

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

VITICULTURE ARBORICULTURE HORTICULTURE



M A I - J U I N 2 0 1 4 | V O L . 4 6 | N ° 3



Agroscope | Agora | Agridea | AMTRA | Changins

- Cultures sous serre** Mûrissement des tomates en fin de culture [Page 154](#)
Viticulture Minéralité du vin [Page 174](#)
Actualité Fiche technique du cépage Divico [Page 188](#)



ETICOLLE
L'étiquette autocollante

www.eticolle.ch



Haute Couture.

Pour que la robe de votre bouteille
soit à la hauteur de celle de votre vin.

Damit das Kleid Ihrer Flasche
Der Güte Ihres würdig ist.

Perché l'abito della vostra bottiglia sia
all'altezza di quello del vostro vino.

L'ETIQUETTE



Partenaire: / Partner: / Partenaire:



DEPUIS 125 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**



GESTION DE L'HYGROMÉTRIE DES CHAIS



- pour foudres et barriques
- diffuse un brouillard sec
- gouttelettes de 1 à 3 µm
- eau filtrée et osmosée
- appareil autonome
- installation simple
- limite la part des anges
- assoupli les tanins
- conserve les fûts vides

Références et essais sur demande



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**



Photographie de couverture:

La notion de minéralité apparaît de plus en plus fréquemment dans la description des vins. Mais que recouvre-t-elle exactement? Des experts en analyse sensorielle ont interrogé des consommateurs sur ce qu'évoque pour eux ce concept (lire l'article de Deneulin *et al.* en p. 174 et la Page de CHANGINS en p. 206). (Photo Pascale Deneulin, Changins)

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

Editeur

AMTRA (Association pour la mise en valeur des travaux de la recherche agronomique), CP 1006, 1260 Nyon 1, Suisse. www.revuevitiarbohorti.ch
ISSN 0375-1430

Rédaction

Judith Auer (directrice et rédactrice en chef), Eliane Rohrer (rédactrice)
Tél. +41 58 460 41 54, fax +41 22 362 13 25
E-mail: eliane.rohrer@agroscope.admin.ch

Comité de lecture

J.-Ph. Mayor (responsable IPV Agroscope), O. Viret (Agroscope),
Ch. Carlen (Agroscope), R. Baur (Agroscope), U. Zürcher (Agroscope),
L. Bertschinger (Agroscope), Ch. Rey (Agroscope), C. Briguet
(directeur CHANGINS), Ph. Droz (Agridea)

Publicité

Inédit Publications SA, Serge Bornand
Avenue Dapples 7, CP 900, 1001 Lausanne, tél. +41 21 695 95 67

Préresse

Inédit Publications SA, 1001 Lausanne

Impression

Courvoisier-Attinger Arts graphiques SA

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

Tarifs des abonnements

Abonnement	simple	combiné
annuel:	(imprimé ou électronique)	(imprimé et électronique)
Suisse	CHF 48.–	CHF 58.–
Autres pays	CHF 55.–	CHF 65.–

Abonnements et commandes

Antoinette Dumartheray, Agroscope,
CP 1012, 1260 Nyon 1, Suisse
Tél. +41 79 659 48 31, fax +41 22 362 13 25
E-mail: antoinette.dumartheray@agroscope.admin.ch
ou info@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

Mai–Juin 2014 | Vol. 46 | N° 3

149	Editorial
	Cultures sous serre
154	Mûrissement des tomates en fin de culture: l'éthylène à la rescousse! Céline Gilli, Cédric Camps et Jürg Stalder
162	Suivi de la qualité des tomates en serre par spectroscopie NIR portable et chimiométrie Cédric Camps, Laura Deltheil et Céline Gilli
	Viticulture
174	Minéralité du vin: représentations mentales de consommateurs suisses et français Pascale Deneulin, Guillaume Le Bras, Yves Le Fur et Laurent Gautier
182	Amélioration de la performance des levures œnologiques avec la méthode fed-batch Charles Frohman, Danielle Widmer et Ramón Mira de Orduña Heidinger
	Actualités
188	Fiche technique de Divico, premier cépage résistant aux principales maladies de la vigne sélectionné par Agroscope Jean-Laurent Spring
194	Désinfection à la vapeur aérée de semences de légumes Werner E. Heller
200	SOA 2013: le choix des variétés est toujours d'actualité en arboriculture Esther Bravin, Dominique Dietiker, Johannes Hanhart et Dante Carint
205	Portrait
206	La page de CHANGINS



