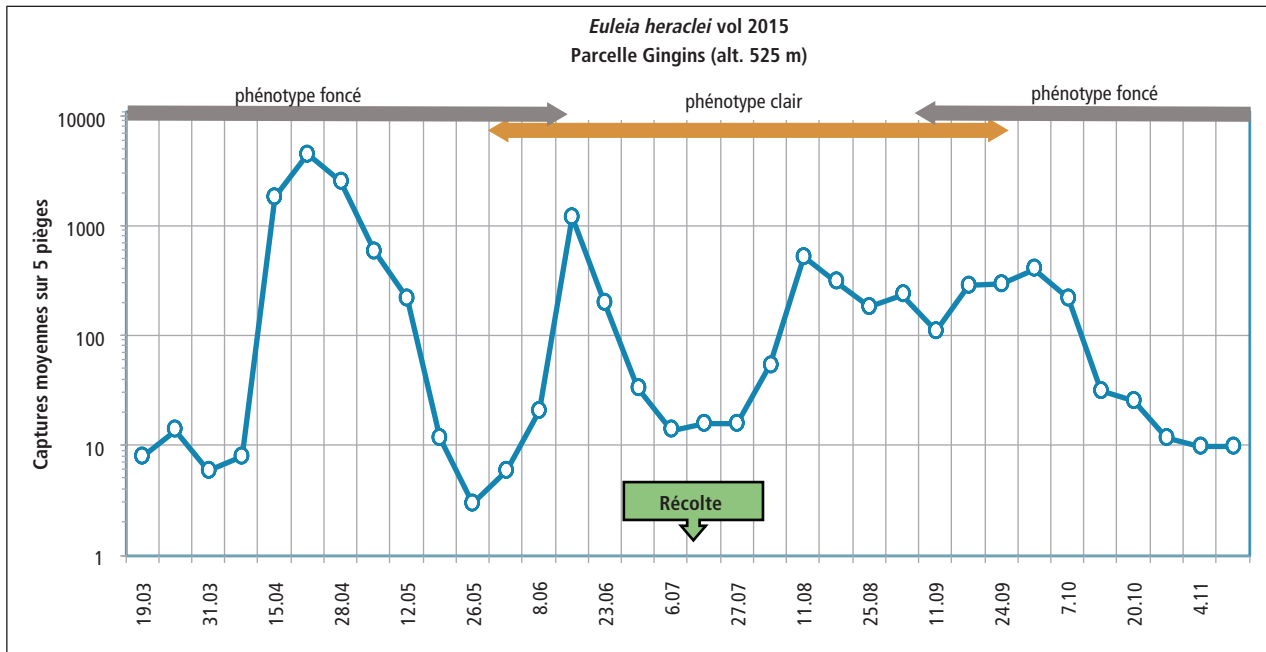


Figure 7 | Exemple d'une courbe de vol d'*E. heraclei* dans une parcelle de livèche fortement infestée en 2015 (attention, échelle logarithmique!). Le phénotype saisonnier, foncé ou clair, dépend de la durée de la photopériode subie par les larves.

ment avec la sortie des imagos de première génération (à phénotype clair), dont les effectifs augmentent alors rapidement. Leur durée de vie est moindre qu'au printemps, car les températures saisonnières élevées accélèrent leur métabolisme. On observe un creux de vol en juillet et début août, qui précède l'apparition des adultes de la deuxième génération, dont le vol, très étalé, dure jusqu'à l'arrière-automne.

Leur descendance hiverne sous forme de pupes diapausantes dans le sol, bouclant ainsi le cycle annuel. Il n'est pas exclu qu'une troisième génération partielle soit engendrée par les imagos les plus précoces de la deuxième génération.

Relevons également qu'on observe un gradient spatial des captures au sein d'une parcelle, les densités étant plus élevées dans les zones jouxtant les haies, lisières et friches qui constituent des milieux où l'espèce trouve des fleurs à butiner et de la fraîcheur. En pratique, c'est donc au voisinage de tels milieux qu'on placera prioritairement les pièges pour un monitoring décisionnel.

Enfin, en conditions naturelles, on observe une variation saisonnière plus ou moins importante de la sex-ratio des captures, alors qu'en élevage, la proportion des sexes demeure proche de 1/1. La figure 8 fournit un exemple issu des parcelles suivies en 2016: le vol printanier est assez équilibré, alors qu'entre juin et novembre, les femelles représentent 96 % du total des piégeages. Il est probable que ces

différences soient d'origine comportementale. On peut supposer, en effet, que les femelles se font piéger lorsqu'elles viennent pondre dans les parcelles, alors que les mâles demeurent prioritairement dans les zones fraîches et humides, à végétation élevée adjacentes, dans lesquelles se déroulent les accouplements et qui abritent des sources de nourriture (nectar et surtout miellat et pollens), disponibles surtout à partir de juin. Au printemps, par contre, le gradient d'humidité entre la parcelle et les abris adjacents est moins prononcé, et les deux sexes tendent à demeurer dans la culture. Au niveau de son éthologie spatiale, *E. heraclei* semble donc également proche de la mouche de la carotte. L'hypothèse devrait toutefois être vérifiée par des piégeages effectués en parallèle en culture et dans les milieux abris.

Expérimentations de lutte

En 2015, le contrôle effectué onze jours après les applications insecticides indique que l'efficacité des deux substances d'origine naturelle, le spinosad et l'azadirachtine A, n'est que de 14 % et 27 % respectivement (tabl. 5). Ce résultat est surprenant pour le spinosad, habituellement très actif contre les larves d'insectes à mœurs mineuses. Par contre, le thiaclopride montre une efficacité intéressante de 83 %, et nous avons également pu observer son action ovicide. Il s'agit toutefois d'un néonicotinoïde, groupe

Tableau 5 | Résultats de l'essai de traitement effectué en 2015 (parcelle Gingins).

 ANOVA + test de Dunnett: les données suivies de la même lettre ne sont statistiquement pas différentes ($p = 0,05$).

Modalité	T + 5 jours		T + 11 jours		T + 19 jours	
	Mortalité %	Eff. Abbott %	Mortalité	Eff. Abbott %	Mortalité	Eff. Abbott %
Témoin H ₂ O	15,29 (A)	–	20,17 (A)	–	55,83 (A)	–
Spinosad	38,10 (A)	26,9	31,65 (AB)	14,4	41,93 (A)	0
Azadirachtine	30,05 (A)	17,4	42,02 (AB)	27,4	40,03 (A)	0
Thiacloprid	51,24 (A)	42,4	86,32 (B)	82,9	65,72 (B)	22,4

controversé au niveau environnemental, et son avenir demeure incertain à moyen terme. Le poids frais des échantillons de plantes récoltées est très variable, en raison de l'hétérogénéité édaphique de la parcelle d'essai au niveau hydrique. Il est toutefois à relever que les échantillons d'huile essentielle provenant des microdistillations ne montrent aucune différence de qualité entre les procédés.

Les essais simplifiés menés en 2016 indiquent que l'effet de contact du pyréthoïde lambda-cyhalothrine, appliqué au début du mois de mai, impacte rapidement la population adulte du ravageur dans la parcelle de Le Vaud, alors très infestée (fig. 9 A). Une application placée à fin mai aurait probablement permis d'éviter la recrudescence d'activité observée en juin, mais à cette période, le développement rapide des plants de livèche limite les possibilités d'accès des machines de traitement. Dans la parcelle, beaucoup moins

infestée, de Gland, l'effet du thiaclopride sur la courbe d'activité des adultes est différé, mais semble plus durable (fig. 9 B), ce qui s'explique par sa faible action de contact et par une activité systémique touchant essentiellement les larves. On remarquera que, dans la zone témoin non traitée des deux parcelles, la courbe de vol baisse régulièrement en seconde partie de saison, ne se différenciant plus de celles de la modalité traitée. Ce phénomène est certainement dû à l'effet de redistribution des effectifs d'adultes à partir des modestes surfaces des zones témoins.

Considérations pratiques sur la gestion du ravageur

Au niveau agronomique, la dynamique d'*E. heraclei* dépend clairement du mode de production de ses plantes hôtes. En culture maraîchère, l'insecte est considéré comme un ravageur secondaire des apiacées à feuillage comestible, surtout céleri branche

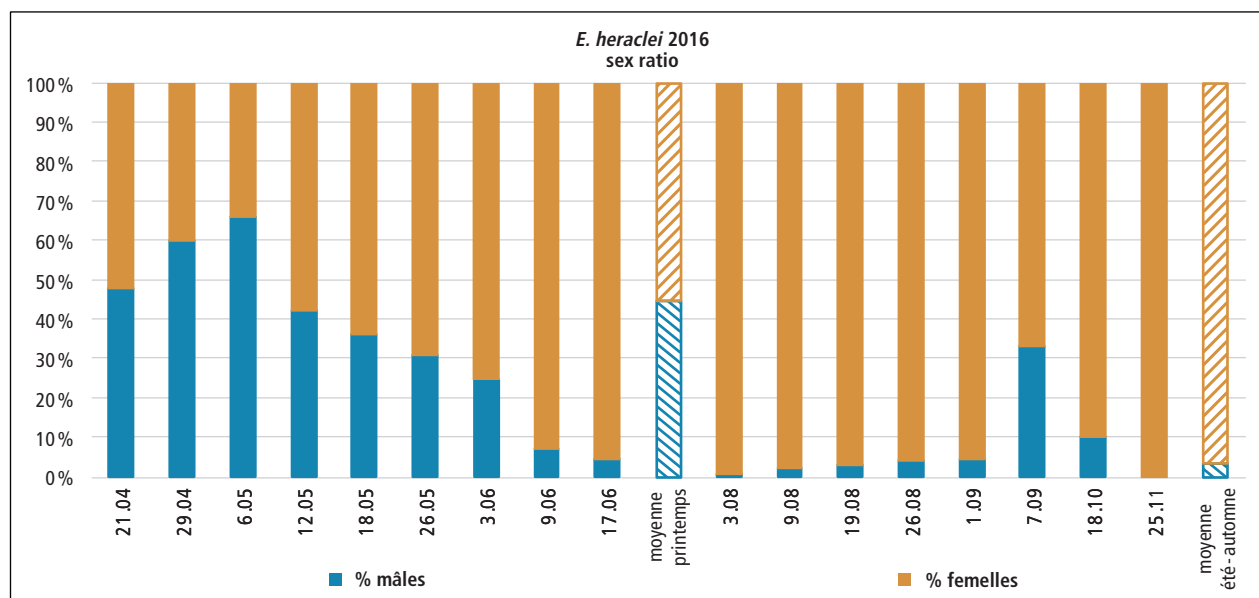


Figure 8 | Sex-ratio des captures en champs en 2016. En élevage, on observe un sex-ratio très proche de 1/1, il est donc probable que le déséquilibre observé en culture soit d'origine comportementale.

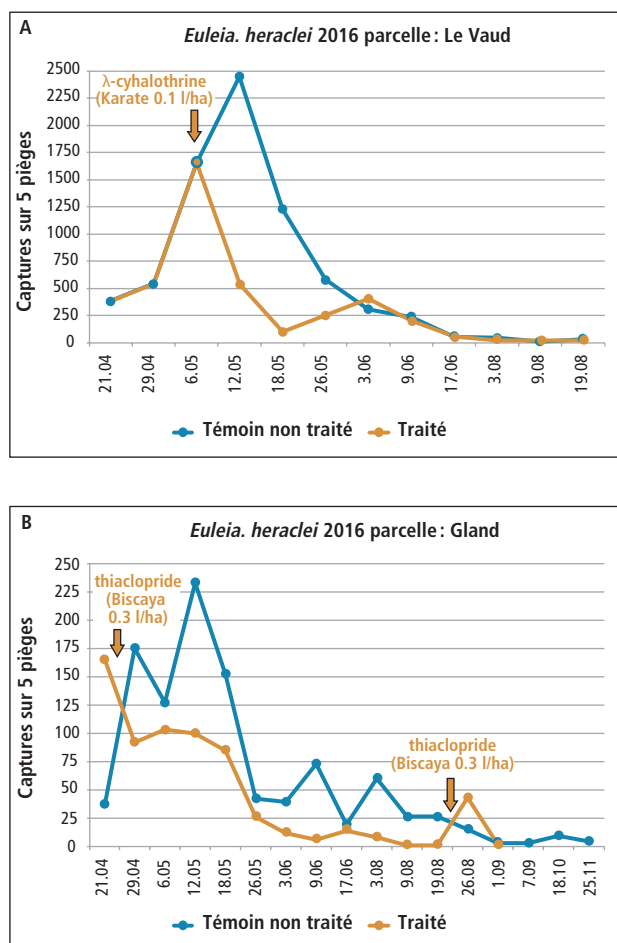


Figure 9 | Effet de deux types d'insecticides sur les captures d'*E. heraclei*. A: un pyréthroïde (λ -cyhalothrine), à effet de contact; B: un néonicotinoïde (thiaclopride), à action systémique (les échelles des axes sont différentes)

et persil. Cette nuisibilité modérée tient au fait que le cycle cultural de ces légumes se limite à quelques mois, et que leur calendrier de végétation ne coïncide pas forcément avec la phénologie du ravageur. Les adultes émergeant dans une parcelle se retrouvent donc fréquemment sans plantes hôtes à disposition, ce qui les pousse à émigrer, malgré leur faible mobilité. S'y ajoute la rotation régulière des cultures, diminuant encore la probabilité que l'insecte trouve des parcelles favorables à proximité (ce qui explique pourquoi *E. heraclei* est souvent plus redoutable dans les jardins familiaux ou les petites structures de production que dans les grandes exploitations).

Les cultures de livèche, au contraire, demeurent en place durant plusieurs années. Elles permettent ainsi l'augmentation ininterrompue des populations du ravageur, la succession des générations n'étant jamais limitée par un manque de ressources en plantes hôtes. Cette dynamique explosive est d'autant plus

conséquente que l'espèce jouit d'une importante fécondité et d'une longue durée de vie imaginaire.

Au niveau des impacts économiques, l'hétérogénéité des parcelles suivies lors de cette étude (altitudes, types de sol, âges des cultures) tout comme l'impossibilité pour nous de réaliser un échantillonnage conséquent des récoltes n'ont malheureusement pas permis d'établir une relation directe entre le niveau d'attaque et le rendement commercial de la culture. Selon Krivosheina et Ozerovall (2016), des dégâts touchant 10 % de la surface foliaire n'affectent pas la croissance végétative du panais, du céleri et de la livèche. Il est toutefois certain que les niveaux d'infestation que nous avons pu observer ($\geq 70\%$ de surface foliaire endommagée) ont un impact direct sur le nombre et le volume des inflorescences et, par conséquent, sur la production d'huile essentielle. Mais également un effet dépressif sur l'alimentation de la souche du végétal, et donc sur la résistance et la durabilité de la culture. L'observation montre en effet que la répétition de fortes infestations durant deux ou trois années de suite aboutit à une régression physiologique des plants vers une nouvelle phase végétative, sans montée en fleurs et donc sans rendement économique (J.-M. Genevay, Distillerie de Bassins, communication personnelle).

Parmi les insecticides testés, seuls la λ -cyhalothrine, possédant un effet de contact sur les adultes, et le thiaclopride, à action larvicide, s'avèrent efficaces contre le ravageur. Ces substances étant persistantes et non sélectives, leur usage doit être le plus limité possible et donc se baser sur un monitoring de chaque parcelle, au moyen de cinq plaques jaunes engluées, placées à 10-15 cm au-dessus du feuillage et disposées en diagonale à travers le champ. Les captures seront relevées à intervalle hebdomadaire. Le monitoring doit débuter au débourrement de la culture, en mars-avril, et, pour des raisons pratiques, peut s'interrompre durant la phase finale de montée en fleurs et la récolte. Il reprendra ensuite, jusqu'en octobre. Le premier vol annuel doit être particulièrement surveillé. En effet, l'émergence des adultes issus des pupes hivernantes est susceptible de s'intensifier très rapidement: les niveaux de capture peuvent croître d'un facteur de >100 en l'espace d'une seule semaine! Une application de λ -cyhalothrine peut être conseillée dès que le nombre de captures atteint quelques dizaines de mouches en une semaine sur les cinq pièges. Au cas où la courbe de population aurait déjà atteint des valeurs élevées au moment de l'intervention avec ce pyréthroïde (~100 mouches sur cinq

pièges en une semaine), elle sera complétée une dizaine de jours plus tard par un traitement au thiaclopride, afin de toucher la majorité des larves déjà présentes dans le feuillage. Notons qu'il serait pertinent de tester d'autres substances à action larvicide, l'avenir du thiaclopride étant, à l'instar des autres néonicotinoïdes, des plus incertains. Appliqués à bon escient et au bon moment, un ou deux traitements printaniers devraient donc suffire à maintenir un niveau de population du ravageur assez bas, au moins jusqu'à la récolte. Il importe toutefois que ces interventions soient pratiquées avant la période de croissance extrêmement rapide des plantes, qui, en mai-juin, empêche l'accès des équipements de pulvérisation dans la culture. En cas d'éventuelle remontée des captures en fin de saison, il sera possible d'intervenir à nouveau avec la λ -cyhalothrine pour affaiblir les populations automnales d'adultes et diminuer la quantité de pupes hivernantes. Si cette stratégie est bien respectée, elle devrait entraîner une baisse suffisante des effectifs d'*E. heraclei* dans la parcelle concernée, rendant superflue l'application de traitements insecticides au cours des une ou deux années qui suivent.

Remerciements

Les auteurs remercient Françoise Klötzli, Olivier Vonlanthen, Marina Blanc, Martine Rhyn et Suzanne Tagini, collaborateurs d'Agroscope, pour leur précieuse assistance aux travaux d'élevage et de piégeage, ainsi que Jean-Marc Genevay et Frédéric Guenin, responsables de la Distillerie de Bassins, pour leur collaboration, les échanges enrichissants et la mise à disposition des parcelles de suivi.

Conclusions

- Le caractère vivace des cultures de livèche permet une gradation ininterrompue des populations de la mouche du céleri *E. heraclei*.
- Au sein d'une parcelle, les effectifs de l'insecte atteignent des niveaux extrêmement élevés en deux ou trois ans, l'activité de mineuse des larves pouvant aboutir à la destruction quasi totale du feuillage des plantes hôtes.
- L'espèce présente en moyenne deux générations annuelles, voire une troisième génération partielle.
- Les adultes ont une durée de vie moyenne de près de deux mois, alliée à une fécondité très élevée, de 500 à 600 œufs par femelle.
- Un monitoring basé sur des pièges englués jaunes (cinq par parcelle), placés juste au-dessus du feuillage, et qui suit la croissance des plantes, s'avère indispensable à une gestion raisonnée du ravageur.
- Les tests menés jusqu'ici montrent que l'application du pyréthroïde λ -cyhalothrine a un excellent effet contre les adultes, alors que l'insecticide systémique thiaclopride peut avoir une action complémentaire contre les larves. ■

Bibliographie

- Campbell A., Frazer B. D., Gilbert N., Gutierrez A. P. & Mackauer M., 1974. Temperature requirements of some aphids and their parasites. *J. Applied Ecology* **11**, 431-438.
- Collier R.H. & Finch S., 1996. Field and laboratory studies on the effects of temperature on the development of the carrot fly (*Psila rosae* F.). *An. Applied Biology* **128**, 1-11.
- Krivosheina M. G. & Ozerova N. A., 2016. To the biology of celery fly *Euleia heraclei* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Tephritidae) – pest of alien Apiaceae species in Moscow Region. *Russian Entomol. J.* **25**, 209-213.
- Labeyrie V., 1958. Observations sur l'écologie de la mouche du céleri (*Philophylla heraclei* L.) dans le Bordelais. *Rev. Zool. Agric. appl.* **57**, 1-4.
- Leroi B., 1972. A Study of natural populations of the celery leaf-miner *Philophylla heraclei* L. (Diptera, Tephritidae); I : Methods of counting of larval populations. *Res. Popul. Ecol.* **13**, 201-215.
- Leroi B., 1974. A Study of natural populations of the celery leaf-miner *Philophylla heraclei* L. (Diptera, Tephritidae); II : Importance of changes of mines for larval populations. *Res. Popul. Ecol.* **15**, 163-182.

Summary**Biology and management of the Celery fly in Lovage production**

Lovage (*Levisticum officinale*) is an Apiaceae cultivated for the production of essential oil. As a perennial crop, lovage can locally suffer from important outbreaks of the Celery fly (*Euleia heraclei*), whose larvae live as leafminers in its foliage. The biology and phenology of the pest were studied in the laboratory as well as in the field and control trials were conducted using insecticides. The insect overwinters as a pupae in the soil and develops two generations the year. Depending the altitude, the first flight starts between mid-March to mid-April. The development from the egg to the adult took 51 days at 15°C and 21 days at 25°C. Adults survived more than 45 days at 20°C and 25°C and total fecundity was 570 eggs/female. Insecticide trials showed that the organic products spinosad and azadirachtin have a low efficacy, while the pyrethroid λ -cyhalothrin kills adults by contact and the neonicotinoid thiacloprid acts systemically against larvae. A sustainable chemical control based on the monitoring of *E. heraclei* with yellow sticky traps should allow to reduce pest pressure within a field and thus avoid systematic interventions every year.

Key-words: Tephritidae, leaf-miners, *Levisticum*, IPM.

Zusammenfassung**Biologie und Bekämpfung der Sellerieflye in der Liebstöckelproduktion**

Liebstöckel (*Levisticum officinale*) ist ein Doldenblütler, der zur Herstellung von ätherischem Öl angebaut wird. Diese mehrjährige Pflanze kann lokal stark von der Sellerieflye (*Euleia heraclei*) befallen werden. Ihre Larven entwickeln sich als Blattminierer im Laub des Liebstöckels. Die Biologie und Phänologie des Schädling wurde sowohl im Labor wie auch im Felde untersucht und es wurden Wirkungsversuche mit Insektiziden durchgeführt. Das Insekt überwintert als Puppe im Boden und durchläuft jährliche zwei Generationen. Je nach Meereshöhe beginnt der erste Flug zwischen Mitte März bis Mitte April. Die Entwicklung vom Ei zur adulten Fliege dauert 51 Tage bei 15°C und 21 Tage bei 25°C. Adulte Fliegen leben mehr als 45 Tage bei 20°C und 25°C und die Weibchen legen um die 570 Eier. Insektizidversuche zeigten, dass die biologischen Produkte Spinosad und Azadirachtin kaum wirksam sind. Das Pyrethroid λ -Cyhalothrin ist hingegen ein effizientes Kontaktgift gegen Adulte und das Neonicotinoid Thiacloprid wirkt systemisch auf Larven. Eine nachhaltige chemische Bekämpfung basierend auf der Populationsüberwachung mittels von gelben Klebefallen sollte es ermöglichen, den Schädlingsdruck innerhalb einer Parzelle zu verringern und jährliche systematische Spritzungen zu vermeiden.

Riassunto**Biologia e gestione della mosca del sedano nella produzione di levistico**

Il levistico (*Levisticum officinale*) è un'Apiaceae coltivata per la produzione di olio essenziale. Il carattere pluriennale di questa pianta induce delle importanti gradazioni locali delle popolazioni della mosca del sedano (*Euleia heraclei*), le cui larve vivono nelle mine delle foglie del levistico. La biologia e la fenologia del parassita sono state studiate sia in laboratorio, sia in campo aperto e sono state condotte delle prove mediante alcune sostanze insetticide. L'insetto sverna nel suolo come pupa e forma due generazioni all'anno. Il primo volo ha luogo da metà marzo a metà aprile, a dipendenza dell'altitudine. Lo sviluppo dall'uovo all'adulto ha richiesto 51 giorni a 15°C e 21 giorni a 25°C. La durata di vita dell'adulto oltrepassa i 45 giorni a 20°C e 25°C, e la fecondità totale è di 570 uova/femmina. Le prove con insetticidi hanno dimostrato che i prodotti naturali spinosad e azadiractina sono poco attivi, mentre il piretroide λ -cicalotrina è efficace mediante contatto sugli adulti e il neonicotinoide thiacloprid agisce in modo sistemico contro le larve. Una lotta chimica ragionata, basata sul monitoraggio mediante trappole gialle con colla entomologica dovrebbe permettere di abbassare sufficientemente la pressione del parassita all'interno di una parcella, in modo da non dover intervenire ogni anno.



DES MACHINES ET DES PERFORMANCES DE HAUTE QUALITÉ



Grillo
AGRIGARDEN MACHINES



Chalut
Green Service

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

www.chalut-greenservice.ch



Le partenaire de vos espaces extérieurs

Actif dans la branche depuis plus de cinquante ans, Chalut Green Service est spécialisé dans la vente, la maintenance et la réparation de machines pour l'entretien des espaces extérieurs, et propose des produits fiables et durables pour particuliers, professionnels, communes et services publics: tondeuses, robots-tondeuses, tracteurs polyvalents, transporteurs, motoculteurs, machines portées à batterie ou moteur thermique, ainsi que les produits de la gamme Kärcher.

Cette gamme est complétée par des tondeuses électriques avec accu. Détail très rationnel, l'accu peut être utilisé sur un autre outil, tel que souffleuse, taille-haie ou coupe-bordure par exemple. Chalut Green Service propose des actions commerciales intéressantes ainsi que la possible reprise de votre ancienne machine, qui sera, selon son état, reconditionnée en occasion ou recyclée.

Pour les services publics et prestataires de services, Chalut commercialise depuis 2004 des véhicules utilitaires électriques des marques Goupil et Club Car et possède une précieuse expérience dans ce domaine, avec de nombreuses références.

Depuis cette année, la marque Grillo complète avantageusement l'éventail de machines proposé par Chalut Green Service.

Les magasins de Jussy, Mies et Aclens assurent, avec une équipe de collaborateurs professionnels, le conseil, la vente, l'entretien et les réparations toutes marques.



Chalut
Green Service
Jussy - Mies - Aclens

E-mail: info@chalut-greenservice.ch
www.chalut-greenservice.ch

GIGANDET SA

Votre spécialiste
BUCHER
vaslin

VENTE - SERVICE - RÉPARATION - RÉVISION

Notre expérience dans vos projets sur mesure

Réception vendange



Pressoir



Filtre tangential



Oenopompe®



ADRESSES GÉNÉRALES

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

POUR NOUS CONTACTER

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

POUR PLUS D'INFORMATION

www.gigandetsa.ch



Pépinières viticoles

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



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

www.pepiniere-richard.ch





Toute l'équipe de gvz-rossat sa vous souhaite de bonnes fêtes de fin d'année.

Profitez dès aujourd'hui de nos formidables prix de Noël sur notre Onlineshop

www.gvz-rossat.ch



Le choix des professionnels

Nos bureaux seront fermés du 24 décembre au 2 janvier.

Dès le 3 janvier 2019 nous serons de nouveau à votre disposition.

Chemin du Milieu 6 1580 Avenches gvzsales@gvz-rossat.ch

Influence de l'alimentation en eau sur le comportement de la vigne et la qualité des vins de Chasselas

Bilan d'un essai d'irrigation à Leytron (VS)

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

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

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

Renseignements: Vivian Zufferey, e-mail: vivian.zufferey@agroscope.admin.ch, tél. +41 (0)58 468 65 62, www.agroscope.ch



Essai d'irrigation sur différents cépages dans les conditions du Valais central (Leytron).

Introduction

La sensibilité de la vigne à la sécheresse dépend de facteurs liés à la parcelle (nature du sol, réserve en eau, mésoclimat) et varie selon des facteurs génétiques (cépage/porte-greffe) et agronomiques (entretien du sol, densité de plantation, rapport feuille/fruit...). Les études menées sur la caractérisation des terroirs

viticoles (van Leeuwen *et al.* 1994) ont montré depuis longtemps l'influence prépondérante des conditions d'alimentation en eau de la vigne sur le comportement physiologique (photosynthèse, alimentation minérale, croissance) et la qualité des raisins et des vins. Par ailleurs, la grande capacité d'exploration racinaire de la vigne permet à celle-ci d'endurer des restrictions importantes en eau selon les terroirs. Néanmoins, un

stress hydrique intense entraîne la diminution des échanges gazeux (photosynthèse et transpiration) et provoque un arrêt précoce de la croissance végétative (Chaves *et al.* 2010). La régulation stomatique de la transpiration, couplée à la diminution de la conductivité hydraulique dans le système vasculaire, permet à la plante d'optimiser l'utilisation de l'eau tout en prévenant les accidents physiologiques comme l'embolie des vaisseaux sous forte sécheresse (Lovisol *et al.* 2008).

Il est connu que non seulement l'intensité de la sécheresse, mais également sa période d'apparition et sa durée influent sur la taille finale des baies (par conséquent sur le rendement) et sur leur composition (Deloire *et al.* 2004). Une contrainte hydrique progressive et modérée conduit à un ralentissement et/ou un arrêt de la croissance végétative autour de la véraison qui favorise la production de raisins plus riches en sucres, en anthocyanes et en composés phénoliques, et moins acides (van Leeuwen *et al.* 2009, Zufferey *et al.* 2017). Pour élaborer des vins blancs de qualité, il est reconnu que les vignes et les raisins doivent être bien pourvus en éléments minéraux, et notamment en azote (Bell et Henschke 2005): pour cette raison, elles ne devraient subir aucune restriction trop importante en eau qui conduirait à une perte de l'expression aromatique et de la typicité des vins (Reynolds *et al.* 2010, Reynard *et al.* 2011).

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

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

L'expérimentation a été menée de 2009 à 2016 sur le domaine expérimental d'Agroscope à Leytron dans le Valais central. Le sol est très caillouteux et perméable, avec une réserve utile en eau (RU) estimée à environ 150mm. Les précipitations annuelles moyennes s'élèvent à près de 600mm (tabl. 1). L'essai a été planté avec du Chasselas (clone 14/33-4), greffé sur 5BB, en 1995. La vigne est conduite en Guyot simple (180x100cm) en maintenant 6 rameaux par souche. Trois variantes ont été mises en place.

Résumé ■ Un essai d'irrigation a été mené de 2009 à 2016 au domaine expérimental d'Agroscope à Leytron afin d'étudier l'effet du régime hydrique de la vigne sur la maturation des raisins et la qualité des vins de Chasselas. La restriction progressive et modérée en eau en cours de saison a provoqué une vigueur plus faible des rameaux et favorisé la maturation des raisins en comparaison de vignes sans contrainte hydrique. La teneur en azote des moûts a diminué avec l'accroissement du stress hydrique. La fertilité des bourgeons, le poids des baies et des grappes à la vendange n'ont pas été influencés par la contrainte hydrique modérée. Un stress hydrique plus sévère a par contre entraîné la diminution de la photosynthèse et de la transpiration du feuillage et provoqué le phénomène d'embolie dans les pétioles. Lors des millésimes chauds et secs, les vins issus de vignes ayant souffert de sécheresse ont été jugés plus amers à la dégustation que ceux issus de vignes irriguées.

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

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Long terme
Janvier	109	11	22	57	21	42	55	110	51
Février	28	29	7	0	59	79	11	104	47
Mars	23	27	14	5	29	5	63	19	42
Avril	37	8	5	51	45	29	12	38	35
Mai	25	120	43	52	83	34	123	76	49
Juin	40	15	40	37	24	17	34	45	54
Juillet	87	73	69	51	52	106	35	46	58
Août	16	45	22	65	30	87	78	27	57
Septembre	18	22	42	52	45	15	14	14	44
Octobre	11	14	34	39	67	30	29	32	52
Novembre	68	36	2	53	95	44	42	75	52
Décembre	108	70	168	152	17	42	4	0	64
Année	570	470	468	614	567	530	500	586	603

La première variante a été irriguée au goutte-à-goutte de la floraison à la véraison (en général du 15 juin au 15 août). L'irrigation permet de compenser environ 30 % de l'évapotranspiration moyenne, calculée à partir d'une moyenne de 20 ans de la Station météorologique de l'aéroport de Sion (MétéoSuisse). L'apport d'eau, effectué de façon hebdomadaire, s'est élevé à 9 l/m²/semaine (16 l/souche) sur une durée de 9 semaines, soit 81 l/m² de sol ou 145 l/souche. La deuxième variante n'a pas été irriguée. Enfin, la troisième variante n'a pas été irriguée, et une bâche imperméable et non réfléchissante a été posée au sol afin d'éliminer les eaux de pluies de la fin d'avril jusqu'aux vendanges et de créer, dans la mesure du possible, un stress hydrique important. L'essai a été implanté en split-plot avec quatre répétitions par variante et mode d'irrigation. La récolte a été limitée à 1,4 kg/m² avec une suppression de 7 grappes par cep au stade petit pois.

Régime hydrique de la vigne et échanges gazeux du feuillage

L'état hydrique de la vigne a été déterminé au moyen de trois indicateurs physiologiques que sont le potentiel hydrique foliaire de base, le potentiel hydrique de tige et la composition isotopique du carbone dans les sucres du moût à la vendange. Le potentiel hydrique de base (Ψ_{base}) a été mesuré en fin de nuit, à l'obscurité complète, avec une chambre à pression de marque PMS Instrument and Co., modèle 1002 (Scholander *et al.* 1965). Le potentiel hydrique de tige (Ψ_{tige}) a été déterminé en cours d'après-midi sur des feuilles ensachées préalablement (une heure avant la mesure) avec de l'aluminium pour diminuer fortement leur transpiration. Les mesures de potentiel hydrique de base et de tige ont été faites sur des feuilles adultes, non sénescentes, situées dans la zone médiane du rameau. La composition isotopique du carbone ($\delta^{13}\text{C}$ ou rapport entre le ^{13}C et le ^{12}C) a été analysée sur des échantillons de moût prélevés à la cuve à la vendange selon la méthodologie d'Avicé *et al.* (1996).

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

La vulnérabilité à l'embolie (formation de bulles d'air dans les vaisseaux) a été mesurée sur les pétioles de feuilles avec l'appareil XYL'EM (Xylem Embolism

Meter, Bronkhorst Instrutec, Montigny-lès-Cormeilles, France), selon la méthode de Cochard *et al.* (2000).

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

Observations viticoles et vinifications

La fertilité des rameaux (nombre d'inflorescences par rameau), le poids des baies et des grappes à la vendange ont été déterminés pour chaque variante d'irrigation. L'analyse du taux de N, P, K, Ca et Mg des feuilles situées dans la zone des grappes à la véraison (diagnostic foliaire) a été effectuée. L'indice chlorophyllien a été évalué par la mesure du N-tester (Yara, Nanterre, France) sur des feuilles adultes au-dessus de la zone des grappes à la véraison. En hiver, les bois de taille par souche (10 souches par répétition) ont été pesés. À la vendange, les paramètres suivants ont également été examinés: le rendement, la teneur en sucres (% Brix), les taux d'acidité totale, d'acides tartrique et malique, le pH et la teneur en azote assimilable des moûts (indice de formol) selon la méthode proposée par Aerny (1996).

Chaque variante d'irrigation a fait l'objet d'une vinification durant la période 2009–2016. Les vins ont été vinifiés de manière standard avec foulage, égrappage et sulfitage (50 mg/l) de la vendange. Les vins ont subi une fermentation malolactique avant d'être stabilisés chimiquement et physiquement. Les vins ont été dégustés chaque année par un panel de 12 dégustateurs d'Agroscope. L'analyse sensorielle de nombreux descripteurs (liés au bouquet et à la qualité des vins en bouche) s'est réalisée selon une échelle de notation allant de 1 (faible, mauvais) à 7 (élevé, excellent).

Résultats et discussion

Caractérisation du régime hydrique de la vigne

Le potentiel hydrique foliaire de base (Ψ_{base}) renseigne sur les disponibilités en eau du sol pour la plante, en lien avec la capacité de colonisation racinaire (van Zyl 1987). Cette mesure permet d'évaluer la force avec laquelle l'eau est retenue dans les tissus de la plante. Plus les valeurs du Ψ_{base} sont négatives, plus l'eau est retenue fortement et exprime une contrainte hydrique croissante. Les valeurs du potentiel hydrique sont exprimées en mégapascals (MPa) de nos jours: une valeur de -1,0 MPa correspond à -10 bars. Des seuils d'interprétation du potentiel hydrique de base ont été proposés pour caractériser la contrainte hydrique (Van Leeuwen *et al.* 2009): si les valeurs sont supé-

rieures à $-0,15$ MPa, on estime que la contrainte hydrique est nulle. Des valeurs situées entre $-0,15$ et $-0,3$ MPa signalent une contrainte faible. De $-0,3$ à $-0,5$ MPa, la contrainte devient modérée et, pour des valeurs inférieures à $-0,5$ MPa, la contrainte est considérée comme forte.

Les différentes variantes d'irrigation testées ont provoqué des régimes hydriques de la vigne très contrastés selon les millésimes (fig. 1). L'irrigation, réalisée de la floraison à la véraison au goutte-à-goutte, a permis de maintenir un régime hydrique non limitant tout au long de la saison, avec des valeurs du Ψ_{base} généralement supérieures à $-0,3$ MPa. L'absence d'irrigation a entraîné une contrainte hydrique modérée de la vigne, qui s'est déclenchée dans la majorité des années autour de la véraison et s'est poursuivie jusqu'à la récolte selon les précipitations estivales. Durant les millésimes chauds et secs en 2009, 2011, 2015 et 2016 (tabl. 1 et 2), la contrainte hydrique est devenue forte dans les vignes non irriguées et bâchées au sol avec les valeurs du Ψ_{base} inférieures à $-0,5$ MPa (fig. 1). Dans cette situation, le fort stress hydrique associé à des températures très élevées du feuillage ($>40^\circ\text{C}$) ont causé un jaunissement des feuilles de la base

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

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Long terme
Janvier	-2,7	-1,5	0,2	1,5	1,0	2,6	1,4	2,2	-0,1
Février	1,0	1,5	2,9	-1,7	0,0	4,2	1,3	4,4	1,8
Mars	5,9	6,1	7,9	9,1	5,2	8,4	7,9	6,6	6,5
Avril	12,4	11,8	14,2	10,9	10,9	12,8	12,2	11,3	10,4
Mai	16,4	14,0	17,0	16,1	12,5	15,6	15,6	14,7	14,9
Juin	18,4	18,9	18,8	20,0	18,1	20,1	20,6	18,7	18,1
Juillet	20,5	21,8	18,6	20,3	21,6	19,3	24,0	21,5	20,1
Août	21,6	18,5	21,0	21,3	20,2	18,4	20,9	21,0	19,2
Septembre	16,8	14,8	17,8	15,8	16,3	16,9	14,9	18,4	15,2
Octobre	10,3	10,3	10,4	11,5	12,7	13,0	10,5	10,1	10,3
Novembre	6,7	5,5	5,2	6,4	3,8	8,1	5,9	5,8	4,3
Décembre	1,0	-0,6	1,9	0,6	0,4	2,7	2,2	-0,7	0,6
Année	10,7	10,1	11,3	11,0	10,1	11,7	11,5	11,2	10,1

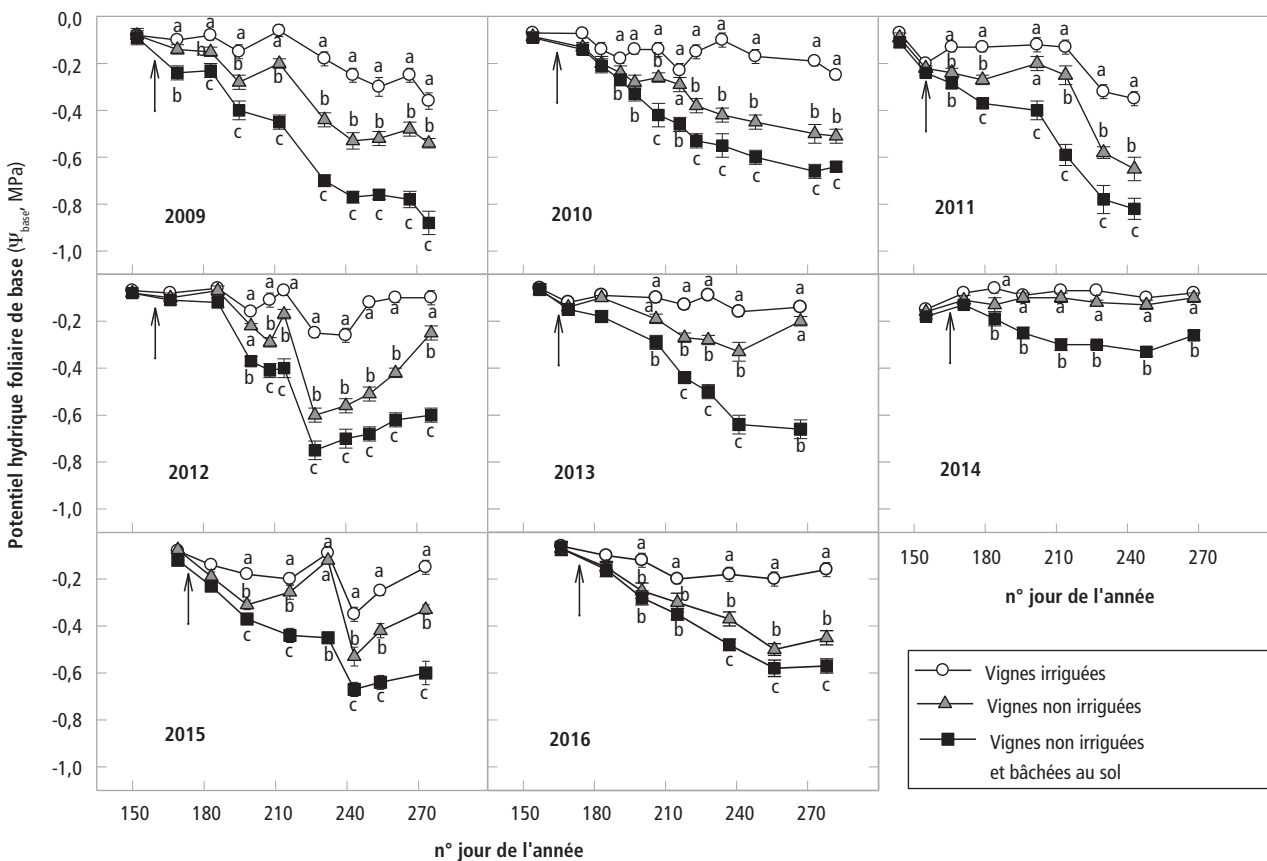


Figure 1 | Evolution saisonnière du potentiel hydrique de base (Ψ_{base}) pour différentes variantes d'irrigation. Les flèches indiquent le début de l'irrigation. Les lettres différentes signalent une différence statistique à 5% de probabilité. Chasselas, Leytron (Suisse), 2009–2016.

des rameaux et leur chute en cours d'été. La pose d'une bâche imperméable au sol a permis d'obtenir un stress hydrique sévère et d'étudier ainsi la réponse physiologique et agronomique du Chasselas à la sécheresse.

L'analyse de la composition isotopique du carbone ($\delta^{13}\text{C}$ ou rapport $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$), a été effectuée sur les sucres du moût à la vendange. En l'absence de contrainte hydrique, le carbone 12 (isotope ^{12}C), plus léger que le carbone 13 (^{13}C), est assimilé de manière préférentielle lors de la photosynthèse quand les stomates sont ouverts. En cas de sécheresse par contre, les stomates se ferment progressivement et les enzymes impliqués dans le processus de la photosynthèse ne discriminent plus aussi efficacement les isotopes de carbone. Il en résulte un enrichissement en ^{13}C dans les sucres des raisins. Une corrélation a été observée dans notre étude entre la composition isotopique et les valeurs du potentiel hydrique de base et de tige (résultats non présentés). Des valeurs plus élevées (moins négatives) de $\delta^{13}\text{C}$ indiquent une contrainte hydrique plus importante. La composition isotopique $\delta^{13}\text{C}$ constitue un bon indicateur de la contrainte hydrique subie par la vigne durant la période d'accumulation des sucres dans les baies (Gaudillère *et al.* 2002; Zufferey *et al.* 2017).

Echanges gazeux du feuillage et embolie

La croissance et les échanges gazeux (photosynthèse et transpiration) du feuillage sont largement dépendants de l'alimentation en eau de la vigne. L'augmentation de la contrainte hydrique, observée dans les variantes non irriguées en cours de saison, conduit à la fermeture progressive des stomates (diminution de la conductance stomatique g_s), réduisant par conséquent la photosynthèse et la transpiration des feuilles (fig. 2). La diminution des échanges gazeux est déjà perceptible pour des valeurs de potentiel hydrique de base inférieures à $-0,3\text{MPa}$ et de potentiel hydrique de tige à $-1,1\text{MPa}$. Ces observations correspondent à diverses études précédentes, effectuées sur le cépage Pinot noir (Spring et Zufferey 2009, Zufferey *et al.* 2017). La réponse de la vigne à la sécheresse s'effectue rapidement à travers la fermeture progressive des stomates, mais aussi par des mécanismes de résistance hydraulique au flux d'eau à travers la plante, de la racine jusqu'aux feuilles (Zufferey *et al.* 2011), ainsi que par le rapport entre le développement racinaire et foliaire.

Le contrôle stomatique des échanges gazeux constitue un mécanisme d'adaptation précoce à la restriction en eau subie par la plante afin d'éviter des accidents physiologiques comme l'embolie des vaisseaux

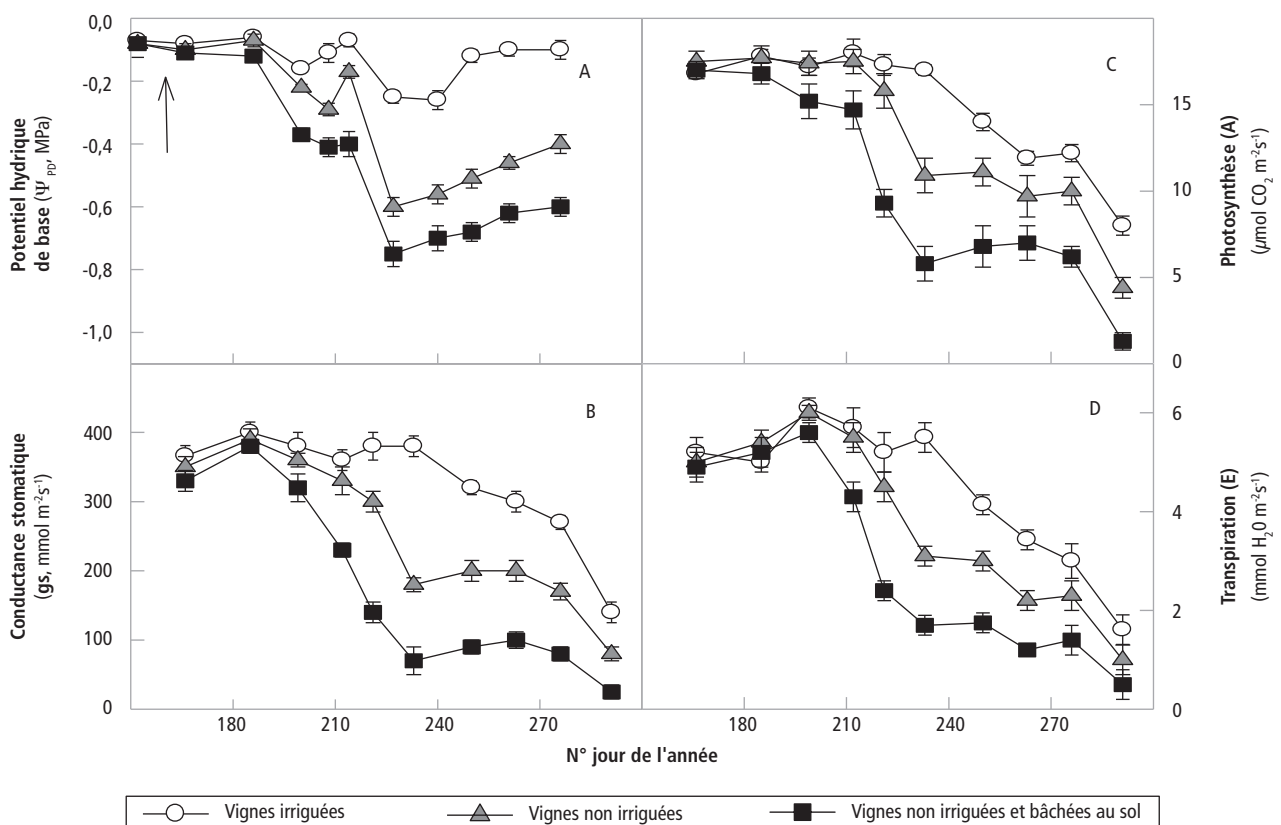


Figure 2 | Evolution saisonnière du potentiel hydrique de base (Ψ_{pb} , A), de la conductance stomatique (B), de la photosynthèse (C) et de la transpiration (D) pour différentes variantes d'irrigation. Chasselas, Leytron (Suisse), 2009.