Prolectus®
le nouveau botryticide

La clé du succès pour des grappes de raisin saines

Puissante efficacité préventive et curative
Excellente action translaminaire



Omya (Schweiz) AG
AGRO
CH-4655 Oftringen, Tél. 062 789 23 41
www.omya-agro.ch

Le spécialiste de vos installations vinicoles

Distributeur officiel des marques:

DREIER OENOTECH SA
Machines vinicoles - Kellereimaschinen



Le système d'égrenage et de tri révolutionnaire!

DELLA TOFFOLA



Pressoirs et matériel de cave



Élévateurs de vendange et matériel de réception

Moeschle
Behälterbau GmbH



Cuveire de haute Qualité



Vinificateurs automatisés

KREYER



Thermorégulation

KIESEL



Pompes et flottateurs

Logics & Controls

AZZINI

mortan



FIVER

SIRIO ALBERTI

BIEFFE

bertolaso

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

Production de tomates en Suisse: indicateurs et tendances



Céline Gilli

Agroscope

celine.gilli@agroscope.admin.ch

(Photo Grégory Van Meyel)

Dans notre pays, presque toutes les tomates sont produites sous abri (97 % des surfaces). En 2013, les surfaces de production sous serre et tunnel couvraient 200ha, dont une vingtaine en production biologique. 50399 tonnes de tomates ont ainsi été récoltées en Suisse l'année dernière, soit 55,4 % de la consommation. Depuis les années nonante, la culture sur substrat s'est fortement développée et a atteint 85ha en 2013. Ces dernières années, en outre, l'offre s'est diversifiée sur les étals: à côté de la tomate grappe figurent maintenant des tomates cerise, cocktail ou des variétés «anciennes», de différentes formes et couleurs. Entre 2008 et 2013, les surfaces en tomates cerise (vrac et grappe) ont ainsi doublé, passant de 26 à 53 ha, tandis que celles de tomates rondes (-32 %) et grappe (-17 %) diminuaient parallèlement.

Du côté des habitudes alimentaires, la tomate est aujourd'hui le légume le plus consommé en Suisse, où elle a détrôné la carotte. La consommation par habitant, toutes catégories de tomate fraîche (cerise, cocktail, Peretti, en vrac, charnue, en grappe...) confondues, s'élevait à 11,3kg en 2013, selon la CCM (Centrale suisse de la culture maraîchère et des cultures spéciales). Le consommateur se plaint régulièrement du goût des tomates mais n'hésite pas à en consommer toute l'année.

Comme l'agriculture en général, la production de tomates en serre doit faire face à la concurrence internationale. Cette culture fait appel à une haute technologie et exige d'importants investissements. Pour que la production suisse reste durable et concurrentielle, la mission de la recherche est d'aider les producteurs à maîtriser les coûts de production et à continuer les avancées dans la lutte contre les maladies et les ravageurs. Avec le nouveau programme d'activité 2014–2017, Agroscope poursuit ses prestations pour l'intensification écologique au service de la branche maraîchère. En cultures sous serre, les recherches sont axées sur différents thèmes: les techniques culturales (voir l'article de Gilli *et al.* en p. 154), avec notamment un volet sur l'efficacité des ressources, la réduction des pertes dues aux problèmes sanitaires, l'influence des facteurs pré-récolte sur la qualité gustative et nutritionnelle des tomates et les méthodes non destructives de mesure de la qualité (lire à ce sujet l'article de Camps *et al.* en p. 162).