(Lovisolo *et al.* 2008). Néanmoins, les conditions de sécheresse associées à des températures élevées en cours de journée peuvent conduire à la formation de bulles d'air dans les vaisseaux (phénomène d'embolie gazeuse), notamment des pétioles de feuilles (fig. 3). La diminution de la conductivité hydraulique ou du flux de sève brute dans les vaisseaux, exprimée en pourcentage d'embolie, a été mesurée à environ 25 % lorsque le potentiel de tige avoisinait -1,0 MPa. Le phénomène d'embolie s'est accentué encore avec l'accroissement de la contrainte hydrique. L'embolie des vaisseaux, observée dans les pétioles de feuilles, constituerait une sorte de « fusible hydraulique » qui diminuerait la transpiration du feuillage tout en évitant que l'embolie ne se propage dans les autres organes (rameaux, les raisins ou le tronc) lors d'une forte sécheresse.

Alimentation minérale et vigueur de la vigne

L'accroissement du déficit hydrique dans les variantes non irriguées a globalement provoqué une baisse de la teneur en azote dans les feuilles à la véraison (tabl. 3), mais pas des autres éléments nutritifs (P, K, Ca et Mg). L'indice chlorophyllien du feuillage (N-tester), mesuré à la véraison, a légèrement diminué avec l'accroissement de la contrainte hydrique. La teneur en azote assimilable des raisins à la vendange a été plus faible dans les vignes non irriguées et bâchées au sol ayant souffert d'une forte restriction en eau en comparaison des vignes irriguées. Une corrélation a été mise en évidence entre le régime hydrique de la vigne (potentiel hydrique moyen mesuré durant la période véraison-récolte) et l'azote assimilable des moûts à la vendange (fig. 4). Ceci est confirmé par divers auteurs (Reynard *et al.* 2011; Spring et Zufferey 2011; Spring *et al.* 2012), qui ont montré l'effet d'un déficit hydrique (d'origine climatique ou pédologique) durant la période estivale sur la teneur plus faible en azote du feuillage et des baies.

L'absorption des nutriments, dissous dans le sol, dépend largement du flux hydrique à travers la plante (Keller 2015), soit de la transpiration du feuillage.

Tableau 3 | Alimentation minérale de la vigne : diagnostic foliaire (% M.S.), teneur en N, P, K, Ca et Mg des feuilles à la véraison.

Indice chlorophyllien du feuillage (N-tester) et azote assimilable du moût à la vendange. Les lettres différentes indiquent une différence significative à 5 % de probabilité. Moyennes 2009–2016, Chasselas, Leytron (Suisse).

	Diagnostic foliaire (% M.S.)					N-tester	Azote assimilable (mg N/l)
	N	P	K	Ca	Mg		
Vignes irriguées	2,38a	0,25a	1,10a	4,07a	0,31a	586a	170a
Vignes non irriguées	2,32a	0,23a	1,11a	4,05a	0,31a	585a	155ab
Vignes non irriguées et bâchées au sol	2,11b	0,19a	0,95a	3,91a	0,33a	551a	122b

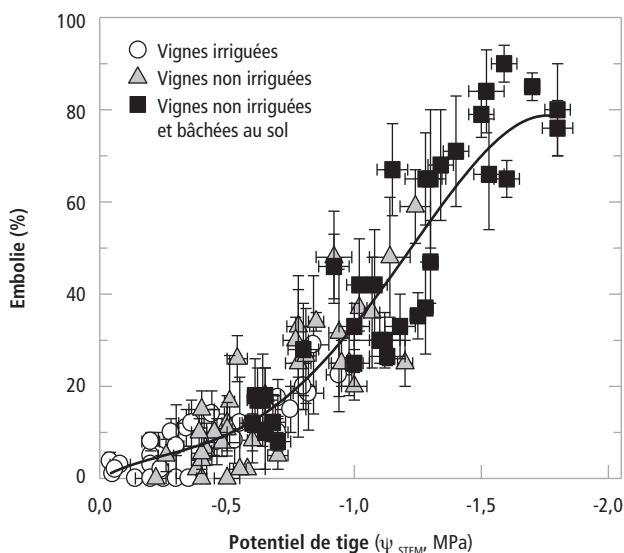


Figure 3 | Relation entre le potentiel hydrique de tige et le pourcentage d'embolie estimée dans les pétioles de feuilles pour différentes variantes d'irrigation. Chasselas, Leytron (Suisse), 2012–2015.

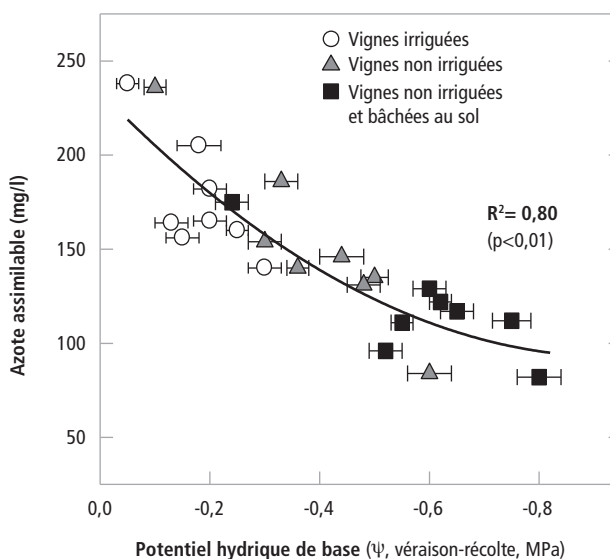


Figure 4 | Relation entre le potentiel hydrique de base (moyenne des mesures entre la véraison et la récolte) et la teneur en azote assimilable dans les moûts à la vendange pour différentes variantes d'irrigation. Chasselas, Leytron (Suisse), 2009–2016.

L'assèchement du sol, associé à des températures élevées durant la période estivale, peut nuire à la minéralisation des nutriments (surtout l'azote) avec une diminution de l'activité microbienne (Celette *et al.* 2009) et à leur absorption dans le courant transpiratoire de la plante.

Les vignes ayant subi une contrainte hydrique modérée à forte année après année ont montré une vigueur plus faible des rameaux (-20 % environ des poids de bois de taille) que les vignes irriguées sans stress hydrique (tabl. 4). Les conditions estivales sèches en 2009, 2011, 2015 et 2016 ont entraîné une réduction de la surface foliaire par chute des feuilles de la zone basale des rameaux pouvant atteindre jusqu'à 30-40 % dans les vignes non irriguées et bâchées au sol en comparaison des vignes irriguées. L'arrêt de la croissance végétative (notamment des rameaux secondaires) et la chute des feuilles limitent la transpiration globale de la plante tout en réduisant l'assèchement du sol: ces phénomènes participent au maintien d'un Ψ_{base} stable en fin de saison, comme ce fut le cas dans notre étude.

Croissance et composition des baies

La restriction progressive en eau, observée à partir de la véraison et jusqu'à la récolte dans les vignes non irriguées, n'a pas entraîné de diminution significative de la fertilité des bourgeons, ni du poids des baies et des grappes, en comparaison des vignes bien alimentées en eau (tabl. 5). Le rendement n'a par conséquent pas été trop affecté par le déficit hydrique survenu durant la maturation du raisin, à l'exception des millésimes très secs (2009, 2011, 2015 et 2016), durant lesquels les vignes non irriguées ont présenté des rendements un peu plus faibles (-10 à -15 %) que les vignes irriguées (résultats non présentés).

La contrainte hydrique modérée, survenue dans les vignes non irriguées, a favorisé l'accumulation des sucres, en conséquence d'un arrêt précoce de la croissance des rameaux secondaires qui conduit à une distribution des sucres de la photosynthèse préférentiellement vers les baies (tabl. 6). Dans notre étude, les vignes non irriguées ont montré des teneurs en acidité totale et en acide malique plus basses en moût que

Tableau 4 | Poids des bois de taille (g/cep) par année et sur la moyenne 2009–2016. Les lettres différentes indiquent une différence significative à 5 % de probabilité. Chasselas, Leytron (Suisse).

	Poids des bois de taille (g/cep)								Moyenne 2009–2016
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Vignes irriguées	646a	650a	690a	889a	686a	581a	686a	679a	689a
Vignes non irriguées	638a	635a	570b	834a	713a	610a	714a	704a	677a
Vignes non irriguées et bâchées au sol	618a	596a	460c	608b	550b	561a	571b	497b	557b

Tableau 5 | Composantes du rendement: fertilité des bourgeons (nombre de grappes par bois), dégrappage par cep, poids des baies et des grappes à la vendange et rendement par m² de sol. Les lettres différentes indiquent une différence significative à 5 % de probabilité. Moyennes 2009–2016, Chasselas, Leytron (Suisse).

	Fertilité des bourgeons (gr./bois)	Dégrappage (-x grappes par cep)	Poids des baies (g)	Poids des grappes (g)	Rendement (kg/m ²)
Vignes irriguées	2,1a	-7a	1,3a	172a	1,52a
Vignes non irriguées	2,1a	-7a	1,2a	165a	1,47a
Vignes non irriguées et bâchées au sol	2,0a	-7a	1,1a	158a	1,35a

Tableau 6 | Caractéristiques de la vendange: teneur en sucre et acidité des moûts (acidité totale, tartrique et malique) et pH. Les lettres différentes indiquent une différence significative à 5 % de probabilité, moyennes 2009–2016, Chasselas, Leytron (Suisse).

	Sucres (°Oe)	pH	Acidité totale (g/l)	Acide tartrique (g/l)	Acide malique (g/l)
Vignes irriguées	77a	3,20a	8,5a	6,5a	3,9a
Vignes non irriguées	79ab	3,22a	7,8b	6,3a	3,3ab
Vignes non irriguées et bâchées au sol	80b	3,19a	7,6b	6,4a	2,9b

celles des vignes irriguées sans stress hydrique. La réduction de l'acidité totale et la dégradation de l'acide malique semblent être liées au microclimat des grappes (baies exposées au rayonnement direct) chez les vignes non irriguées et sujettes à la contrainte hydrique en raison de la chute des feuilles dans la zone des grappes. Le pH du moût n'a pas été influencé par le stress hydrique, conformément à d'autres observations (McCarthy 2000). En vin, aucune différence significative n'a été relevée concernant l'acidité et le pH.

Qualité des vins

La figure 5 illustre les résultats des dégustations réalisées par le panel de dégustateurs d'Agroscope sur quatre descripteurs clés: le bouquet, la structure des vins, l'amertume et l'appréciation générale des vins.

Le régime hydrique de la vigne a relativement peu influencé l'appréciation globale des vins de Chasselas, à l'exception du millésime chaud et sec de 2009, et dans une moindre mesure de celui de 2011: pour ces deux millésimes, les vins issus de vignes ayant subi un fort stress hydrique ont été décrits comme plus amers, avec des notes d'impression générale plus faibles que les vins issus de vignes irriguées sans contrainte hydrique. L'amertume des vins tend à augmenter avec l'accroissement du stress hydrique durant la période d'étude. Une corrélation a également été notée ($R^2 = 0.60$) entre l'amertume des vins et la teneur en azote des moûts; en effet, les vins issus de moûts carencés en azote ont été jugés plus amers que ceux issus de moûts bien pourvus en azote.

Aucune différence significative n'a été relevée entre les différentes variantes d'irrigation pour les notes de bouquet et de structure des vins durant toute la période d'étude. L'appréciation globale des vins issus de vignes irriguées a été très légèrement mieux notée lors des millésimes chauds et secs. L'absence de contrainte hydrique tend généralement à favoriser le développement des composés aromatiques chez les cépages blancs (Reynold *et al.* 2010) grâce à une bonne alimentation azotée des moûts qui exhausse la typicité et la qualité des vins blancs (Tominaga *et al.* 2000; Peyrot des Gachons *et al.* 2005; Reynard *et al.* 2011).

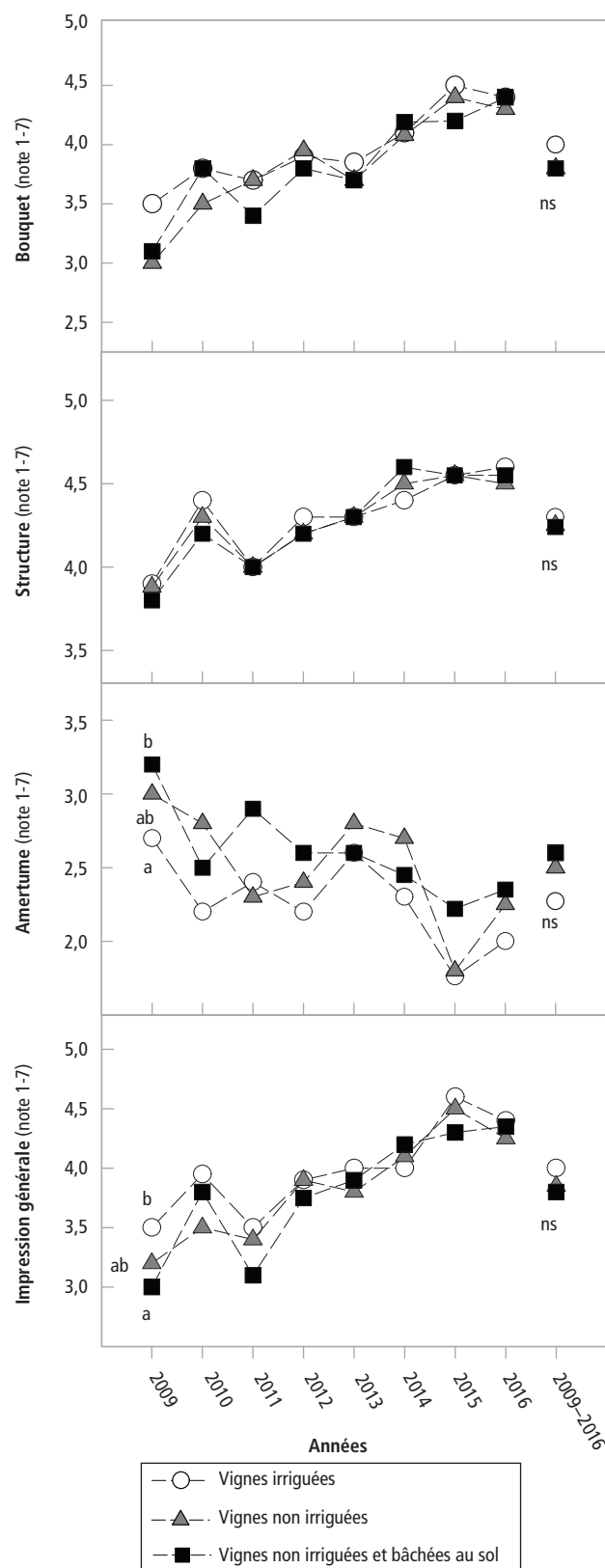


Figure 5 | Appréciation organoleptique de la qualité des vins en fonction de différents descripteurs: le bouquet, la structure, l'amertume et l'impression générale pour différentes variantes d'irrigation. Notation de 1 = faible, mauvais à 7 = élevé, excellent. Chasselas, Leytron (Suisse), 2009-2016.

Conclusions

- L'essai d'irrigation, conduit dans les conditions relativement sèches du Valais central à Leytron, a permis de confirmer l'effet positif d'une contrainte hydrique modérée durant la maturation du raisin de Chasselas. Cet effet a porté sur :
 - un arrêt de la croissance végétative durant la maturation ;
 - une meilleure accumulation des sucres dans les baies ;
 - une plus faible teneur en acidité totale et en acide malique des baies ;
 - des vins appréciés à la dégustation.
- Les vins ont été jugés plus amers en dégustation lorsque le stress hydrique était sévère et que les moûts étaient carencés en azote.
- Les composantes du rendement (fertilité des bourgeons, poids des baies et des grappes) n'ont pas été influencées par la restriction modérée en eau (contrainte modérée).
- Avec un stress hydrique sévère, les échanges gazeux du feuillage et la teneur en azote des feuilles et des raisins ont diminué. Le jaunissement du feuillage puis la chute des feuilles dans la zone des grappes ont été la manifestation d'un stress hydrique important.
- La mesure des potentiels hydriques de nuit et de tige ainsi que la composition isotopique du carbone (^{13}C) des sucres du moût ont permis de bien caractériser l'alimentation en eau de la vigne durant la saison. ■

Remerciements

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

Bibliographie

- Aerny J., 1996. Composés azotés des moûts et des vins. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **28**, 3, 161-165.
- Avicé J., Ourry A., Lemaire G. & Boucaud J. 1996. Nitrogen and carbon flows estimated by ^{15}N and ^{13}C pulse-chase labeling regrowth of alfalfa. *Plant Physiol.* **112**, 281-290.
- Bell S.-J. and Henschke P.A., 2005. Implications of nitrogen nutrition for grapes, fermentation and wine. *Austr. J. Grape Wine Res.*, **11**, 242-295.
- Chaves M.M., Zarrouk O., Francisco R., Costa J.M., Santos T., Regalado A.P., Rodrigues M.L. & Lopes C.M., 2010. Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data. *Ann. Bot.* **105**, 661-676.
- Celette F., Findeling A. & Gary C., 2009. Competition for nitrogen in an unfertilized intercropping system: the case of an association of grapevine and grass cover in a Mediterranean climate. *Eur. J. Agron.* **30**, 41-51.
- Cochard H., Bodet C., Ameglio T. & Cruziat P., 2000. Cryo-scanning electron microscopic observations of vessel content during transpiration in walnut petioles: facts or artefacts? *Plant Physiology* **124**, 1191-1202.
- Deloire A., Carbonneau A., Wang Z. & Ojeda H., 2004. Vine and water, a short review. *J. Int. Sci. Vigne Vin* **38**, 1-13.
- Gaudillère J.-P., van Leeuwen C. & Ollat N., 2002. Carbon isotope composition of sugars in grapevine, an integrated indicator of vineyard water status. *J. Exp. Bot.* **53**, 757-763.
- Keller M., 2015. *The Science of Grapevines. Anatomy and Physiology*. Second Edition, Academic Press, Elsevier, San Diego CA.
- Lovisolo C., Perrone I., Hartung W. & Schubert A., 2008. An abscisic acid-related reduced transpiration promotes gradual embolism repair when grapevines are rehydrated after drought. *New Phytologist* **180**, 642-651.
- McCarthy M.G., 2000. Developmental variation in sensitivity of *Vitis vinifera* L. (Shiraz) berries to soil water deficit. *Aust. J. Grape Wine Res.* **6**, 136-140.
- Peyrot des Gachons C.P., van Leeuwen C., Tominaga T., Soyer J.-P., Gaudillère J.-P. & Dubourdieu D., 2005. Influence of water and nitrogen deficit on fruit ripening and aroma potential of *Vitis vinifera* L. cv Sauvignon blanc in field conditions. *J. Sci. Food Agric.*, **85**, 73-85.
- Reynard J.-S., Zufferey V., Nicol G.C. & Murisier F., 2011. Soil parameters impact the vine-fruit-wine continuum by altering vine nitrogen status. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, **45**, 211-221.
- Reynolds A., De Savigny C. & Willwerth J., 2010. Riesling terroir in Ontario vineyards. The roles of soil texture, vine size and vine water status. *Progrès Agric. Vitic.*, **127**, 212-222.
- Scholander P.F., Bradstreet E.D., Hemmingsen E.A. & Hammel H.T., 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science* **148**, 339-346.
- Spring J.-L. & 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. *Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **41**, 103-111.
- Spring J.-L. & Zufferey V., 2011. Irrigation : comportement de la vigne et qualité des vins de cépages blancs dans le Valais central. *Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic.* **43**, 162-171.
- Spring J.-L., Verdenal T., Zufferey V. & Viret O., 2012. Nitrogen dilution in excessive canopies of Chasselas and Pinot noir cvs. *J. Int. Sci. Vigne Vin* **46**, 233-240.
- Van Leeuwen C. & Seguin G., 1994. Incidences de l'alimentation en eau de la vigne, appréciée par l'état hydrique du feuillage, sur le développement de l'appareil végétatif et la maturation du raisin (*Vitis vinifera* variété Cabernet franc, Saint-Emilion, 1990). *J. Int. Sci. Vigne Vin* **28**, 81-110.
- Tominaga T., Baltenweck-Guyot R., Peyrot des Gachons C.P. & Dubourdieu D., 2000. Contribution of volatile thiols to the aromas of white wines made from several *Vitis vinifera* grape varieties. *Am. J. Enol. Vitic.*, **51**, 178-181.
- Van Leeuwen C., Trégoat O., Choné X., Bois B., Pernet D. & Gaudillère J.-P., 2009. Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? *J. Int. Sci. Vigne Vin* **43**, 121-134.
- Van Zyl J.L., 1987. Diurnal variation in grapevine water stress as a function of changing soil water status and meteorological conditions. *S. Afr. Enol. Vitic.* **8**, 2, 45-50.
- Zufferey V., 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). *J. Exp. Bot.* **62**, 3885-3894.
- Zufferey V., Spring J.-L., Verdenal T., Lorenzini F., Dienes-Nagy A., Belcher S., Koestel C., Rösti J., Spangenberg J. & Viret O., 2017. Impacts of water stress on the grapevine physiology and the quality of "Pinot noir" wines in Switzerland. *OENO One* **51**, 1, 17-27.

Summary**Influence of Water Supply on Vine Behaviour and Chasselas Wine Quality. Conclusions of an Irrigation Trial in Leytron (Canton of Valais)**

An irrigation trial was conducted from 2009 to 2016 at the Agroscope experimental station in Leytron in order to study the effect of vine water regime on grape ripening and the quality of Chasselas wines. Progressive, moderate water stress over the growing season resulted in less vigorous shoot growth and favoured grape ripening compared to vines without water stress.

The nitrogen content of the must decreased along with the increase in water stress. Neither bud fertility nor berry and cluster weight at harvest was affected by the moderate water restriction. By contrast, more-severe water stress resulted in a decrease in both photosynthesis and transpiration, and triggered the phenomenon of embolism in the petioles. During hot, dry vintages, wines from vines subject to drought were judged more bitter at tastings than those from irrigated vines.

Key words: Irrigation, water stress, grapevine physiology, berry composition, wine quality.

Zusammenfassung**Einfluss der Wasserversorgung auf das Verhalten der Rebe und die Weinqualität bei Chasselas. Ergebnisse eines Bewässerungsversuchs in Leytron (VS)**

Zwischen 2009 und 2016 wurde auf dem Versuchsstandort von Agroscope in Leytron ein Bewässerungsversuch durchgeführt, um den Einfluss der Bewässerung auf die Reifung der Rebe und die Weinqualität bei Chasselas zu untersuchen. Die zunehmende, mässig eingeschränkte Wasserzufuhr im Laufe der Vegetationsperiode hat im Vergleich zu Reben ohne Wasserstress zu einem weniger stark ausgeprägten Triebwachstum geführt und die Traubenreifung gefördert. Der Stickstoffgehalt des Mostes nahm mit zunehmendem Wasserstress ab. Die Fruchtbarkeit der Knospen sowie das Gewicht der Beeren und Trauben bei der Ernte wurden durch die eingeschränkte Wasserversorgung der Rebe nicht beeinflusst. Eine stärkere Einschränkung der Wasserversorgung hat hingegen zu einer Abnahme der Photosynthese, der Transpiration der Blätter und zu Embolien in den Blattstielen geführt. Weine aus wärmeren und wasserarmen Jahren, in denen die Reben unter der Trockenheit gelitten haben, wurden bei der Degustation als bitterer bewertet als Weine, die aus Trauben von bewässerten Reben hergestellt wurden.

Riassunto**Influenza dell'acqua sul comportamento della vigna in termini di qualità del Chasselas. Bilancio di un test di irrigazione a Leytron (VS)**

Tra il 2009 e il 2016 è stato condotto uno studio sull'irrigazione nel vigneto sperimentale di Agroscope di Leytron. Lo scopo era studiare l'effetto dell'apporto idrico sulla vigna per quanto concerne la maturazione degli acini e la qualità del vino Chasselas. La restrizione progressiva e moderata di acqua durante la stagione ha indebolito i ramoscelli e favorito la maturazione degli acini nel confronto con le vigne senza restrizione idrica. Il tenore di azoto nel mosto è diminuito con l'aumento dello stress idrico. La fertilità dei germogli, il peso delle bacche e dei grappoli alla vendemmia non sono stati influenzati dalle restrizioni idriche moderate subite dalla vigna. Uno stress idrico più intenso ha invece comportato diminuzioni della fotosintesi e della traspirazione delle foglie e ha causato l'embolia nei piccioli. Durante le annate calde e secche, i vini provenienti da vitigni che hanno sofferto di siccità sono stati considerati più amari al gusto di quelli provenienti da vitigni irrigati.



Guillaume
PÉPINIÈRES
PLANTS DE VIGNE

**Qualité
Savoir-faire
Innovation
Service**

- Lutte contre la flavescence dorée par le traitement à l'eau chaude
- **VigoRhize**, le plant dynamisé aux défenses naturelles renforcées
- Fourniture de plants longs
- Sélections massales et privées

*Ensemble,
créons un vignoble d'exception*



www.guillaume.fr – info@guillaume.fr
32, Grande-Rue – 70700 Charcenne (F)
Tél. +33 384 32 80 55

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

Régulation et alarme de température par SMS



**Envoyez un SMS pour régler à distance
vos températures de consigne ou
enclencher/déclencher
un contact.**

Le module SPM03 régule la température de manière autonome selon la consigne fixée. Les seuils d'alerte sont réglables par SMS ou à l'aide d'un logiciel PC.

Interrogez le SPM03 par SMS pour connaître la température actuelle ou l'état d'un contact.

Soyez averti par un SMS en cas de dépassement des limites fixées.

Idéal pour :

- résidence secondaire
- chambre froide
- cuve de fermentation



 **e-technic.ch**
distribué par COMPUSOFT SA

✉ info@etechnic.ch ☎ +41 22 879 04 00
📍 Route de Chancy 50 - 1213 Petit-Lancy



Swiss Precision. Made to Last.



FELCO 801 / FELCO 811

Outils professionnels pour la viticulture et l'arboriculture

Profitez de notre offre de reprise!

FELCO récompensé au Grand Prix suisse de design 2018

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



DOMAINE DU
PETIT TRUET
FOUNEX - LAC

MICHEL ET HÉLI DUTRUY
PÉPINIÈRES VITICOLES

CHEMIN DU LAC 6 - 1297 FOUNEX
TÉL. 079 607 83 61

Quatre générations d'expérience pour une qualité irréprochable

michel.dutrui@bluewin.ch

Prix Viticulture OIV 2015



AUTEURS
ÉDITEUR
PRIX

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

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


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

COMMANDE info@revuevitiarbohorti.ch
AMTRA, avenue des Jordils 5, case postale 1080, 1001 Lausanne

VITICULTEURS HORTICULTEURS ARBORICULTEURS

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

Ne passez pas commande avant de nous demander une offre!



**JEAN-FRANÇOIS
KILCHHERR**
CH- 1297 FOUNEX
Grand-Rue 8
Tél. 022 776 21 86 – Fax 022 776 86 21
Natel 079 353 70 52

AGRO-DISTRIBUTION – VENDANGES MÉCANIQUES



Toute l'équipe d'ETICOLLE
vous remercie pour la confiance accordée
et vous présente ses meilleurs vœux pour

2 0 1 9

Très belle année !

Photo : Alban Mathieu



Technopôle 2 – 3960 Sierre – +41 27 452 25 26 – info@eticolle.ch – www.eticolle.ch

Résistances durables aux maladies : élargissement de la base génétique lors de la sélection des pommes

Laura Juliana DÄLLENBACH, Simone SCHÜTZ et Markus KELLERHALS

Agroscope, 8820 Wädenswil, Suisse

Renseignements: Markus Kellerhals, tél. +41 58 460 62 42, e-mail: markus.kellerhals@agroscope.admin.ch, www.agroscope.ch



Culture de jeunes plants de pommier de différents croisements sous serre.

Introduction

Suite à l'adoption par le Conseil fédéral du plan d'action pour l'utilisation durable des produits phytosanitaires en septembre 2017, l'agriculture et la recherche sont amenées à trouver des alternatives aux produits phytosanitaires conventionnels. Les secteurs de la sélection et de la production des pommes sont notamment concernés par ces mesures. Afin de réduire l'utilisation des produits de traitement et, par conséquent, des résidus sur les fruits récoltés, le groupe

Amélioration et ressources génétiques des fruits d'Agroscope développe des variétés robustes et d'excellente qualité. A titre d'exemple, la variété Ladina, une sélection d'Agroscope mise sur le marché en 2012, est tolérante au feu bactérien et à la tavelure. Aussi, le projet PAN-RPGAA («NAGBA», utilisation des ressources génétiques des pommes pour la culture biologique) a été lancé en 2016 afin d'élargir la base génétique des variétés de pommes commercialisées. Cette dernière est restreinte et cette situation préoccupe de plus en plus les obtenteurs et producteurs.

Selon une étude de Bannier (2011), la plupart de ces variétés reposent sur six parents d'origine présents dans la généalogie en tant que parents, grands-parents ou arrière-grands-parents. Le but du projet, conduit par le FiBL avec la participation d'Agroscope et de Poma Culta (sélection biodynamique), est de diversifier et élargir cette base génétique en exploitant les ressources provenant du réservoir génétique des pommes suisses. Dans le cadre des projets PAN-RPGAA, un inventaire des ressources génétiques de pommes encore existantes en Suisse a été effectué par Fructus, de 2000 à 2005. Les accessions ont été caractérisées selon leur phénotype et génotype (Kellerhals *et al.* 2018). La tolérance à la tavelure (*Venturia inaequalis*), à l'oïdium (*Podosphaera leucotricha*), au feu bactérien (*Erwinia amylovora*) ainsi qu'au champignon responsable de la défoliation (*Marssonina coronaria*) a également été analysée (Gassmann *et al.* 2017).

L'agent responsable de l'une des principales maladies des pommes est un champignon, la tavelure. Au début du XX^e siècle, la découverte aux Etats-Unis d'un gène de résistance (*Rvi6*) (Kellerhals 1989) a stimulé la recherche dans ce domaine. Malheureusement, ce type de résistance s'est montré peu durable et de plus en plus de contournements de la résistance ont été constatés ces dernières années en Europe, en particulier pour la résistance *Rvi6* (Kellerhals *et al.* 2018). Toutefois, et fort heureusement, plus de 18 gènes de résistances spécifiques ont été identifiés et décrits à ce jour, pour la plupart sur différentes parties de chromosomes (Jha *et al.* 2009). La pyramidisation de plusieurs gènes de résistance fonctionnels contre le même pathogène permet de cultiver des variétés présentant des résistances plus durables (Baumgartner *et al.* 2015). Il s'agit cependant de faire preuve de prudence. McDonald et Linde (2002) préconisent, lors de l'obtention de résistances, de considérer l'environnement de chaque pathogène, en particulier son mode de multiplication, sa fréquence de mutation ainsi que son mécanisme de propagation. Face à ces défis, les sélectionneurs doivent élargir et diversifier la base de résistances en utilisant aussi les précieuses ressources génétiques fruitières suisses (Kellerhals *et al.* 2018). Les anciennes variétés présentent souvent une résistance polygénique, qui est contournée plus difficilement qu'une résistance monogénique.

La maladie la plus désastreuse pour les pommiers est causée par la bactérie du feu bactérien *Erwinia amylovora* (*E.a.*), observée pour la première fois en Suisse en 1990 (Kellerhals *et al.* 2014). La plupart des variétés cultivées et commercialisées actuellement sont sensibles à cette maladie. Les pommes sauvages telles qu'«Evereste», *Malus x robusta* 5 (MR5) et *Malus sieversii*

Résumé

Le programme de sélection des pommes d'Agroscope contribue à trouver et appliquer des alternatives à l'utilisation traditionnelle de produits phytosanitaires.

Malheureusement, les variétés de pommes cultivées actuellement ne présentent qu'une base génétique restreinte. Il en est de même pour les variétés résistantes aux maladies. Des croisements ont été effectués avec d'anciennes variétés possédant des résistances polygéniques dans le but d'obtenir des variétés de pommes durablement robustes vis-à-vis de la tavelure. A titre d'exemple, le croisement ACW 17314 x Seemer a conduit à une grande résistance vis-à-vis de cette maladie.

Les propriétés de résistance de pommes sauvages ont également permis l'obtention de variétés tolérantes au feu bactérien.

La qualité insuffisante des fruits de ces dernières a été améliorée en procédant à plusieurs rétrocroisements avec des bonnes variétés et en recourant à la méthode «Fast Track». De nouvelles variétés de pommes de table résistantes et de qualité ont ainsi été obtenues. Les variétés prometteuses avec des QTL de résistance sont soumises à différents tests au feu bactérien, tels que les tests sur pousses ou sur fleurs.

Actuellement, les descendants de la 3^e et 4^e générations sont soumis au test sur pousses et les sélections de la 3^e génération sont testées sur fleurs. Les premiers résultats sont très prometteurs. Lors du test sur pousses, la sélection Fast Track 1421_03 (4^e génération FB_MR5) a présenté moins de 1 % des symptômes en comparaison avec Gala Galaxy. Les sélections Fast Track de la 3^e génération FB_MR5 (1124_26) et Evereste (1420_78) ont été nettement moins atteintes que Gala Galaxy et peuvent être classées comme peu sensibles. Les résultats de la variété d'Agroscope Ladina possédant le QTL de robustesse FB_F7 sont concluants, avec des symptômes de 17,1 % en moyenne par rapport à Gala Galaxy. Ladina et 1124_26 ont présenté une bonne tolérance au feu bactérien lors du test sur fleurs.

sont des sources de résistance au feu bactérien (Baumgartner *et al.* 2011). Leur qualité et leur calibre >

sont toutefois insuffisants et nécessitent de nombreux croisements avec des variétés de qualité supérieure. L'élimination de leurs propriétés négatives implique des rétrocroisements sur quatre ou cinq générations. Pour les pommes, un cycle de générations dure généralement entre quatre et cinq ans depuis le croisement jusqu'à la floraison de la descendance suivante. Heureusement, la méthode Fast Track permet de réduire le cycle des générations de presque deux ans, et ce, sans intervention du génie génétique.

Matériel et méthodes

a) Screening de la tavelure

Les croisements avec les anciennes variétés ont été effectués au printemps 2017 sur la parcelle de sélection en déposant le pollen de la plante père sur les stigmates de la plante mère à l'aide d'un pinceau. Afin d'éviter une pollinisation indirecte par les insectes, les branches à polliniser ont été enveloppées dans des sacs en nylon respirants, et ce avant le début de la floraison. Les sacs ont été retirés une fois la floraison terminée. Les pommes ont été récoltées en automne et leurs pépins retirés. Ces derniers ont été disposés en couches dans du sable humide à environ 2°C jusqu'en janvier 2018, puis semés. Pour le screening de la tavelure sous serre, les semis au stade de 4 feuilles ont été inoculés avec une suspension de conidies (concentration: 4.1×10^4 conidies/ml; capacité de germination des conidies: 87%). Grâce aux conditions d'infection favorables, les symptômes ont pu être évalués après 14 jours selon l'échelle de Lefrancq *et al.* (2009). La concentration utilisée ainsi que la méthode d'évaluation ont été appliquées afin de déterminer des résistances polygéniques. Toutes les plantes présentant plus de 25% de symptômes (niveaux 4 à 6) avec des sporulations visibles sur la surface des feuilles ont été désignées comme sensibles et éliminées.

b) Feu bactérien: test sur pousses sous serre et test sur fleurs en plein champ

Une nouvelle méthode Fast Track est utilisée depuis 2008 pour raccourcir, lors de la sélection, la phase juvénile de *Malus* (quatre à cinq ans). Après les croisements en plein champ ou sous serre, les semis sont d'abord triés selon leur résistance à la tavelure (méthode décrite sous a). Puis la présence et/ou l'absence de gènes connus de résistance au feu bactérien, à la tavelure et à l'oïdium est vérifiée à l'aide de marqueurs moléculaires. Les plantes sélectionnées sur la base de ces analyses sont cultivées sous serre en conditions optimales et contrôlées (pilotage de la température, lumière et irrigation) afin de raccourcir la phase juvénile et d'induire la floraison le plus rapidement possible. Une à deux fois par année, selon qu'elles fleurissent après le second repos hivernal ou non, les plantes subissent un «hiver artificiel» d'environ 9 semaines en chambre froide (3-4°C). Elles sont également traitées au prohexadione-calcium afin de raccourcir la longueur des entre-nœuds, ainsi qu'à l'éthéphon pour induire le repos hivernal. Cette méthode de culture permet de réduire de deux ans la durée entre deux générations (Baumgartner *et al.* 2011).

Les parents résistants, issus de la méthode Fast Track, ainsi que les sélections et variétés prometteuses ont été soumis à des tests de résistance au feu bactérien, effectués sur pousses et sous serre sécurisée. L'inoculation a été effectuée dans l'apex des pousses à l'aide d'une seringue (0,6 mm), avec une suspension d'*E. amylovora* (souche suisse ACW 610 Rif.) à une concentration de 10^9 cfu/ml (unité formant colonie par ml). Puis, 7, 14 et 21 jours après inoculation, la longueur totale des pousses ainsi que leurs sections exemptes de feu bactérien (visibles à l'œil nu) ont été mesurées.

A titre d'exemple, la figure 1 montre le développement de deux sélections, 1124_26 et 1421_03, ainsi que de leurs parents, cultivés avec la méthode Fast

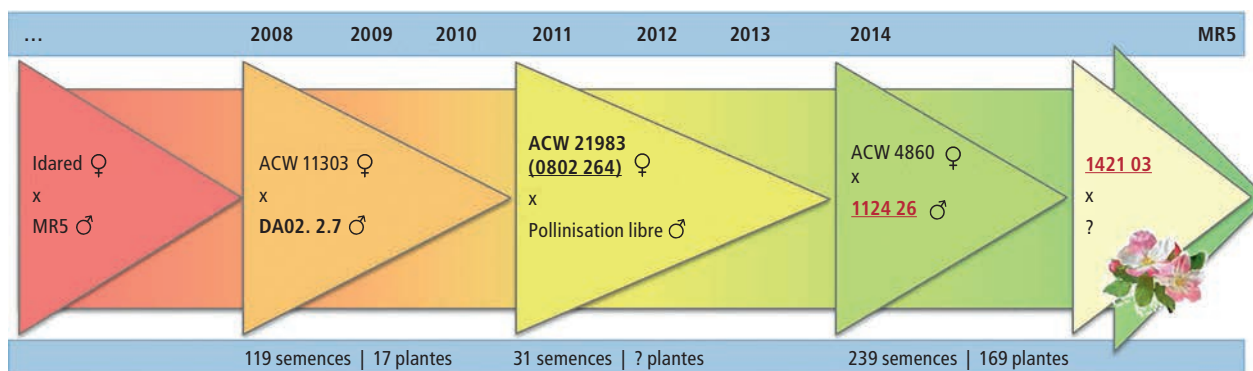


Figure 1 | Etapes de sélection Fast Track d'une lignée sélectionnée présentant une résistance au feu bactérien *Malus x robusta* 5 (FB_MR5). Les sélections issues du croisement sont soulignées. En rouge, les génotypes en question.

Track. 1124_26 et 1421_03 possèdent le QTL (Quantitative trait loci) *FB_MR5*.

Une autre sélection dans le programme Fast Track, 1420_78 (avec QTL *Fb_E*), est issu d'Evereste et la variété Ladina possède un QTL de robustesse *FB_F7*. Le témoin robuste Enterprise (aussi avec QTL *FB_F7*) et le témoin sensible Gala Galaxy ont été testés chaque année. Les dégâts sur une variété ont été calculés en prenant en compte la longueur des lésions nécrotiques par rapport à la longueur totale des pousses. Le résultat étant exprimé par rapport à la longueur des lésions de la variété sensible Gala Galaxy, représentant 100 %. Dans cette étude, les moyennes obtenues sur plusieurs années du témoin robuste Enterprise et de la variété à cidre Rewena ont servi de témoin (tabl. 1).

Un test de feu bactérien sur fleurs a ensuite été effectué en plein champ sur une parcelle fermée par un filet, au Centre de fruits à noyau Breitenhof. En avril 2018, 10 bouquets floraux par arbre ont été prélevés sur 12 arbres de Ladina et 12 arbres de 1124_26 et inoculés par vaporisation (*Erwinia amylovora* L610/03/2013, concentration: 109 cfu/ml). Les symptômes ont été évalués 14, 21 et 28 jours après inoculation (tabl. 2). Enterprise a fait office de témoin robuste et Gala Galaxy de témoin sensible. Les bouquets floraux ayant chuté n'ont pas été évalués. Les fruits sains ont également été comptés.

Résultats

a) Screening de la tavelure

La figure 2 présente les résultats du screening de la tavelure effectué sous serre selon les différentes classes d'évaluation de Lefrancq *et al.* (2009).

En complément, une évaluation a été faite du pourcentage des réactions de défense Pinpoint Pits (PPP), chloroses (SC) et nécroses stellaires (SN). Les PPP sont typiquement observés lorsque le gène *Rvi4* est présent et les SC avec le gène *Rvi2*. Toutefois, ces symptômes peuvent également être associés à d'autres gènes de résistance, ce qui n'était pas le cas dans nos parents

Tableau 1 | Symptômes sur pousses. Longueur de lésion nécrotique moyenne, 21 jours après inoculation d'*E. amylovora* au point de végétation en pourcentage de la longueur totale de la pousse par rapport à Gala Galaxy. En comparaison avec Enterprise et Rewena.

Variété	Année de l'essai	n	% vs Gala Galaxy (100%)
Ladina	2008	9	25,4%
Ladina	2009	9	11,7%
Ladina	2010	12	14,4%
1124_26	2014	12	7,8%
1124_26	2015	9	5,9%
1420_78	2018	9	2,2%
1421_03	2018	10	1%
Enterprise	Moyenne sur plusieurs années	–	8,1%
Rewena	Moyenne sur plusieurs années	–	16,1%

Tableau 2 | Echelle de détermination de l'infection sur fleurs après inoculation du feu bactérien.

Classe	Description
Classe 1	Pas d'infection
Classe 2	Symptômes diffus
Classe 3	Infection florale (< 1/3 pédoncule)
Classe 4	Infection florale (≥ 1/3 pédoncule)
Classe 5	Bouquet floral et bourse
Classe 6	Bouquet floral et bourse, jeune pousse
Classe 7	Nécrose du bois (≤ 5 cm)
Classe 8-9	Nécrose du bois (≥ 5 cm)

considérés. Les descendants figurant dans cette étude ne présentaient ni SC ni SN.

Plus de 70 % des plantes issues du croisement ACW 17314 x Seemer présentaient moins de 25 % des symptômes de tavelure. Pour le croisement ACW 16981 x Kaister Feldapfel, 80 % des plantes ont montré des

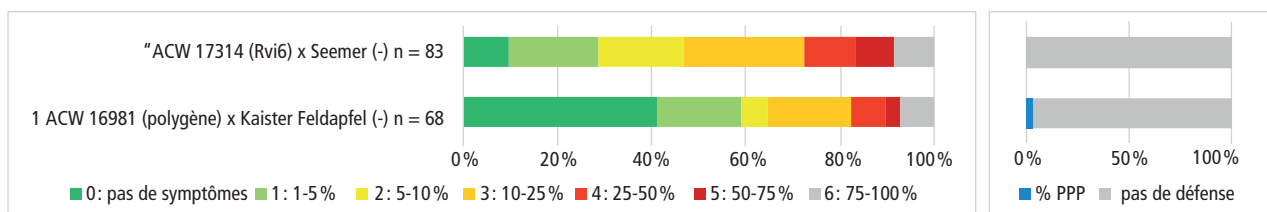


Figure 2 | Répartition en pourcentage des classes de symptômes de la tavelure après inoculation selon Lefrancq *et al.* (2009), ainsi que pourcentage des réactions de défense (PPP = Pinpoint Pits, réaction de défense hypersensible de la plante). Les plantes avec plus de 25 % de symptômes de tavelure ont été éliminées. n = nombre de semis.

symptômes inférieurs à 25 %, dont 40 % n'ont montré aucun symptôme. De faibles Pinpoint Pits ont été observés sur ce croisement.

b) Fast Track / feu bactérien: test sur pousses et sur fleurs en plein champ

Les tests sur pousses sont calculés en tenant compte de la longueur des lésions nécrotiques par rapport à la longueur totale des pousses, le résultat étant exprimé par rapport à la longueur des lésions de la variété sensible Gala Galaxy, représentant 100 %. Toutes les sélections Fast Track ainsi que Ladina n'ont été que faiblement touchées par le feu bactérien lors du test sur pousses (tabl. 1). Il s'est avéré que toutes les sélections Fast Track étaient moins sensibles que les témoins robustes Entreprise et Rewena (pommes à cidre). 1421_03 était très faiblement atteint en comparaison avec Gala Galaxy, avec seulement 1 % de longueur de lésion nécrotique (fig. 3).

Lors du test sur fleurs, Ladina et 1124_26 se sont montrées moins sensibles que le témoin Gala Galaxy (fig. 4). Et 28 jours après inoculation, plus de 90 % des bouquets floraux de 1124_26 se trouvaient dans les classes 1 à 3. Il est frappant de constater la chute d'une partie des fleurs de ce génotype. Ladina était un peu plus atteinte, toutefois près de 65 % des bouquets floraux ont encore pu être attribués à la classe 3 ou inférieure à 3. Il ressort que le témoin robuste Entreprise ne présentait pratiquement pas de symptômes de feu bactérien, alors que le témoin sensible Gala Galaxy ne possédait pas un seul bouquet floral sain (classe 1-2).