En général, Agroscope conduit ses essais pour répondre, le plus rapidement possible, aux problèmes actuels auxquels les producteurs sont confrontés. La priorité des travaux est discutée dans le cadre du Forum Recherche Légumes, un réseau de compétences constitué par des représentants de la production, de la consultation et de la recherche.

La bonne collaboration entre production, consultation et recherche au sein du Forum Recherche Légumes permet d'apporter des solutions rapides et concrètes aux problèmes rencontrés par la filière tomate suisse.



Nos **fongicides** à succès éprouvés pour la viticulture

FLINT® 

Moon®
EXPERIENCE

Moon®
PRIVILEGE

 **Melody**®
combi

MI LORD®

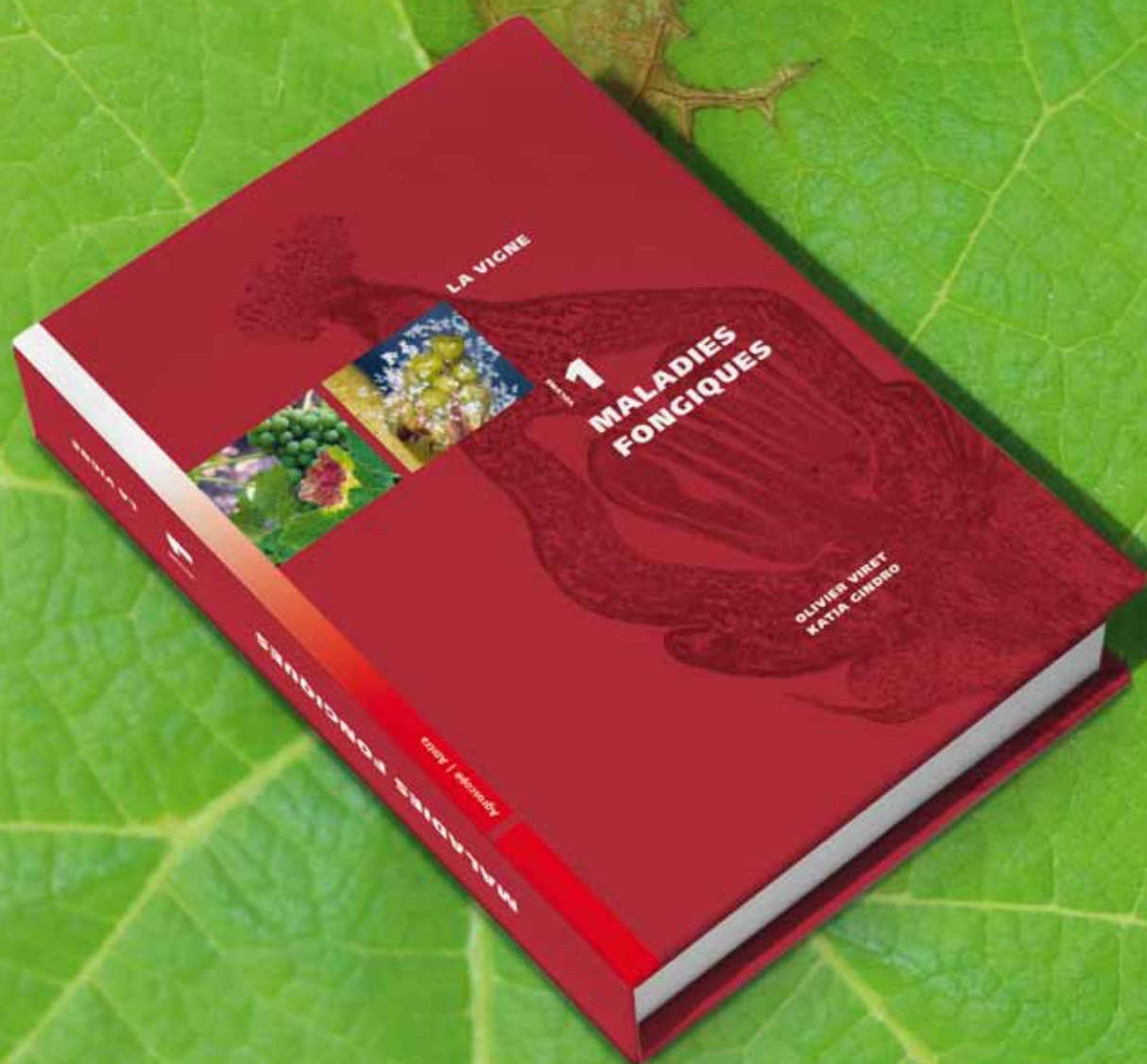
PROSPER® 

TELDOR®

Bayer (Schweiz) AG
CropScience
3052 Zollikofen
Téléphone 031 869 16 66
www.agrar.bayer.ch

Employer les produits phytosanitaires avec précaution.
Avant utilisation, lire attentivement le mode d'emploi et les informations sur l'étiquette.
Observer les phrases et symboles de danger.

Nouveau!



AUTEURS
ÉDITEUR
PRIX

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

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

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

COMMANDE AMTRA, M^{me} Antoinette Dumartheray, route de Duillier 50, 1260 Nyon 1
Tél. 079 659 48 31 / antoinette.dumartheray@agroscope.admin.ch / www.revuevitiarbohorti.ch



Qualité Suisse Partenaires internationaux

Votre interlocuteur de référence
pour les professionnels de la culture maraîchère,
fruitière et de la vigne vous présente:

- 600 m² d'innovations
- Coin collation très agréable

**Vous êtes cordialement invités
à passer nous voir sur notre stand!**

gvz_rossat
Le choix des professionnels

**ÖGA , 25. - 27.6.14
Secteur 5.16
Stand 270**

Tél.: +41 (0)26 662 44 66
www.gvz-rossat.ch
info@gvz-rossat.ch

Innovez sans modération !