Discussion

a) Screening de la tavelure

L'analyse de la réaction de défense Pinpoint Pits, telle que rencontrée pour le croisement ACW 16981 x Kaister Feldapfel, pourrait servir d'indicateur pour un facteur de résistance encore inconnu, provenant probablement de l'ancienne variété Kaister Feldapfel. La présence du gène *Riv6* permet d'expliquer la résistance de 50 % des semis issus du croisement ACW 17314 x Seemer. Les autres résistances d'un facteur inconnu sont probablement à attribuer à Seemer. Ces deux croisements mettent en avant la possibilité de cultiver des variétés résistantes potentiellement durables (telles que Kaister Feldapfel et Seemer), en élargissant la base génétique avec des variétés anciennes. Une pyramidation supplémentaire pourrait encore renforcer le résultat (Baumgartner *et al.* 2015).

b) Fast Track / feu bactérien: test sur pousses et sur fleurs en plein champ

Les tests sur pousses ont démontré que les sélections de la 3^e et respectivement 4^e génération avec un QTL *FB_MR5* ou *Fb_E*, dont font partie 1421_03, 1420_78 et 1124_26, étaient déjà plus robustes qu'Entreprise. Ladina, variété d'Agroscope actuellement commercialisée, appartient aussi aux variétés robustes, avec une sensibilité moyenne de 17,1 % par rapport à Gala Galaxy. Ladina et 1124_26 ont été pris en compte dans les tests sur fleurs de 2108 et ont montré de bons résultats par rapport à Gala Galaxy. Tout comme Entreprise, 1124_26 semble «éjecter» ses fleurs afin



Figure 3 | Gauche: Symptômes sur pousses, 21 jours après inoculation artificielle avec *E. amylovora* au point de végétation chez la sélection Fast Track 1421_03. Milieu: référence Entreprise (robuste). Droite: référence Gala Galaxy (sensible).



Figure 4 | Pourcentage des bouquets floraux dans chaque classe d'évaluation 14, 21 et 28 jours après inoculation, avec le nombre de fruits et le nombre de bouquets floraux ayant chuté (BC) 14, 21 et 28 jours après inoculation. Les bouquets floraux ayant chuté n'ont pas été analysés.

d'éviter la propagation de la maladie. En effet, près de 30 % des bouquets floraux de ces deux variétés ont chuté 28 jours après inoculation. Ces observations tendraient à démontrer que Ladina possède une stratégie de défense à ce jour encore inconnue. Des variétés tolérantes au feu bactérien sont précieuses pour l'arboriculture, car au lieu de tout arracher en cas d'attaque de feu bactérien, les arbres pourraient être sauvés en éliminant les parties normalement peu atteintes. Ceci a été le cas en 2011 dans un verger bio de Ladina qui a pu être assaini en éliminant les parties touchées. En revanche, les arbres Gala Galaxy atteints par le feu bactérien ont dû être arrachés (Leumann *et al.* 2013). La variante Fast Track visant à introgresser des résistances de pommes sauvages

sur plusieurs générations permet de réduire significativement le temps nécessaire au développement d'une nouvelle variété potentiellement commercialisable (Baumgartner *et al.* 2011). Toutefois, il existe des procédés encore plus rapides pour introduire des résistances de pommes sauvages. La production de pommes génétiquement modifiées avec la cisgène en est un (Kost *et al.* 2015). Early flowering est un autre procédé qui accélère l'introgression de résistances de la pomme sauvage et d'anciennes variétés (Flachowsky *et al.* 2011). A ce jour, les organismes génétiquement modifiés ne sont toutefois pas autorisés dans les cultures suisses et européennes, raison pour laquelle la sélection traditionnelle occupe toujours une place importante.

Conclusion

- L'arboriculture est actuellement soumise à de fortes pressions publiques quant à l'utilisation de produits phytosanitaires. Pour y répondre, le programme de sélection des pommes d'Agroscope recherche des solutions innovantes et durables. La sélection prend également en compte la problématique des maladies et ravageurs, dont l'expansion est favorisée par le changement climatique et le commerce international.
- Grâce à leurs mécanismes de défense souvent complexes et plus difficiles à contourner, les anciennes variétés sont de plus en plus utilisées pour l'obtention de nouvelles variétés de pommes durablement tolérantes.
- Les pommes sauvages possédant des QTL de résistances spécifiques au feu bactérien sont des ressources précieuses pour développer des variétés robustes.
- Idéalement, les résistances provenant d'origines différentes sont combinées afin d'obtenir des variétés possédant des résistances durables. ■

Remerciements

Nous remercions l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG), Fruit-Union Suisse (FUS) et VariCom Sàrl pour le cofinancement du projet.

Bibliographie

- Bannier H. J., 2010. Moderne Apfelzüchtung: Genetische Verarmung und Tendenzen zur Inzucht. Erwerbs-Obstbau. doi 10.1007/s10341-010-0113-4
- Baumgartner I. O., Patocchi A., Franck L. & Kellerhals M., 2011. Fire Blight Resistance from «Evereste» and *Malus sieversii* Used in Breeding for New High Quality Apple Cultivars: Strategies and Results. *Acta Horticulturae* **895**, 391–397.

- Baumgartner I. O., Patocchi A., Frey J. E., Peil A. & Kellerhals M., 2015. Breeding Elite Lines of Apple Carrying Pyramided Homozygous Resistance Genes Against Apple Scab and Resistance Against Powdery Mildew and Fire Blight. *Plant Molecular Biology Reporter* **33**, 1573–1583.
- Flachowsky H., Le Roux P.-M., Peil A., Patocchi A., Richter K. & Hanke V.-M., 2011. Application of a high-speed breeding technology to apple (*Malus x domestica*) based on transgenic early flowering plants and marker-assisted selection. *New Phytologist* **192**, 364–377.
- Gassmann J., Bühlmann A., Hunziker K. & Kellerhals M., 2017. Phenotypic and genotypic characterization of fruit genetic resources in Switzerland. *Acta Horticulturae* **1127**, 179–182.
- Jha G., Tharkur K. & Tharkur P., 2009. The Venturia Apple Pathosystem: Pathogenicity Mechanisms and Plant Defense Responses. *Journal of Biomedicine and Biotechnology* doi:10.1155/2009/680160
- Kellerhals M., 1989. Breeding of pome fruits with stable resistance to diseases. OILB Working Group «Integrated Control of Pome Fruit Diseases», Volume 2, WPRS Bulletin 1989/12/6, 116–129.
- Kellerhals M., Baumgartner I. O., Leumann L., Lussi L., Schütz S. & Patocchi A., 2014. Breeding High Quality Apples with Fire Blight Resistance. Proceedings of 13th International Workshop on Fire Blight, ed Rezzonico, F., Smits T.H.M., and Holliger E. *Acta Horticulturae* **1056**, 225–230.
- Kellerhals M., Schütz S., Baumgartner I. O., Andreoli R., Gassmann J., Bolliger N., Schärer H. J., Ludwig M. & Steinemann B., 2018. Broaden the genetic basis in apple breeding by using genetic resources. Proceedings of the 18th International Conference on Organic Fruit Growing, 2018, ed FOEKO, Weinsberg, Germany, 12–18.
- Kost T. D., Gessler C., Jänsch M., Flachowsky H., Patocchi A. & Broggini G. A. L., 2015. Development of the First Cisgenic Apple with Increased Resistance to Fire Blight. *PLoS ONE* **10**, e0143980. doi:10.1371/journal.pone.0143980.
- Lefrancq B. & Lateur M., 2009. Monitoring and occurrence of new races of *Venturia inaequalis* on apple in Belgium. *Commun Agric Appl Biol sci*, **74**, 623–31.
- Leumann L., Baumgartner I. O., Lussi L., Frey L., Nölly M., Weber M. & Kellerhals M., 2013. Ladina, die neuer feuerbrandrobuste Apfelsorte. *Schweizer Zeitschrift für Obst- und Weinbau* **149**, 10-13.
- McDonald B. A. & Linde C., 2002. The population genetics of plant pathogens and breeding strategies for durable resistance. *Euphytica* **124**, 163–180.

Summary

Sustainable Disease Resistance in Apple Breeding through Expansion of the Genetic Basis

Apple breeding at Agroscope contributes to finding and using alternatives to the application of plant protection agents. However, apple varieties that are cultivated nowadays carry a narrow genetic basis. This is also true for disease resistant varieties. To ensure a sustainable resistance against apple scab, crosses were made with varieties carrying polygenetic resistance. Enhanced scab defense reaction was visible in the progeny of 'ACW 17314' x "Seemer".

Resistances originating from wild apples have been used to breed fire blight resistant varieties. Low fruit quality of wild apples was out-crossed using the "Fast track" method during several generations to achieve high quality resistant apples. Promising plants carrying resistance QTL's were screened in shoot inoculation and flower tests, respectively. Currently, progeny plants of the 3rd and the 4th back-cross generation are undergoing shoot inoculation tests and plants of the 3rd generation are investigated in the flower test. The first results are promising. In the shoot inoculation test an infestation of less than 1% compared to "Gala Galaxy" was observed in the fast track number '1421_03' (4th generation FB_MR5 QTL). Likewise, fast track numbers of the 3rd generation FB_MR5 ('1124_26') and "Evereste" ('1420_78') showed less infestation than "Gala Galaxy" and were classified as "low susceptible". The existing variety "Ladina" with a fire blight QTL FB_F7 satisfied with an average infestation of 17.1% versus "Gala Galaxy". In the flower test, "Ladina" and '1124_26' both showed solid robustness against fire blight.

Key Words: Apple breeding, *Venturia inaequalis*, *Erwinia amylovora*, resistance, genetic resources, polygenic resistance

Zusammenfassung

Nachhaltige Krankheitsresistenzen in der Apfelzüchtung durch Erweiterung der genetischen Basis

Die Apfelzüchtung von Agroscope trägt dazu bei, Alternativen zum herkömmlichen Pflanzenschutzmitteleinsatz zu finden und zu ermöglichen. Allerdings weisen die heute kultivierten Apfelsorten eine schmale genetische Basis auf. Dies trifft teilweise auch auf krankheitsresistente Sorten zu. Um eine nachhaltige Robustheit gegen den Apfelschorf zu erhalten, wurden Kreuzungen mit alten Apfelsorten, die polygene Resistenzen besitzen, durchgeführt. So führte die Kreuzung von 'ACW 17314' x «Seemer» zu einer erhöhten Robustheit gegen Schorf. Um feuerbrandrobuste Apfelsorten zu züchten, wurden Resistenzen aus Wildäpfeln genutzt. Ihre schlechte Fruchtqualität wurde in mehreren Rückkreuzungen mit Qualitätssorten mittels der Methode «Fast Track» ausgekreuzt um resistente Neuheiten mit Tafelapfelqualität zu erzielen. Vielversprechende Züchtungen mit Resistenz-QTL's werden verschiedenen Feuerbrandtests unterzogen – der Triebtestung und der Blütentestung. Mittlerweile werden Nachkommen der 3. und 4. Generation in den Triebtests miteinander verglichen und Zuchtnummern der 3. Generation im Blütentest getestet. Die ersten Resultate sind vielversprechend. In der Triebtestung beobachtete man bei der Fast Track Nummer '1421_03' (4. Generation FB_MR5) einen Befall von weniger als 1% gegenüber «Gala Galaxy». Ebenso hatten Fast Track - Nummern der 3. Generation FB_MR5 ('1124_26') und «Evereste» ('1420_78') weitaus weniger Befall als «Gala Galaxy» und können als schwach anfällig eingestuft werden. Die Agroscope-Sorte «Ladina» mit Robustheits-QTL FB_F7 überzeugte mit einem Befall von durchschnittlich 17.1% gegenüber «Gala Galaxy». Im Blütentest zeigten «Ladina» sowie '1124_26' eine gute Robustheit gegenüber Feuerbrand.

Riassunto

Resistenza durevole alle malattie: allargamento della base genetica nella selezione del melo

La selezione delle varietà di melo di Agroscope è finalizzata a trovare e realizzare soluzioni alternative al tradizionale impiego di prodotti fitosanitari. Le varietà di melo attualmente coltivate, anche alcune varietà resistenti alle malattie, hanno tuttavia una base genetica ristretta. Per ottenere varietà durevolmente resistenti alla ticchiolatura del melo sono stati realizzati incroci con antiche varietà di melo portatrici di resistenze poligeniche. Un esempio è l'incrocio ACW 17314 x Seemer, più robusto contro la ticchiolatura. Per selezionare varietà resistenti al fuoco batterico sono invece state sfruttate resistenze originando da meli selvatici. La scarsa qualità dei loro frutti è stata esclusa reincrociando ripetutamente le varietà selvatiche con varietà di qualità elevata, secondo il metodo Fast-Track. Nelle selezioni più promettenti con QTL di resistenza viene inoculato il batterio responsabile del fuoco batterico e se ne verifica quindi la diffusione nei germogli e nelle infiorescenze. Al momento si stanno testando i germogli dei discendenti di terza e quarta generazione e le infiorescenze delle selezioni con codice Fast Track di terza generazione. I primi risultati sono molto incoraggianti. Nella selezione con codice Fast Track '1421_03' (quarta generazione FB_MR5) i germogli infestati erano meno dell'1 per cento rispetto alla varietà di confronto Gala Galaxy. Anche sulle selezioni con codice Fast Track di terza generazione 'FB_MR5' ('1124_26') e Evereste ('1420_78') è stata riscontrata un'infestazione nettamente inferiore a quella della Gala Galaxy; essi possono quindi essere classificati come poco sensibili al fuoco batterico. Nella varietà Ladina selezionata da Agroscope, portatrice di QTL di resistenza FB_F7, la percentuale di infestazione media è del 17,1 per cento rispetto alla Gala Galaxy, un risultato molto positivo. Nel test dei germogli sia Ladina che '1124_26' hanno dimostrato una buona resistenza al fuoco batterico.

EXTRALYSE®



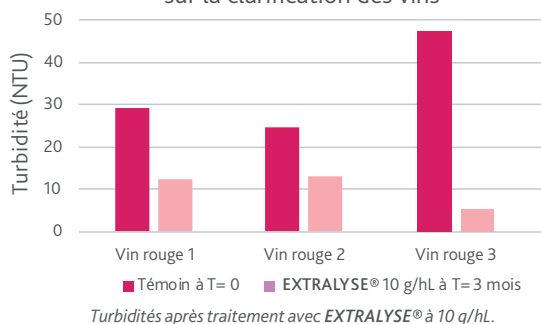
Une formulation enzymatique, plusieurs applications Pectinases et β -(1-3; 1-6) glucanases à activités secondaires.

Les β -1,3 et β -1,6-glucanases sont des enzymes extraites du champignon *Trichoderma harzianum* autorisées pour les traitements œnologiques. Elles dégradent sélectivement les polysaccharides β -(1,3;1,6)-glucanes issus de la paroi des levures ou produits par le champignon *Botrytis cinerea*.

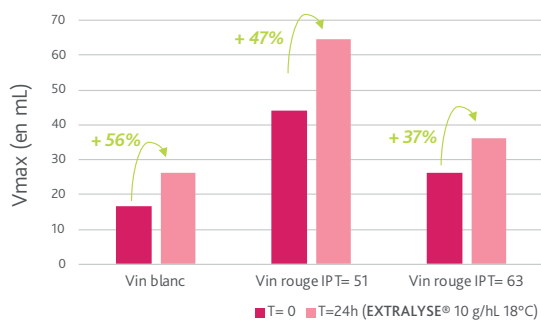
La formulation enzymatique unique d'EXTRALYSE® entraîne une diminution du poids moléculaire des polysaccharides du vin (glucanes, mannoprotéines, protéines, peptides, pectines...) permettant de nombreux bénéfices œnologiques pour l'optimisation et l'accélération des procédés de vinification.

Améliore la clarification des vins

Impact d'un traitement à l'EXTRALYSE® sur la clarification des vins



Améliore la filtrabilité des vins



V_{max} = volume max au colmatage. Permet d'apprécier la filtrabilité d'un vin.



LAFFORT

l'œnologie par nature

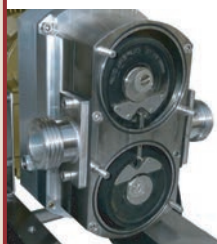
CS61611 – 33072 BORDEAUX CEDEX
Tel : 05 56 86 53 04 - Fax : 05 56 86 30 50

DEPUIS 120 ANS À VOTRE SERVICE

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



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



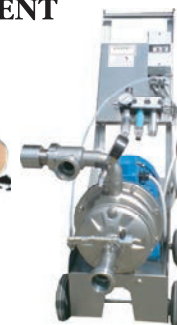
NOUVEAUTÉS
100% hygiénique
- Smile Inox H
- Smile A inversée

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

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



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



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

**OENO
PÔLE**
Au service de la qualité

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

Stades phénologiques des fruits à noyau en grand format!

Après plusieurs années de patients relevés photographiques au verger, à guetter les moments caractéristiques du développement des arbres fruitiers, l'AMTRA se réjouit de proposer le cycle complet du cerisier, de l'abricotier, du pêcher et du prunier aux arboriculteurs professionnels et aux amateurs de fruits, en format poster et dans la langue nationale de leur choix. Du débourrement du bourgeon hivernal au fruit prêt à être récolté, l'année végétative est décrite ainsi en seize étapes magnifiquement illustrées. Ces documents conçus pour les producteurs, les services agricoles et les formateurs constituent aussi une très belle décoration pour stands d'exposition, salles de réunion ou espaces de vente.

Stades phénologiques repères du cerisier

Auteurs: Anne-Lise Fabre, Bernard Bloesch et Olivier Viret, Agroscopie, 1260 Nyon

0 Repos hivernal (dormance)

Bourgeon d'hiver (dormance) 00 (A)

5 Apparition de l'inflorescence

Gonflement des bourgeons 51 (B)

Eclatement des bourgeons 53 (C)

Ouverture des sépales 57 (D)

Ballonnets 59 (E)

6 Floraison

Début floraison 61

Pleine floraison 65 (F)

Floraison déclinante 67 (G)

Fin floraison 69

7 Développement des fruits

Nouaison 71 (H)

Jeune fruit 73 (I-J)

Croissance des fruits (50%) 75

Croissance des fruits (70%) 77

8 Maturation des fruits

Début coloration 81

Coloration avancée 85

Code BSCF	Code Baggini
00	(A)
51 → 59	(B → E)
61 → 69	(F → G)
71 → 77	(H → J)
81 → 89	

Photographies: Carole Parodi

Stades phénologiques repères du prunier

Auteurs: Anne-Lise Fabre, Bernard Bloesch et Olivier Viret, Agroscopie, 1260 Nyon

0 Repos hivernal

Bourgeon d'hiver (dormance) 00 (A)

5 Apparition de l'inflorescence

Gonflement des bourgeons 51 (B)

Eclatement des bourgeons 53 (C)

Ouverture des sépales 57 (D)

Ballonnets 59 (E)

6 Floraison

Début floraison 61

Pleine floraison 65 (F)

Floraison déclinante 67 (G)

Fin floraison 69

7 Développement des fruits

Nouaison 71 (H)

Jeune fruit 73 (I-J)

Croissance des fruits (50%) 75

Croissance des fruits (70%) 77

8 Maturation des fruits

Début coloration 81

Coloration avancée 85

Récolte maturité gustative 87-89

Code BSCF	Code Baggini
00	(A)
51 → 59	(B → E)
61 → 69	(F → G)
71 → 77	(H → J)
81 → 89	

Photographies: Carole Parodi

Stades phénologiques repères de l'abricotier

Auteurs: Anne-Lise Fabre, Bernard Bloesch et Olivier Viret, Agroscopie, 1260 Nyon

0 Repos hivernal

Bourgeon d'hiver (dormance) 00 (A)

5 Apparition de l'inflorescence

Gonflement des bourgeons 51 (B)

Eclatement des bourgeons 53 (C)

Ouverture des sépales 57 (D)

Ballonnets 59 (E)

6 Floraison

Début floraison 61

Pleine floraison 65 (F)

Floraison déclinante 67 (G)

Fin floraison 69

7 Développement des fruits

Nouaison 71 (H)

Jeune fruit 73 (I-J)

Croissance des fruits (50%) 75

Croissance des fruits (70%) 77

8 Maturation des fruits

Début coloration 81

Coloration avancée 85

Récolte maturité gustative 87-89

Code BSCF	Code Baggini
00	(A)
51 → 59	(B → E)
61 → 69	(F → G)
71 → 77	(H → J)
81 → 89	

Photographies: Carole Parodi

Stades phénologiques repères du pêcher

Auteurs: Anne-Lise Fabre, Bernard Bloesch et Olivier Viret, Agroscopie, 1260 Nyon

0 Repos hivernal

Bourgeon d'hiver (dormance) 00 (A)

5 Apparition de l'inflorescence

Gonflement des bourgeons 51 (B)

Eclatement des bourgeons 53 (C)

Ouverture des sépales 57 (D)

Ballonnets 59 (E)

6 Floraison

Début floraison 61

Pleine floraison 65 (F)

Floraison déclinante 67 (G)

Fin floraison 69

7 Développement des fruits

Nouaison 71 (H)

Jeune fruit 73 (I-J)

Croissance des fruits (50%) 75

Croissance des fruits (70%) 77

8 Maturation des fruits

Début coloration 81

Coloration avancée 85

Récolte maturité gustative 87-89

Code BSCF	Code Baggini
00	(A)
51 → 59	(B → E)
61 → 69	(F → G)
71 → 77	(H → J)
81 → 89	

Photographies: Carole Parodi

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

Chaque poster peut être commandé au prix de CH 25.- (port et emballage non inclus) à: info@revuevitiarbohorti.ch
 AMTRA
 avenue des Jordils 5, case postale 1080
 1001 Lausanne

Modélisation de la préférence des consommateurs pour les tomates rondes en Suisse selon la qualité et la texture des fruits

Cédric CAMPS, Yannick FLEURY et Céline GILLI

Agroscope, 1964 Conthey, Suisse

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



Dégustation de variétés de tomates par des consommateurs.

Introduction

Avec 10kg par habitant et par an, la tomate est le légume frais le plus consommé en Suisse (Schwegler et Kuhlitz 2017). La production de tomates indigènes est d'environ 45000 t par an, ce qui en fait la deuxième production la plus importante dans le segment des légumes frais. Quant aux importations, elles s'élèvent à près de 38000 t par an.

Aujourd'hui, les consommateurs critiquent la qualité des tomates, et leurs attentes pour des tomates plus savoureuses sont grandes. Pour cette raison, il est prioritaire de comprendre leurs critères de préférence et ce qu'ils entendent exactement par «savoureux». Plusieurs articles ont fait état de travaux sur les tests de préférence des consommateurs (Carroll *et al.* 2013, Causse *et al.* 2003, Oltman *et al.* 2014, Serrano-Megías et López-Nicolás 2006). Une étude européenne a montré

que la compréhension des préférences des consommateurs est essentielle dans le processus d'amélioration de la qualité des fruits (Causse *et al.* 2010). Causse *et al.* (2010) soulignent que la saveur et la fermeté sont des critères clés pour les consommateurs aussi bien hollandais, français qu'italiens, auxquels 16 variétés de tomates avaient été soumises. Toutefois, l'étude précise que la texture de la tomate pouvait être appréciée de manière diverse, puisque certains consommateurs préfèrent les tomates fermes tandis que d'autres préfèrent les tomates fondantes. De ce fait, en complément à la mesure de la fermeté, une analyse plus approfondie de leur texture pourrait être un atout pour une meilleure connaissance des préférences des consommateurs. Il est admis que la qualité et la texture des fruits représentent un défi en termes de sélection pour la production, d'itinéraires post-récolte et de valeur commerciale. Des valeurs seuils de fermeté ont été déterminées (Batu 2004, Tijssens et Evelo 1994). Batu (2004) a suggéré des valeurs de fermeté minimales de deux cultivars de tomate (Liberto et Criterium) qui sont, pour le marché, de 1,45 resp. 1,46 N.mm⁻¹, et seulement de 1,28 resp. 1,22 N.mm⁻¹ pour le consommateur. Sachant que les valeurs de texture dépendent des cultivars, chaque marché doit effectuer des analyses pour définir les préférences des consommateurs.

Au cours des dix dernières années, l'approche instrumentale de l'analyse de texture s'est considérablement améliorée et permet de caractériser les variétés de tomates à l'aide d'un grand nombre de paramètres de texture et d'analyses de données chimométriques (Camps 2018, Camps et Gilli 2017).

Notre étude avait pour objectif de définir la préférence des consommateurs en Suisse. Dans ce but, 12 variétés de tomates ont été décrites selon leur texture, alors que leur qualité a été définie à l'aide d'un test de préférence conduit auprès de plusieurs centaines de consommateurs. Enfin, une tentative de modélisation de la préférence des consommateurs en fonction des approches instrumentales a été réalisée.

Matériel et méthodes

Matériel végétal

L'essai a été réalisé dans les serres d'Agroscope Conthey. Douze variétés de tomates rondes provenant de différents sélectionneurs ont été retenues. Cet échantillon comprenait des variétés anciennes ainsi que des variétés actuellement ou prochainement sur le marché. Elles ont été cultivées en pleine terre selon les directives de l'agriculture biologique. Il s'agit des

La plupart des études montrent que les systèmes de production ont peu d'effets sur la qualité de la tomate. Actuellement, le principal facteur dictant les différences qualitatives des tomates est le patrimoine génétique, autrement dit la variété.

La production de tomates de qualité est aujourd'hui un enjeu majeur en Suisse, car les consommateurs veulent des produits qui répondent à leurs attentes et à leurs préférences.

Un essai prenant en compte la diversification de la tomate ronde a été réalisé dans les serres d'Agroscope Conthey. Une gamme de douze variétés de tomates rondes de différents sélectionneurs a été choisie. Ces variétés dites anciennes, actuelles et futures ont été cultivées en sol sous serre selon les directives de l'agriculture biologique. Les douze variétés ont été présentées à un panel de plus de 500 consommateurs participant en 2016 à la Fête de la tomate et du terroir à Genève (Suisse). Au terme de la dégustation, les consommateurs ont été invités à exprimer leurs préférences et les 12 variétés ont ainsi pu être classées en fonction de leur degré d'appréciation. Paronset, Estiva, Cindel et Pilu ont été préférées, alors que Fiorentino et surtout Natyssa ont été les moins appréciées. Les tomates ont été analysées afin de déterminer les teneurs en sucres solubles (SSC) et en acidité (TA). La couleur de fond ainsi que la texture de la peau et de la chair ont également été mesurées. Les variétés préférées avaient les valeurs de SSC et TA les plus élevées et les valeurs de texture de la peau et de la chair les plus basses. Le faible indice de couleur de Natyssa, Admiro et Octydia semble avoir été préjudiciable aux jugements des consommateurs.

variétés Admiro (De Ruiters), Fiorentino et Cindel (Enza Zaden), Natyssa, Octydia et Estiva (Gautier Semences), Cristal et Paola (Clause HM), Pilu (Piluweri), Gloriette (Rijk Zwaan), Megaline et Paronset (Syngenta).



Qualité

Les tomates ont été récoltées la veille des analyses instrumentales et des tests de préférence des consommateurs. Les analyses de qualité ont consisté à mesurer la teneur en sucres solubles (SSC), l'acidité titrable (TA) et la couleur des fruits. La couleur a été déterminée en utilisant un colorimètre (Minolta CO, LTD, Chromamètre CR-400) et les résultats sont exprimés en L* (clarté), a* (rouge à vert) b* (bleu à jaune) ainsi que le Chroma, le Hue et Cl. La teneur en sucres solubles a été mesurée sur chaque fruit à l'aide d'un réfractomètre numérique (Reichert r2mini Digital Pocket Refractometer, Etats-Unis) et les résultats exprimés en %Brix. L'acidité titrable (TA) a été déterminée par titrage jusqu'à un pH de 8,1 avec du NaOH 0,1N en utilisant un titrateur (Metrohm, 719S, Titrino, Suisse). Les résultats ont été exprimés en meq 100 g⁻¹ de masse fraîche.

Texture

La texture a été analysée pour chaque fruit en le soumettant, dans un premier temps, à un test de perforation (pénétrométrie) puis, dans un second temps, à un test de compression uniaxiale. La pénétrométrie a été réalisée avec un analyseur de texture (TA-XTplus, Stable Micro Systems, UK) équipé d'une sonde à aiguille de 2 mm. La sonde a été déplacée de la surface du fruit jusqu'à une profondeur de 5 mm à une vitesse de 10 mm s⁻¹. Le test a été effectué sur le côté équatorial de la tomate. Neuf valeurs numériques (paramètres de texture) ont été calculées à partir des courbes force / déplacement décrites par Camps (2017) et Camps et Gilli (2017).

Le test de compression uniaxiale a été réalisé avec l'analyseur de texture (TA-XTplus, Stable Micro Systems, UK) équipé d'une sonde plate de 50 mm de diamètre. La sonde a progressé jusqu'à atteindre une déformation relative finale du fruit de 5 %. La vitesse de déplacement de la sonde était de 10 mm s⁻¹. L'essai a eu lieu sur le côté équatorial du fruit (le fruit a été tourné de 90° par rapport à la mesure de pénétrométrie). Après avoir atteint une déformation de 5 %, la sonde revient à son point initial de déformation de 0 %. Six valeurs numériques ont été calculées à partir des courbes force / déformation. F_c est la force mesurée à 5 % de déformation du fruit, D_{c1} est le déplacement de la sonde de compression à F_c et E_c est le module d'élasticité expérimental correspondant à la pente de la courbe entre le point 0 et 5 % de déformation. W_{c1} est le travail mécanique nécessaire pour atteindre F_c et D_{c2} est la déformation mesurée pendant l'étape de décompression lorsque la courbe traverse l'axe

de déformation (force = 0). D_{c2} est un indicateur de la partie plastique (non viscoélastique) du fruit. W_{c2} est la mesure de travail mécanique pendant la phase de décompression. D_{c1-2} (D_{c1}-D_{c2}) permet d'évaluer le travail mécanique de l'hystérésis de la courbe.

Préférences des consommateurs

Le test de préférence a été réalisé lors de la Fête de la tomate et du terroir de Genève, qui a lieu une fois par an et qui est l'événement le plus important en Suisse consacré aux tomates. Les 12 variétés de tomates ont été proposées aux consommateurs (visiteurs du festival) qui devaient, après la dégustation, choisir entre trois niveaux d'appréciation gustative du fruit, symbolisés par des jetons similaires à ceux utilisés pour le jeu de poker: (1) niveau 100: j'aime beaucoup, (2) niveau 50: j'aime mais rien d'exceptionnel et (3) niveau 10: je n'aime pas. Le consommateur choisissait les jetons appropriés et les insérait dans une urne placée devant la variété dégustée. Cette approche simple et ludique visait à motiver un grand nombre de visiteurs à déguster afin d'avoir une idée réelle de l'appréciation des variétés.

Au terme de la dégustation, une note globale du test du consommateur a été calculée (équation 1).

Consommateurs Notes

$$(CN, \%) = 100pts * n_{100} + 50pts * n_{50} + 10pts * n_{10} / n_{total} \quad [1]$$

Avec « ni » le nombre de jetons de valeur « i » introduits lors de la dégustation dans les urnes de chaque variété de tomate.

Modélisation

Analyse factorielle discriminante (AFD)

Les données issues des analyses de texture et de qualité ont été rassemblées dans une matrice X[n,p] avec n correspondant au nombre d'analyses de lots de tomates et p correspondant au nombre de paramètres de texture et de qualité. Dans notre étude, n = 36 pour l'analyse de 3 lots de 10 fruits par variétés et p = 25 pour les paramètres extraits des analyses de qualité et de texture.

L'analyse factorielle discriminante (AFD) a été réalisée sur les paramètres de qualité et de texture (Bertrand *et al.* 1990), les groupes qualitatifs à discriminer étant les variétés de tomates (12 groupes). Un critère de l'efficacité des AFD était la proportion de chaque variété correctement identifiée. Les observations correctement identifiées ont été comptées et

exprimées en pourcentage de fruits correctement classés. L'AFD calcule quelques ensembles de coordonnées factorielles, qui sont des combinaisons linéaires des variables d'origine. Les coordonnées factorielles sont de nouvelles «variables synthétiques» calculées dans le but de discriminer les observations. La corrélation entre les coordonnées factorielles et les variables prédictives est importante. Pour ce faire, les coefficients de corrélation entre les coordonnées factorielles et les variables d'origine ($p = 25$ paramètres) ont été calculés. Toutes les procédures statistiques ont été réalisées en utilisant l'environnement Matlab (The MatWorks, Inc., 3 Apple Hill Drive, Natick, MA 01760-2098 Etats-Unis).

Régression des moindres carrés partiels (PLS)

Une régression PLS a été utilisée comme méthode chimiométrique visant à prédire les notes des consommateurs en fonction des paramètres extraits des analyses de qualité et de texture. La précision du modèle obtenu a été évaluée en fonction du coefficient de détermination (R^2) et de l'erreur quadratique moyenne (RMSE). Toutes les procédures de régression PLS ont été effectuées en utilisant l'environnement Matlab (The MatWorks, Inc., 3 Apple Hill Drive, Natick, MA 01760-2098 Etats-Unis).

Résultats et discussion

Préférences des consommateurs

Le test de préférence des consommateurs visait à comparer douze variétés de tomates: Natissa, Florentino, Admiro, Octidia, Mégaline, Gloriette, Cristal, Pilu, Paola, Kanavaro, Cindel, Estiva et Paronset.

Les notes des consommateurs ont permis de classer les variétés des moins appréciées aux plus appréciées (fig. 1). La variété Natissa (CN = 37 %) était significativement moins populaire que toutes les autres. Elle a été particulièrement rejetée par les consommateurs, la quantité de jetons du niveau 10 («je n'aime pas») représentant 55 % du total des jetons, avec seulement 19 % des jetons de niveau 100.

A l'opposé, Estiva (CN = 56 %) et Paronset (CN = 57 %) étaient les deux variétés les plus appréciées.

Qualité et texture des variétés de tomates

Les tomates des douze variétés ont été soumises à des analyses de qualité et de texture. Les résultats, rassemblés dans la matrice $X[n,p]$, ont ensuite été traités dans une analyse factorielle discriminante (AFD) pour comprendre les différences potentielles entre les variétés et ainsi mieux caractériser les préférences des consommateurs. Avant d'effectuer l'AFD, un nombre optimal de facteurs doit être déterminé pour éviter ou limiter un effet de sur-apprentissage du modèle. Pour ce faire, nous avons tracé le nombre de variétés de tomates correctement classées en fonction du nombre de facteurs introduits dans l'AFD (fig. 2). Rapidement, après avoir introduit six facteurs, un plateau est atteint et la proportion de classification correcte cesse d'augmenter. Ainsi, les facteurs introduits au-delà du 6^e rang sont susceptibles d'introduire du bruit et de conduire à un sur-apprentissage du modèle. Dans les prochaines étapes de la présente étude, nous avons choisi de travailler avec un nombre optimal de six facteurs.

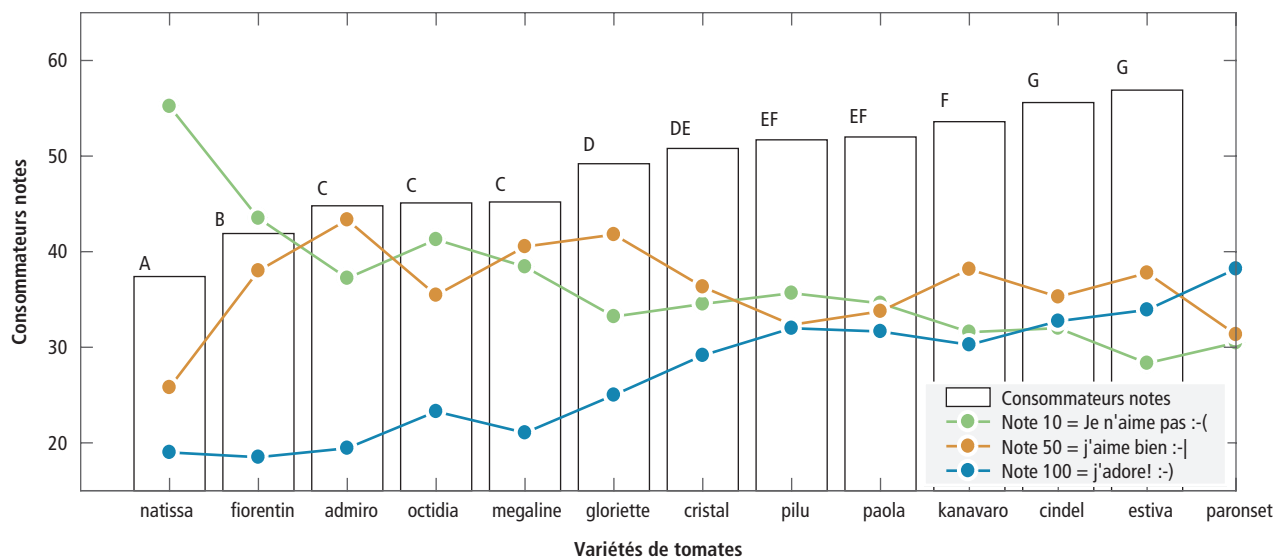


Figure 1 | Consommateurs notes (CN, %) (barres de l'histogramme) et détail des notes en fonction des quantité et valeurs des jetons de poker attribués à chaque variété (10, 50 or 100).

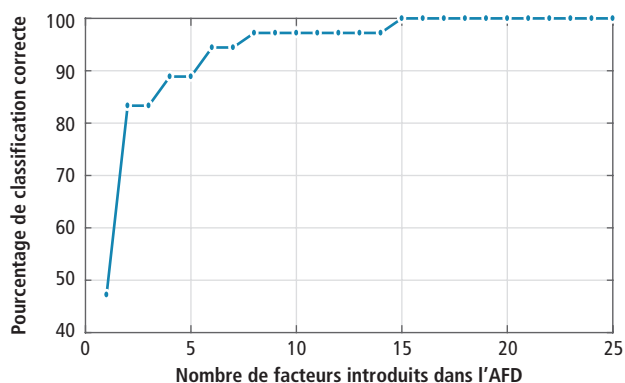


Figure 2 | Détermination du nombre optimal de facteurs à introduire dans la FDA.

La figure 3A montre la carte factorielle en fonction des quatre premières coordonnées factorielles. La première coordonnée factorielle (F1) a permis de distinguer les variétés les plus appréciées (Cristal et Estiva) de celles qui étaient les moins appréciées (Natissa et Fiorentino). Alors que le premier plan factoriel n'a pas permis de classer la variété la plus populaire Paronset, un deuxième plan (F3 vs F4) a permis de la positionner par rapport aux autres variétés (fig. 3B).

Le côté droit du premier plan factoriel est positivement corrélé aux paramètres de pénétrométrie (D_p , W_p), TA et, dans une moindre mesure, à SSC. Le même premier plan factoriel est corrélé négativement aux paramètres de compression (W_{C2} , W_{C1-2} , F_C , etc.). Enfin, le premier plan factoriel, qui décrit la variabilité principale des lots de tomates, est essentiellement lié

à la variabilité de la texture. Chaïb *et al.* (2007) ont montré que l'élasticité des tomates était corrélée au sentiment de fermeté de la chair apprécié par un panel d'analyse sensorielle entraîné. Dans notre étude, les valeurs les plus élevées de F_C ont été mesurées pour les tomates les moins populaires. Une étude sur la pomme a montré une corrélation entre les paramètres extraits de la pénétrométrie (F_p , D_p , etc.) et l'épaisseur de la cuticule ou encore la densité de la paroi cellulaire de l'épiderme (Camps *et al.* 2005). Dans notre analyse, la troisième coordonnée factorielle (F3) est positivement corrélée au paramètre F_p extrait de la pénétrométrie. Natissa, qui est la variété la moins populaire, est caractérisée par une valeur élevée de F_p , ce qui suggère qu'elle a un épiderme épais et résistant, un critère qui semblerait déplaire aux consommateurs. Enfin, développer une approche multi-paramètres pour comprendre l'appréciation de la texture par les consommateurs est important, car plusieurs études ont montré l'absence de corrélation entre l'appréciation de la fermeté par les consommateurs et la fermeté mesurée par un simple analyseur de « fermeté ». Par exemple, dans l'étude de Serrano-Megías et López-Nicolás (2006), aucune corrélation n'a été trouvée entre la dureté de la tomate évaluée par un expert sensoriel qualifié et un analyseur de fermeté HPE numérique (Shore HPE-A / HPE-P, DGM 93 18 389,5, Borås, Suède).

La **deuxième coordonnée factorielle** est corrélée aux paramètres de couleur (b^* , L^* et Chroma). La **troisième** est quant à elle essentiellement et positivement

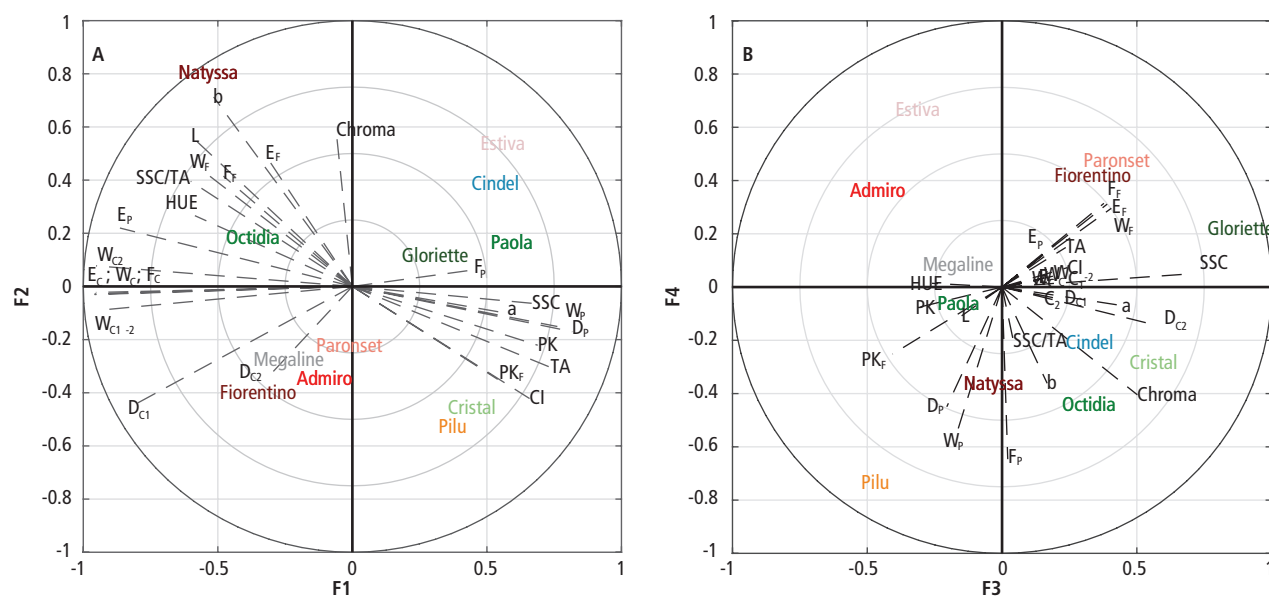


Figure 3 | Cartes factorielles issues de l'AFD d'après les 2 premières coordonnées factorielles (A) et d'après les 3^e et 4^e coordonnées factorielles (B). Les traits en tirets représentent les valeurs de corrélation entre les coordonnées factorielles et les paramètres de qualité/texture.

corrélée à la teneur en sucres solubles (SSC), tandis que la **quatrième** est négativement corrélée au paramètre de pénétrométrie lié à la dureté de la peau (F_p), comme mentionné précédemment.

La matrice de confusion montre qu'un tiers des fruits appartenant à la variété Fiorentino ont été confondus avec ceux de la variété Paronset. Cette confusion peut s'expliquer par la quatrième coordonnée factorielle, qui indique que les deux variétés présentent de faibles valeurs de F_p , ce qui signifie une faible dureté de la peau.

Globalement, il ressort que les paramètres des analyses de texture et de qualité utilisés dans un modèle AFD ont permis de classer les variétés de tomates avec une grande précision.

Matrice de confusion

	Admiro	Cindel	Cristal	Estiva	Fiorentino	Gloriette	Megaline	Natyssa	Octidia	Paola	Paronset	Pilu	
Groupes prédits	Admiro	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
	Cindel	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cristal	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Estiva	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fiorentino	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0
	Gloriette	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
	Megaline	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
	Natyssa	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
	Octidia	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0
	Paola	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0
	Paronset	0	0	0	0	33.33	0	0	0	0	0	66.67	0
	Pilu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
		Admiro	Cindel	Cristal	Estiva	Fiorentino	Gloriette	Megaline	Natyssa	Octidia	Paola	Paronset	Pilu
Groupes réels													

Figure 4 | Matrice de confusion issue de l'AFD.

Modélisation des préférences des consommateurs

Ce modèle a été réalisé pour tenter de décrire la préférence des consommateurs en fonction des paramètres de texture et de qualité. Pour cela, une régression PLS utilisant la matrice $X[n, p]$ (comprenant les données de qualité et de texture ainsi que le vecteur $y[n, 1]$) et rassemblant les notes des consommateurs a été effectuée.

Tout d'abord, des procédures de maximisation de la valeur de R^2 et de minimisation de la valeur de RMSE ont été réalisées pour déterminer le nombre optimal de variables latentes à introduire dans le modèle PLS. Pour ce faire, un premier modèle PLS artificiel a été simulé en utilisant un grand nombre de variables latentes, un tel modèle étant artificiellement sur-ajusté. La figure 5 illustre les valeurs RMSE et R^2 en fonction du nombre de variables latentes. Lorsque les valeurs de RMSE et R^2 atteignent un plateau, le nombre correspondant de variables latentes peut être considéré comme optimal, puisque des variables supplémentaires ne permettent pas d'améliorer significativement les

performances du modèle. Dans le cas présent, le nombre optimal de variables latentes est de cinq environ. Le modèle PLS a de ce fait été établi avec cinq variables latentes et a permis de prédire assez précisément les notes des consommateurs.

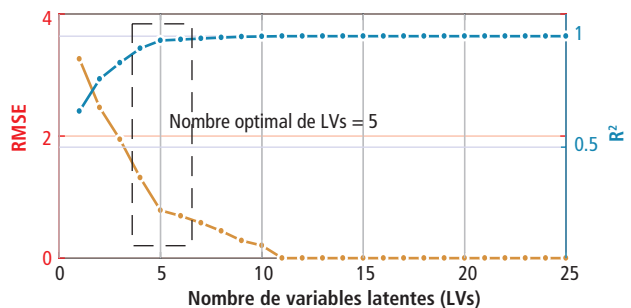


Figure 5 | Détermination du nombre optimal de variables latentes (LV) à introduire dans le modèle PLS. RMSE: erreur quadratique moyenne, R^2 : coefficient de détermination.

La figure 6 compare, pour les 12 variétés, les notes attribuées par les consommateurs avec les notes prédites. Il ressort que ces données sont corrélées de manière quasi parfaite et rendent le modèle prometteur. Le R^2 est de 0,98 et la valeur de RMSE est de 0,78. Pour comprendre le poids de ces paramètres dans le modèle PLS, la corrélation entre les variables latentes de PLS et les paramètres de données de qualité et de texture a été calculée. L'équation finale permettant la prédiction des notes des consommateurs peut être la suivante (équation 2) :

$$CN(\%) = \beta_0 + \beta_1 \cdot LV_1 + \beta_2 \cdot LV_2 - \beta_3 \cdot LV_3 + \beta_4 \cdot LV_4 - \beta_5 \cdot LV_5 \quad [2]$$

$$CN(\%) = \beta_0 + \beta_1 \cdot E_c + \beta_2 \cdot F_p - \beta_3 \cdot D_{C2} + \beta_4 \cdot SSC - \beta_5 \cdot L_{COLOR} \quad [3]$$

Avec β_i qui représente les coefficients de régression attribués à chaque variable latente (LV_i) (équation 2) ou, dans le cas présent, le paramètre le plus corrélé à chaque LV (équation 3). β_0 : la constante.

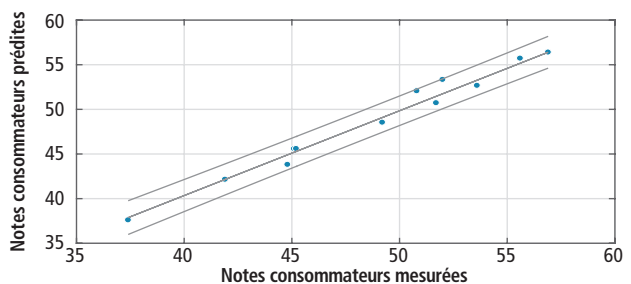


Figure 6 | Valeurs réelles vs valeurs prédites par PLS des notes attribuées par les consommateurs lors de la dégustation des tomates.

Dans une étude sur la pomme qui visait à prédire les attributs sensoriels en utilisant des mesures physiques, Mehinagic *et al.* (2004) ont montré que le paramètre F_p de pénétrométrie était principalement corrélé à la perception sensorielle de croquant/craquant et le paramètre F_c à la perception sensorielle de jutosité ou de farineux. Cela signifie que « la pénétrométrie semble mieux adaptée pour l'appréciation de la texture de la peau du fruit alors que le test de compression semble plus adapté pour définir la texture de la chair ».

Dans le modèle PLS développé dans notre étude, la première variable latente était fortement corrélée à E_c (paramètre de la texture composite entre la peau et la chair) et la seconde variable latente était fortement corrélée à F_p (paramètre de la texture de la peau). La teneur en sucres solubles et l'aspect du fruit (couleur) sont fortement corrélés aux 4^e et 5^e variables latentes. Ainsi, le modèle obtenu montre que les textures chair et peau occupent une place prépondérante parmi les critères de préférence des consommateurs, bien avant la teneur en sucres solubles et la couleur. Une équation simplifiée de prédiction pourrait donc être la suivante (équation 4) :

$$CN(\%) = \text{TEXTURE}_{\text{Flesh}} + \text{TEXTURE}_{\text{Skin}} + \text{SSC} + \text{Color} \quad [4]$$

Bibliographie

- Batu A., 2004. Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes. *Journal of Food Engineering*. **61** (3), 471-475. 10.1016/S0260-8774(03)00141-9
- Bertrand D., Courcoux P., Autran J. C. & Méritan R., 1990. Stepwise canonical discriminant analysis of continuous digitalized signals: Application to chromatograms of wheat proteins. *Journal of Chemometrics*. **4** (3bis), 427-413.
- Camps C., 2017. Singular approach to penetrometry by preprocessing of digitized force-displacement curves and chemometry: A case study of 12 tomato varieties. *J Texture Stud*. 10.1111/jtxs.12316
- Camps C. & Gilli C., 2017, Prediction of Local and Global Tomato Texture and Quality by FT-NIR Spectroscopy and Chemometric. *Eur. J. Hort. Sci.* **82** (3), 126-133.
- Camps C., Guillermin P., Chevalier M., Mauget J. C. & Bertrand D., 2005. Analysis of Cell Wall Quantity and Cuticle Thickness of Apple Fruits and Relations with some of their Rheological Properties. Paper presented at. FRUTIC 05, Information and technology for sustainable fruit and vegetable production - Section 4. Sensors (Montpellier, France).
- Carroll K. A., Bernard J. C. & Pesek Jr J. D., 2013. Consumer preferences for tomatoes: The influence of local, organic, and state program promotions by purchasing venue. *J. Agric. Resour. Econ.* **38** (3), 379-396.
- Causse M., Buret M., Robini K. & Verschave P., 2003. Inheritance of Nutritional and Sensory Quality Traits in Fresh Market Tomato and Relation to Consumer Preferences. *Journal of Food Science*. **68** (7), 2342-2350. 10.1111/j.1365-2621.2003.tb05770.x

Conclusion

- Cette étude avait pour objectif de tenter une modélisation des références des consommateurs pour les variétés de tomates rondes en accordant une attention particulière aux propriétés de la texture. L'étude a été réalisée avec des consommateurs présents à la Fête de la tomate et du terroir à Genève (Suisse).
- Les essais ont montré que la modélisation des préférences des consommateurs en fonction des paramètres de texture et de qualité est possible.
- L'équation de modélisation repose sur quatre groupes de critères. Ces groupes, classés du plus au moins important, sont: (1) texture de la chair, (2) texture de la peau, (3) SSC et (4) couleur / aspect.
- Les résultats sensoriels ont confirmé l'importance du critère « texture ». Le modèle obtenu montre que la texture de la chair et de la peau occupe une place prépondérante parmi les critères de préférence des consommateurs, bien avant la teneur en sucres solubles et la couleur.
- A l'avenir, des modèles devraient être développés pour les autres types de tomates (cerise, grappe, etc.).
- La segmentation des consommateurs en fonction des facteurs sociaux tels que l'âge, le sexe, le mode de vie, etc. devrait permettre d'affiner les modèles développés. ■

- Causse M., Friguet C., Coiret C., Lépicié M., Navez B., Lee M., Holthuysen N., Sinesio F., Moneta E. & Grandillo S., 2010. Consumer Preferences for Fresh Tomato at the European Scale: A Common Segmentation on Taste and Firmness. *Journal of Food Science*. **75** (9), S531-S541. doi:10.1111/j.1750-3841.2010.01841.x
- Chaïb J., Devaux M.-F., Grotte M.-G., Robini K., Causse M., Lahaye M. & Marty I., 2007. Physiological relationships among physical, sensory, and morphological attributes of texture in tomato fruits. *Journal of Experimental Botany*. **58** (8), 1915-1925. 10.1093/jxb/erm046
- Mehinagic E., Royer G., Bertrand D., Symoneaux R. & Jourjon F., 2004. Prediction of the sensory quality of apples by physical measurements. *Postharv. Biol. Technol.* **34**, 257-269.
- Oltman A. E., Jervis S. M. & Drake M. A., 2014. Consumer attitudes and preferences for fresh market tomatoes. *Journal of Food Science*. **79** (10), S2091-S2097. 10.1111/1750-3841.12638
- Schwegler P. & Kuhlitz C., 2017. <https://www.agrarbericht.ch/fr/marche/produits-vegetaux/legumes>
- Serrano-Megias M. & López-Nicolás J. M., 2006. Application of agglomerative hierarchical clustering to identify consumer tomato preferences: influence of physicochemical and sensory characteristics on consumer response. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **86** (4), 493-499. 10.1002/jsfa.2392
- Tijskens L. M. M. & Evelo R. G., 1994. Modelling colour of tomatoes during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*. **4** (1-2), 85-98. [http://dx.doi.org/10.1016/0925-5214\(94\)90010-8](http://dx.doi.org/10.1016/0925-5214(94)90010-8)

Summary**Modeling of consumer preference for round tomatoes in Switzerland according to fruit quality and texture**

Most studies show that the production system has few effects on tomato quality. For now, the main factor dictating the quality differences of tomatoes is the genetic heritage, in other words the variety. Today, the production of quality tomatoes is a key issue for Switzerland as consumers expect the product to be in line with their expectations and preferences.

A trial considering the diversification of the round-type tomato was carried out in the greenhouses of Agroscope Conthey. A range of twelve varieties of round tomatoes of various breeders was chosen. These so-called old, current and future varieties were cultivated in soil under greenhouse according to the guidelines of organic farming.

The 12 tomato varieties were submitted to a panel of more than 500 consumers attending the "Tomato and Terroir Festival" (Geneva, CH, 2016). Consumers were asked to express their preferences after tasting the tomatoes. The 12 varieties could thus be classified according to their degree of appreciation. Among the most appreciated: Paronset, Estiva, Cindel and Pilu, among the least appreciated: Fiorentino and especially Natyssa. The tomatoes were analyzed to determine the SSC, TA, background color but also the texture of the skin and flesh. The preferred varieties had the highest SSC and TA values and at the same time the lowest skin and flesh texture values. The low color index of Natyssa, Admiro and Octydia appears to have been detrimental to consumer judgments.

Keywords: Tomato varieties, skin texture, flesh texture, chemometric modelling.

Zusammenfassung**Modellierung der Konsumenten-Vorliebe für runde Tomaten basierend auf der Qualität und Textur der Früchte in der Schweiz**

Die meisten Studien zeigen, dass die Produktionssysteme wenig Einfluss auf die Qualität der Tomaten haben. Der Hauptfaktor für die qualitativen Unterschiede der Tomaten ist derzeit beim genetischen Erbgut zu suchen, das heisst also bei der Sorte. Die Produktion von Qualitätstomaten stellt heute in der Schweiz eine grosse Herausforderung dar, die Konsumenten verlangen heute, dass das Produkt ihren Erwartungen und ihren Vorlieben entspricht. In den Agroscope Gewächshäusern Conthey ist ein Versuch welcher die Diversifizierung der runden Tomate berücksichtigt durchgeführt worden. Es ist eine Palette von zwölf Sorten runder Tomaten von verschiedenen Züchtern gewählt worden. Diese alten, aktuellen und zukünftigen Sorten sind im Gewächshaus auf dem Boden gemäss biologischen Richtlinien angebaut worden. Die 12 Tomatensorten sind anlässlich des „Festival tomate et terroir“ (Genève, CH, 2016) einem Publikum von 500 Konsumenten präsentiert worden. Nach der Degustation der Tomaten sind die Konsumenten dazu aufgefordert worden, ihre Vorlieben auszudrücken. Die beliebtesten Sorten waren: Paronset, Estiva, Cindel und Pilu, wenig beliebt waren dahingegen: Fiorentino und insbesondere Natyssa. Die Tomaten sind analysiert worden um deren Gehalt an löslicher Feststoffgehalt (SSC), Säure (TA), Grundfarbe aber auch die Textur von Schale und Fruchtfleisch zu bestimmen. Die beliebtesten Sorten wiesen die höchsten SSC und TA –Werte auf und die Werte für die Struktur von Schale und Fruchtfleisch waren am niedrigsten. Das schwache Farbindiz der Sorten Natyssa, Admiro und Octydia scheinen sich Nachteil auf das Urteil der Konsumenten ausgewirkt zu haben.

Riassunto**Modellizzazione della preferenza dei consumatori per i pomodori tondi in Svizzera in base alla qualità e alla consistenza dei frutti**

La maggior parte degli studi mostra che i sistemi di produzione non influiscono molto sulla qualità del pomodoro. Per ora, il fattore principale che determina le differenze qualitative dei pomodori è il patrimonio genetico, ossia la varietà. Oggigiorno, la produzione di pomodori di qualità è una sfida importante in Svizzera, poiché i consumatori si aspettano che il prodotto risponda alle loro aspettative e alle loro preferenze. Nelle serre di Agroscope a Conthey è stata realizzata una prova che considerava la diversificazione del pomodoro tondo liscio. Si è scelto una gamma di dodici varietà di pomodori tondo lisci provenienti da diversi selezionatori. Queste varietà antiche, attuali e future sono state coltivate in suolo in serra, secondo le direttive dell'agricoltura biologica. Successivamente esse sono state presentate ad un panel di oltre 500 consumatori che partecipavano al "Festival tomate et terroir" (Ginevra, CH, 2016). Dopo aver provato i pomodori i consumatori sono stati invitati ad esprimere le loro preferenze e le 12 varietà hanno potuto essere classificate in funzione del loro grado d'apprezzamento. Tra le più apprezzate si situano Paronset, Estiva, Cindel e Pilu, tra quelle meno apprezzate Fiorentino e, soprattutto, Natyssa. I pomodori sono stati analizzati in modo da poterne determinare il tenore in zuccheri solubili, l'acidità, il colore di fondo, ma pure la tessitura della pelle e la consistenza della polpa. Le varietà preferite avevano valori di zuccheri solubili e di acidità più elevati, mentre i valori sia della tessitura della pelle, sia della polpa risultavano essere più bassi. Il debole indice di colore di Natyssa, Admira e Octydia sembra aver gravato sui giudizi dei consumatori.

Une année viticole 2018 conditionnée par un été chaud et sec

Olivier VIRET¹, Jean-Laurent SPRING² et Vivian ZUFFEREY²

¹Direction générale de l'agriculture, de la viticulture et des affaires vétérinaires, 1110 Morges, Suisse

²Agroscope, 1009 Pully, Suisse

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

L'année 2018 a été marquée par un printemps nettement plus chaud que la norme mais bien arrosé, et un été particulièrement chaud et sec de juillet à octobre. La vigne a débourré à mi-avril par un printemps aux notes estivales. L'été, le plus chaud après 2003 et particulièrement sec dans sa deuxième partie, a permis une maturité précoce et exceptionnelle des raisins dans toutes les régions du pays. Après un débourrement relativement tardif, les températures élevées ont conditionné la vigne, qui s'est développée rapidement tout au long de l'été avec des stress hydriques localement sévères. Les populations de la mouche du cerisier (*Drosophila suzukii*) sont restées basses, avec une absence de dégâts. Le bilan des vendanges est très positif, avec des rendements dans les quotas et des raisins de qualité exceptionnelle aux sondages record.

Comportement de la vigne

A Pully, la vigne a débourré au début d'avril avec six jours de retard sur la norme (1925-2018) et s'est ensuite développée rapidement dans des conditions chaudes et sèches, surtout de juillet à septembre. L'important nombre d'inflorescences laissait présager une abondante récolte, qui s'est confirmée par la suite. La floraison s'est déroulée à partir de début juin sur une période de huit jours par des conditions chaudes et mouillées qui ont localement provoqué du millerandage et de la coulure (fig. 1). L'induction florale était très bonne et la sortie de grappes abondantes, ce qui a largement nivelé l'effet des mauvaises nouaisons. La coulure peut être en partie due à des applications de cuivre au moment de la floraison. Par temps frais et humide, le cuivre peut provoquer de la coulure sur certains cépages en fonction de la dose appliquée. Ce paramètre explique la raison de limiter son usage pour les traitements postfloraux, dans la mesure où d'autres matières actives peuvent être engagées avant la floraison (Viret 1996)

Les conditions caniculaires et sèches de l'été 2018 ont mené à des stress hydriques modérés à forts selon les terroirs. Les grappes de Chasselas étaient généralement généreuses du fait que la nouaison et le dévelop-



Figure 1 | Important millerandage observé localement dans certaines situations du Bassin lémanique (A), comparé à la majorité des situations où la charge a été très abondante et a nécessité une importante régulation (B).

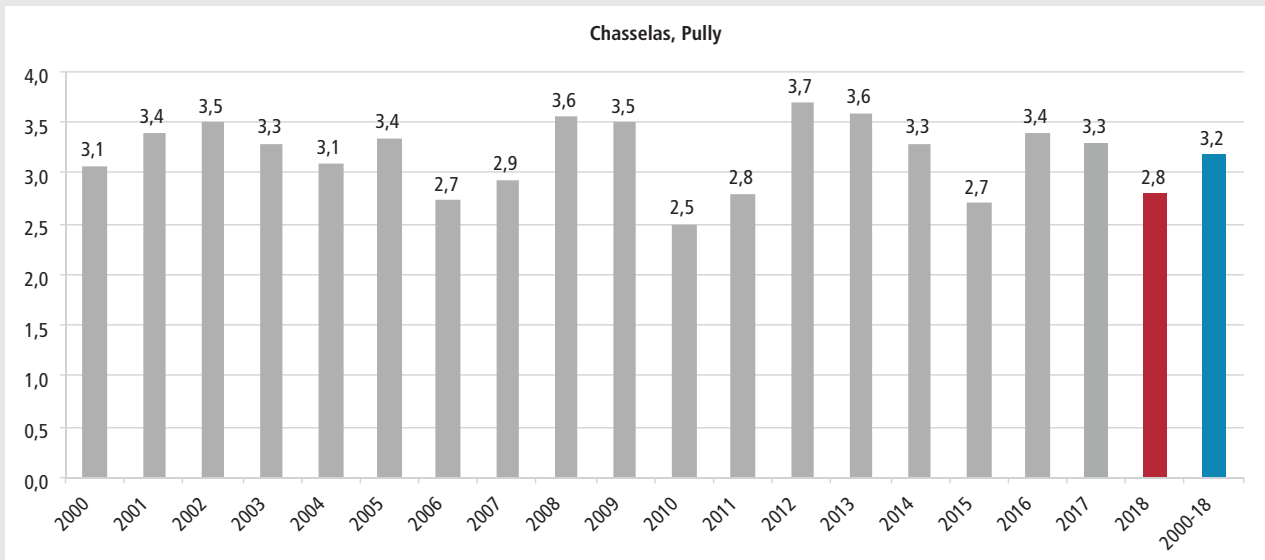


Figure 2 | Poids moyen des baies de Chasselas à Pully de 2000 à 2018, comparé à la moyenne des années 2000-2018.

pement initial des baies se sont déroulés dans une période chaude et humide. Le poids des baies, de l'ordre de 2,8 g à Pully (fig. 2), a été étonnamment élevé compte tenu de la sécheresse estivale. Cette valeur est de 0,4 g inférieure à la moyenne des 18 dernières années (2000-2018). Le 20 septembre, la teneur en sucre du Chasselas a atteint 87,3°Oe, soit 17,3°Oe de plus que le sondage moyen à long terme (tabl. 1). De telles teneurs en sucre n'avaient encore jamais été atteintes depuis 1933 au domaine du Caudoz, à Pully, où les sondages supérieurs à 85°Oe remontent à 2015, 1945 et 1947 (tabl. 2), également des millésimes aux étés très chauds et secs.

Plusieurs épisodes de grêle ont sévi en Suisse romande avant la floraison et très localement plus tard, sans conséquences majeures.

Les vendanges se sont déroulées dans des conditions optimales à partir du 10 septembre, quelques fois dans la précipitation devant la flambée des sondages des Pinot noir et des Gamay, suivis de très près par le Chasselas.

Données climatiques

Température (fig. 3 et 4)

L'hiver 2017-18 se caractérise par des températures dans la norme en fin d'année 2017, qui se sont prolongées en février et mars 2018 après un mois de janvier 3,6°C plus chaud que la norme. Le mois d'avril a également été de 3,8°C plus chaud, avec des maxima de températures de 24°C à 26,4°C à Pully du 18 au 22 du mois. D'avril à septembre, tous les mois ont été plus chauds que les valeurs de référence (fig. 3). L'été 2018 est le plus chaud après 2003 à l'échelle de toute

Tableau 1 | Dates des principaux stades phénologiques à Pully et à Leytron en 2018 et sondages moyens du Chasselas le 20 septembre, comparé aux données moyennes des observations à long terme à Pully (depuis 1925 pour la phénologie et 1933 pour les sondages le 20 septembre).

Stades de développement	2018 Leytron	2018 Pully	Moyenne 1925-2018 Pully	Différence Pully
Pointe verte (09) 	15 avril	19 avril	13 avril	-6 jours
Début de floraison (61) 	28 mai	4 juin	15 juin	+11 jours
Fin de floraison (67-69) 	4 juin	12 juin	28 juin	+16 jours
Début de véraison (81) 	18 juillet	23 juillet	13 août	+21 jours
Vendanges (89) 	13 septembre	17 septembre	8 octobre	+21 jours
Sondage moyen 20 septembre	87,3°Oe (13 septembre*)	87,3°Oe	70°Oe	+17,3°Oe

*date des vendanges

la Suisse. Le cumul des jours estivaux (température max $\geq 25^\circ\text{C}$) est pratiquement identique à 2003 dans le bassin lémanique (fig. 4A), alors qu'en Valais, il est de près de 30 % plus élevé qu'en 2003 (fig. 4B). Le

Tableau 2 | Domaine du Caudoz à Pully, millésimes où les sondages du Chasselas étaient >79°Oechsle pour la période 1933 à 2018.

Millésimes	Sondage le 20 septembre (en degrés Oechsle, °Oe)
1934	83
1945	85
1947	85
1952	82
1959	83
1976	79,5
2003	83,1
2015	85,7
2017	79,9
2018	87,3

nombre de jours tropicaux (température max ≥ 30°C) enregistrés à Pully est inférieur (19) à 2003 (33). En Valais, ce paramètre dépasse les données des étés 2017, 2015 et 2003 (fig. 4B).

Précipitations

Bassin lémanique

Après un hiver riche en précipitations de novembre à janvier, dans le bassin lémanique, le mois de février était de 18,2 mm moins arrosé que la norme, alors que le mois de mars a été mouillé, avec 166 % de la norme, suivi d'un mois d'avril particulièrement sec (32,4 % de la norme), où les pluies se sont réparties sur sept jours. Les mois de mai (93,8 %), juin (93,1 %) et juillet (82,2 %) ont été régulièrement arrosés (fig. 5A), permettant, en combinaison aux tempéra-

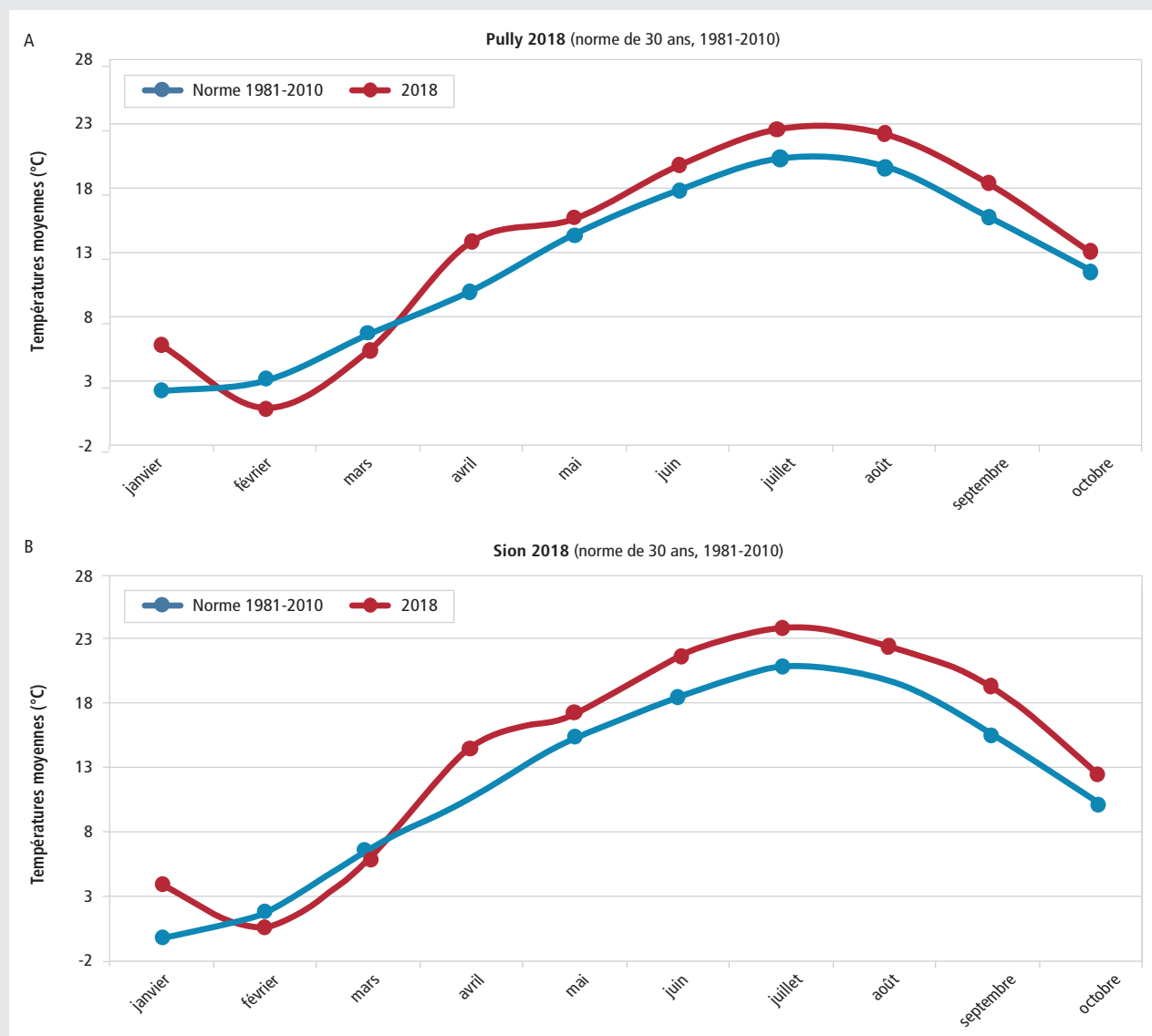


Figure 3 | Températures moyennes mensuelles de janvier à fin octobre 2018 à Pully (A) et à Sion (B), comparées à la norme de 30 ans (1981-2010).

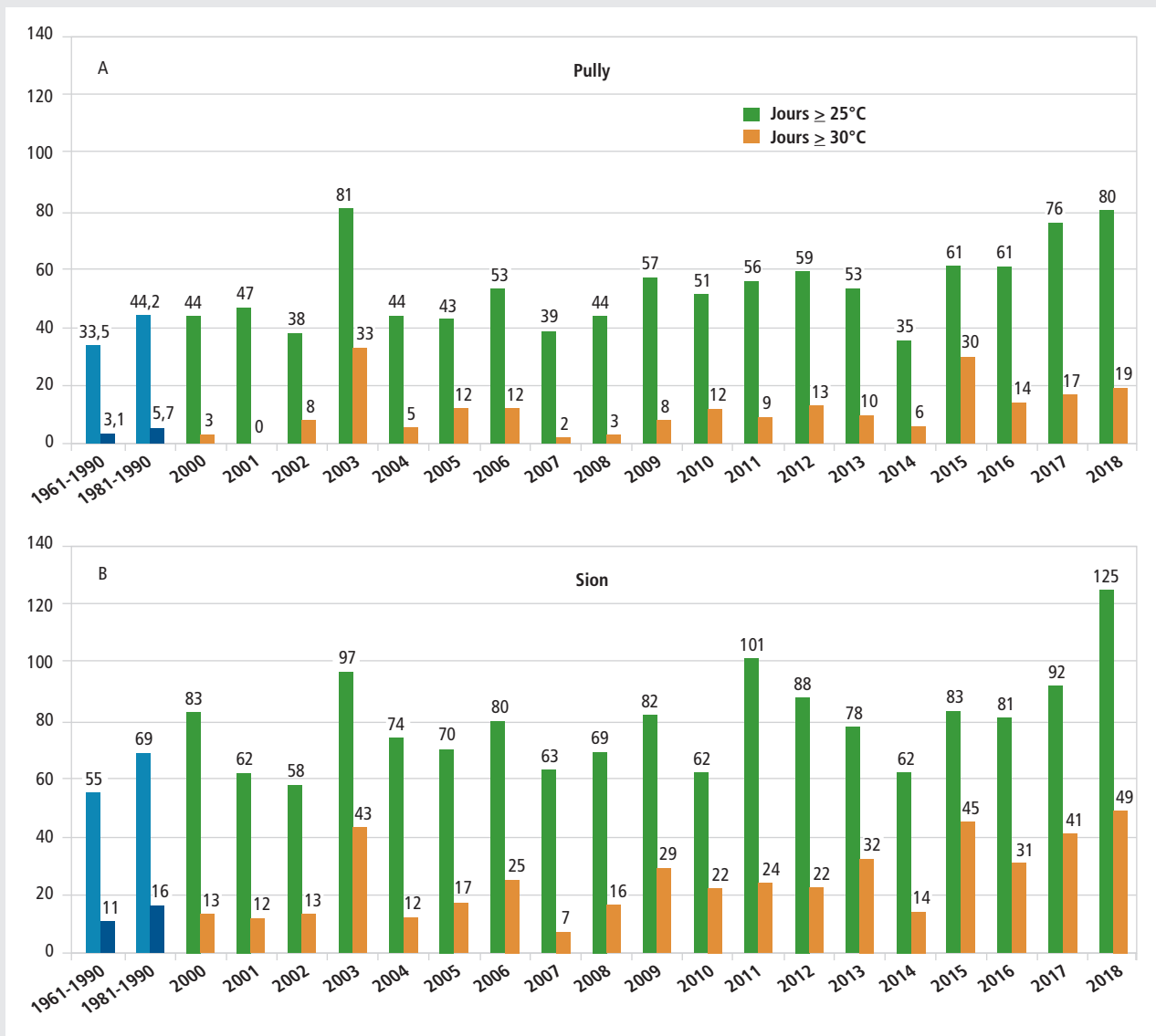


Figure 4 | Nombre de jours estivaux (T. max. > 25°C) et tropicaux (T. max. > 30°C) de 2000 à 2018 à Pully (A) et à Sion (B), comparé aux moyennes de 30 ans (1961-1990 et 1981-2010).

tures élevées, un développement rapide de la vigne. En été, des conditions caniculaires se sont installées pratiquement en l'absence d'orages, ou alors très localisés et de faible intensité. Les mois d'août et septembre ont été particulièrement chauds et secs, favorisant la maturation des raisins et des vendanges précoces.

La somme des précipitations de janvier jusqu'à la fin du mois de septembre avec un déficit de pluie de 158,5 mm à Pully par rapport à la norme de 30 ans relève le caractère sec de 2018, proche à cet égard de 2017 (132,4 mm). Si l'on prend en considération les précipitations des mois de novembre et décembre des années précédentes, ce déficit s'accroît pour 2017 à 172,6 mm, alors qu'il se réduit à 75,7 mm en 2018, expliquant le bon comportement de la vigne dans des

sols généralement bien pourvus en eau avant l'arrivée de la sécheresse des mois d'août à octobre.

Valais

Le Valais central a bénéficié d'un hiver 2017-18 particulièrement riche en précipitations, surtout en décembre 2017 (178 % de la norme) et en janvier 2018, avec 386 % de la norme à Sion (fig. 5B). Le printemps et le début de l'été se caractérisent par un déficit de précipitations jusqu'en juillet, sous l'effet dominant des courants de sud, sud-ouest qui, une fois passée la barrière des Alpes, viennent généralement arroser le Bassin lémanique et le reste de la Suisse romande, alors qu'ils épargnent le Valais de pluies. Seul le mois d'août s'est vu arrosé de précipitations au-dessus de la norme (144 %), avec l'orage spectaculaire du 6 août, qui a

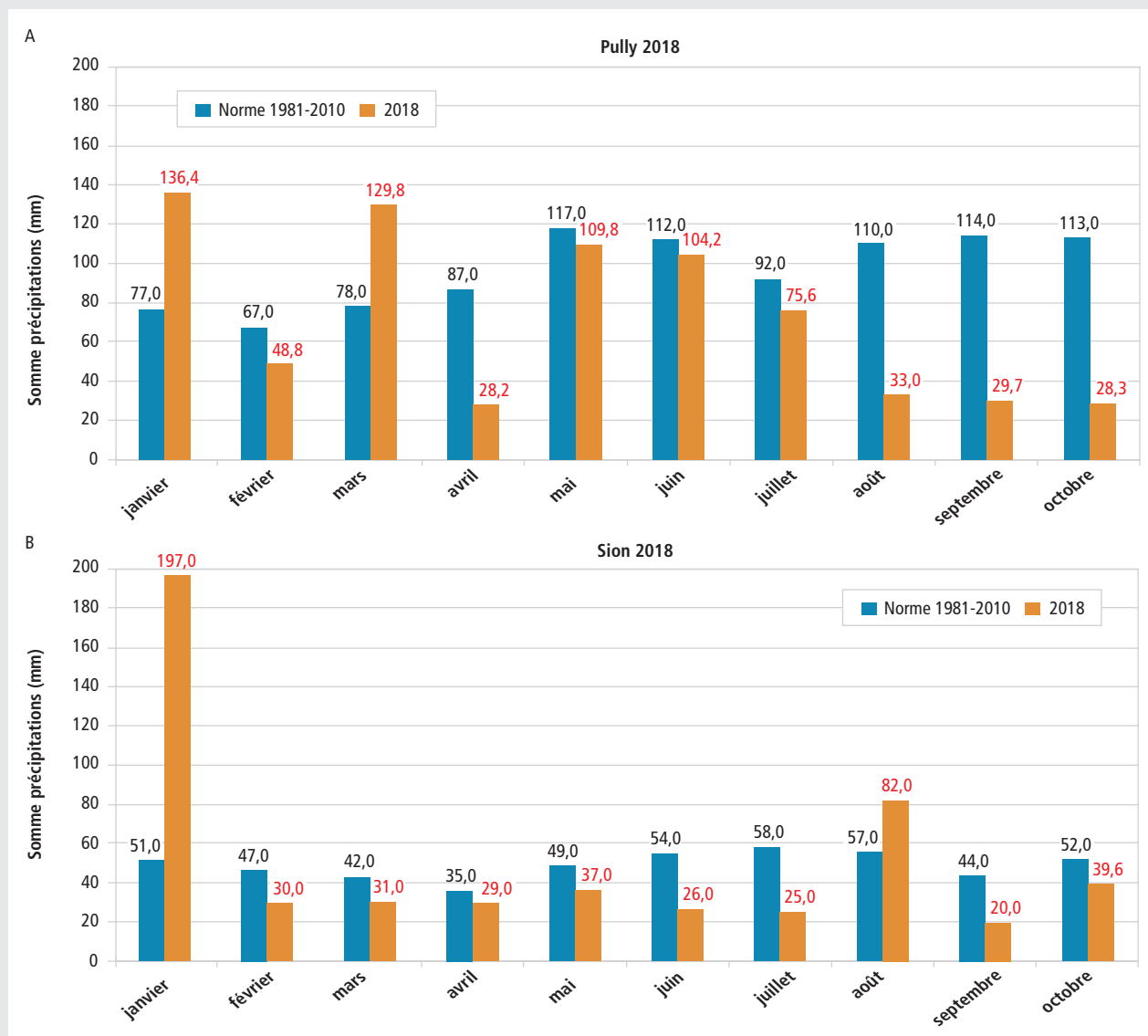


Figure 5 | Somme des précipitations mensuelles à Pully (A) et à Sion (B) du 1^{er} janvier au 31 octobre 2018, comparée à la moyenne de 30 ans (1981-2010).

déversé près de 50 mm de pluie en 45 minutes à Sion, proche de la norme mensuelle de 57 mm.

Maladies fongiques et ravageurs

Le mildiou s'est montré discret, avec un début d'épidémie particulièrement lent en relation avec les conditions chaudes et sèches du mois d'avril, qui ont très nettement freiné le développement des œufs d'hiver au sol. Ils ont atteint leur maturité (germination en 24 heures) à partir du premier mai à Changins. La somme des températures journalières supérieures à 8°C cumulée à partir du 1^{er} janvier correspond généralement à la maturité des œufs d'hiver lorsqu'elle atteint le seuil de 160 degrés-jours, soit en 2018, le 24 avril à Leytron (VS), le 28 avril à Changins (VD), le 23 avril à Yverne (VD) et le 27 avril à Pully (VD) au stade phéno-

logique de une à deux feuilles étalées (BBCH 11-12). Les suivis de longue date montrent que des conditions printanières chaudes et sèches retardent la maturité des œufs d'hiver. Les premières infections ont été indiquées par Agrometeo (www.agrometeo.ch) le 9 mai à Changins et à Pully au stade de développement de six feuilles étalées, boutons floraux séparés (BBCH 55-57).

Les premières taches d'huile ont été observées à la fin de la floraison, le 7 juin à Changins, issues de la période d'infection du 28 mai au 1^{er} juin. Globalement, le mildiou est resté très discret dans l'ensemble des vignobles, avec quelques symptômes foliaires de faible intensité observés dans le courant du mois de juin. Le mildiou a toutefois laissé quelques surprises en fonction des intervalles de traitements, du choix des produits et des conditions météorologiques locales.

Durant la première quinzaine de juin, une importante vague d'infections répétées a permis localement au mildiou de s'installer d'abord discrètement dans les jeunes grappes particulièrement sensibles (fig. 6), pour ensuite se développer sur le feuillage (fig. 7) au début de juillet après une longue période de latence, en absence de précipitation, mais par des températures particulièrement élevées. Dans ces conditions, le développement du mildiou jusqu'à la sporulation des taches d'huile est conditionné par l'évapotranspiration des feuilles, très intenses par fortes températures, et le développement végétatif intense de la plante. Dans les situations où le mildiou a pu s'installer, les quelques précipitations du début d'août ont induit une très forte expression de la maladie (fig. 7) qui a fortement endommagé le feuillage. La même situation s'est produite dans le sud et le sud-ouest de la France. Ces grandes régions viticoles ont localement subi d'importantes pertes de récolte suite à des infections plus précoces sur les inflorescences mal maîtrisées par des choix de produits inappropriés et/ou des intervalles de traitements trop importants.

L'oidium s'est installé lentement dans le courant du mois de juin, mais même dans les secteurs du vignoble réputés sensibles, la maladie est restée discrète durant tout l'été. Les informations diffusées par www.agrometeo.ch ont été comme en 2017 en adéquation avec la situation sur le terrain, renforçant l'importance de cet outil d'aide à la décision pour la gestion de la lutte contre les deux principales maladies de la vigne.

De manière générale, la lutte contre ces deux principales maladies de la vigne a requis, comme en 2017, un nombre de traitements inférieur à ceux de la



Figure 6 | Infection des jeunes grappes par le mildiou suite aux contaminations du début juin.



Figure 7 | Importantes contaminations de mildiou au début de juillet après une longue période de latence sans précipitations, conditionnées par de très fortes évapotranspirations en lien avec la canicule, qui se sont intensifiées au mois d'août.

campagne 2016. Les modèles de prévisions sur www.agrometeo.ch sont devenus des outils d'aide à la décision indispensables à l'optimisation des traitements phytosanitaires que les viticulteurs intègrent dans leur décision dans le respect des objectifs du Plan d'action national visant à la réduction des risques et à l'utilisation durable des produits phytosanitaires. Le bilan phytosanitaire s'améliore encore en adaptant

les doses aux surfaces foliaires et en calibrant précisément les pulvérisateurs. Des modules spécifiques sont gratuitement à la disposition des exploitants sur le même site www.agrometeo.ch, également disponible sur les téléphones portables.

La **pourriture grise** a été largement absente des vignobles en 2018 et une large majorité de viticulteurs ont ainsi pu se passer des traitements spécifiques à la fermeture des grappes.

La **drosophile du cerisier** (*Drosophila suzukii*), dévastatrice en 2014, discrète en 2015, 2016 et 2017, n'a pas causé de problème à la viticulture cette année. Au cours du printemps chaud et de l'été caniculaire et sec, les populations de la drosophile du cerisier ne se sont pas développées et n'ont pas causé de dégâts notoires. La campagne de surveillance des vignobles a été parfaitement organisée dans toutes les régions, permettant d'éviter l'application de traitements inutiles.

Le vol d'eudémis a débuté le 1^{er} avril en Valais et au Tessin et le 15 avril dans le reste de la Suisse et, comme ces dernières années, la première génération a été très discrète, conditionnant de très faibles populations en deuxième génération. Aucun adulte de cochylis n'a été piégé cette année en Suisse romande, confirmant que les populations ont atteint un niveau insignifiant en relation avec des décennies de lutte par confusion sexuelle.

La flavescence dorée apparue pour la première fois en 2015 dans le nord des Alpes, plus précisément dans le canton de Vaud à La Tour-de-Peilz et à Blonay, a connu un nouveau foyer infectieux cette année à Chardonne. La campagne d'éradication dans la zone focale menée depuis 2015, la surveillance systématique du vignoble vaudois ainsi que les mesures de lutte contre la cicadelle vectrice *Scaphoideus titanus* dans le périmètre défini ont porté leurs fruits. Les suivis des populations montrent que la lutte insecticide est efficace et

réduit massivement les populations. En 2018, avec le nouveau périmètre de lutte de Chardonne, la surface en lutte obligatoire contre la cicadelle vectrice couvre une surface de 515 ha. La surveillance systématique du territoire faisant appel aux viticulteurs reste primordiale pour freiner la diffusion de la maladie hors des zones focales, tout comme la certification du matériel de multiplication, même dans les secteurs où la maladie est absente. Les symptômes strictement identiques à ceux du bois noir rendent la surveillance des vignobles particulièrement difficile et requièrent une vigilance particulière dans les zones où la cicadelle vectrice est présente. L'extension de la flavescence dorée se limite actuellement au Tessin et à Lavaux. En Valais, le premier foyer détecté en 2016 à Fully a pu être entièrement éradiqué et la maladie est considérée comme absente de ce canton. La cicadelle vectrice est actuellement présente dans tout le Bassin lémanique, en Valais jusque dans la région de Salquenen. Une légère extension a pu être observée dans le canton de Vaud jusqu'aux communes de La Sarraz et d'Eclépens. Tous les autres piégeages réalisés en Suisse sont négatifs.

Considérations œnologiques

En 2018, la majorité des lots de raisins ont présenté des taux de sucre très élevés, parfois au-delà de 100°Oe, correspondant pratiquement aux conditions du sud de la France. Les raisins récoltés à des températures élevées présentaient un risque de fermentation avant le débourbage, avec de possibles conséquences négatives sur la finesse des vins. Sans surprise, les indices de formol des moûts étaient très bas en 2018 et ont pu ralentir les cinétiques de fermentation. ■

Références

- Viret O., 1996. Utilisation du cuivre en viticulture. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.*, 28 (2), 145-146

LA VIGNE

VOLUME 2

RAVAGEURS ET AUXILIAIRES

CHRISTIAN LINDER
PATRIK KEHRLI
OLIVIER VIRET



Acarien rouge

Panonychus ulmi (Meib.)

INTRODUCTION

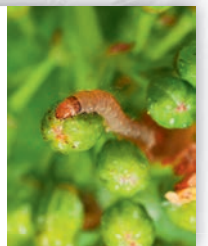
Considéré au début du 20^e siècle comme un hôte occasionnel des vignobles, *Panonychus ulmi* est reconnu dès les années 1950 comme un ravageur principal de la vigne. Il est largement admis que ce changement de statut est d'origine anthropique. Ainsi, le développement de l'usage d'insecticides à large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

48 | ACARIENS ROUGES



Vers de la grappe

La vigne est la seule plante à être infestée par des vers de la grappe. Ces insectes sont responsables de dommages importants à la récolte de raisins de table et de raisins de cuve. Ils sont également responsables de la formation de galles sur les grappes. Les vers de la grappe sont des insectes à cycle de vie court, qui passent l'hiver sous forme de pupes dans les grappes. Ils émergent au printemps et commencent à se nourrir des raisins. Les dommages causés par ces insectes sont souvent graves, car ils peuvent entraîner la chute des grappes et la formation de galles. Les vers de la grappe sont donc un ravageur important de la vigne. Les mesures de lutte recommandées consistent à surveiller les grappes et à les traiter avec des insecticides si nécessaire.



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

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

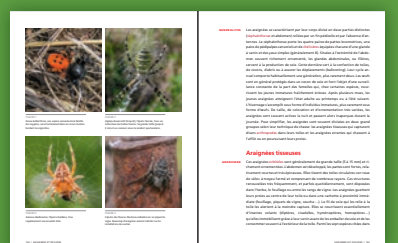
LA VIGNE – Volume 2 – RAVAGEURS ET AUXILIAIRES

Christian Linder, Patrik Kehrlı et Olivier Viret – 394 pages, ISBN 978-3-85928-099-1 CHF 79.– / dès 10 ex. CHF 72.– / Ecoles CHF 69.– (TVA incluse, frais de port non compris)

COMMANDE:

info@revuevitiarbohorti.ch

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



Agroscope | Agora | Amtra

Une nouvelle professeure de technologie du vin à CHANGINS

Née dans le Sud-Est de la Chine, Dr Liming Zeng est professeure de technologie du vin à CHANGINS depuis le 1^{er} septembre 2018.

«En Chine, le vin n'a pas le même poids que dans la culture occidentale. J'ai découvert véritablement le monde du vin, la multidisciplinarité de l'œnologie et particulièrement les moyens scientifiques que les acteurs déploient, pendant mes premières années d'études en France.»

Liming Zeng

Après un Bachelor en normalisation des produits agricoles en Chine, Liming Zeng est arrivée en France pour une année d'étude de la langue française à Bordeaux. Sa passion pour le vin s'est véritablement développée pendant cette année, et l'a amenée à intégrer le Master Œnologie et environnement viti-vinicole de l'Université de Bordeaux à l'Institut des sciences de la vigne et du vin (ISVV). Avec un intérêt marqué pour la culture du vin et pour la science, elle poursuit son cursus universitaire en effectuant une thèse de doctorat consacrée à la composition macromoléculaire des raisins et des vins dans le groupe Polyphénols de l'ISVV.

Souhaitant poursuivre une carrière d'enseignant-chercheur dans le domaine de l'œnologie, elle a intégré le groupe Génie des procédés de l'ISVV de 2015 à 2018. Pendant cette période, elle a enseigné des matières comme les procédés œnologiques et l'analyse chimique et physico-chimique des vins aux étudiants en Licence, Master et DNO. En parallèle, elle a développé des activités de recherche appliquée portant sur la gestion de l'oxygène dissous par un contacteur membranaire lors de la mise en bouteille et sur l'échange gazeux lors de l'élevage en barrique.

Comment vous sentez-vous dans ce nouveau poste à CHANGINS?

Je suis pleinement satisfaite. CHANGINS offre les moyens humains et matériels pour réaliser de la recherche appliquée tout en inculquant un enseignement de haute qualité à ses étudiants. Dans des classes de petite taille, les étudiants sont participatifs et dynamiques durant les cours. Mes nouveaux collègues sont très attentifs, motivés et compétents. L'équipe multiculturelle et pluridisciplinaire m'offre un excellent accompagnement dans mon intégration. Après neuf an-



nées passées en France, j'ai l'occasion de découvrir la culture suisse et la culture du vin suisse à travers ce nouveau challenge.

Quels cours donnez-vous à CHANGINS?

J'enseigne les technologies de cave, de la réception de vendange jusqu'à la mise en bouteille, aux étudiants HES en Bachelor. Je travaille étroitement avec l'équipe de la cave didactique de l'école. L'objectif global de ces enseignements est de former les étudiants aux choix raisonnés des procédés par la maîtrise des notions fondamentales et des notions pratiques pour un meilleur respect de la qualité du produit. Pour les étudiants en Master HES, je suis impliquée dans le module «chimie du vin et techniques analytiques». Les cours sont plus poussés et détaillés au niveau Master. Dans un second temps, j'interviendrai également pour l'Ecole supérieure de technicien vitivinicole.

Quels défis majeurs identifiez-vous dans vos activités?

Pour moi, les défis majeurs résident dans le fait de répondre au mieux aux exigences des étudiants, de mener des recherches appliquées de haute qualité et de fournir des solutions abordables financièrement et applicables par la profession. J'espère pouvoir remplacer ainsi le plus dignement possible mon prédécesseur, Dr Julien Ducruet, qui a activement développé différents procédés œnologiques et fortement contribué à la formation des œnologues en Suisse. ■

Propos recueillis par Roland Riesen, doyen HES œnologie



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

ZORRO®

NOUVELLE MATIÈRE ACTIVE CONTRE LES LÉPIDOPTÈRES

Plus rapide, plus puissant et plus persistant contre les carpocapses, cheimatobies et tordeuses de la pelure dans les fruits à pépins ainsi contre les psylles du poirier.

 **Omya**
www.omya-agro.ch

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.



Orvego® –

Le potentiel à son maximum.

***pour 72 Fr./ha max. en viticulture (0.1 %, 1.6 l/ha Orvego®)**

- Contrôle efficace du mildiou à tous les stades du cycle
- Action préventive de longue durée et curative
- Un nouveau mode d'action pour une gestion des résistances renforcée

Orvego® – l'innovation fongicide contre le mildiou.

Questions et suggestions ? Appelez-nous au : 061 636 8002

E-Mail: agro-ch@basf.com, www.agro.basf.ch

BASF
We create chemistry

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 · Pflanzenschutz/Protection des plantes · Klybeckstrasse 141 · 4057 Basel · www.agro.basf.ch