A l'écoute de vos évolutions, Bucher Vaslin développe pour vous, sans relâche, de nouvelles solutions en réception de vendange, pressurage, filtration tangentielle, pour plus de performances, de valeur ajoutée, de retour sur investissement.

Nos concessionnaires agréés :

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

Gigandet SA
1853 Yvorne
Tél. 024/466 13 83

Jean-Luc Kaesermann Sarl
1173 Féchy
Tél. 021/808 71 27

Perroulaz SA
1070 Puidoux
Tél. 021/946 34 14

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

THE LINDE GROUP

PanGas

La glace carbonique de PanGas pour les vigneron.

Refroidissement des moûts – macération à froid.



ICEBITZZZ™ de la glace carbonique
et plus encore.

Pellets 3 mm
Pellets 16 mm

PanGas AG
Industriepark 10, CH-6252 Dagmersellen
Téléphone 0844 800 300, Fax 0844 800 301

www.pangas.ch

Une formation unique :

Spécialiste en Marketing de la vigne et du vin

Le succès de la formation à distance
Pour dynamiser votre activité...

www.marketingduvin.ch
1169 Yens – 021 800 55 55







Nettoyeur de fûts
Vos fûts le méritent

Les nettoyeurs de fûts de MOOG Cleaning Systems garantissent un nettoyage intérieur le plus rationnel, le plus efficace et le plus économique de vos fûts de vin.

Visitez notre site Internet
www.moog.ch

F. Zimmermann SA



Fabrication suisse



www.zimmermannsa.ch

PIQUETS DE VIGNE

PIQUETS INTERMÉDIAIRES

- ZIGI R25
- ZIGI XL
- ZIGI 48/35
- ZIGI PRO
- OMEGA

Galvanisés à chaud
100 microns

**Ecarteurs de fils
pour tous les piquets**


PIQUETS DE TÊTE

- ZIGI R80
- ZIGI R60
- FER T

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


F. Zimmermann SA 
1268 BEGNINS
1932-2012

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




**PÉPINIÈRES
VITICOLES**

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



Sélection Valais



 Filtration de vins
 Traitement d'eau
 Micro-oxygénation



www.keller.ch

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

Mûrissement des tomates en fin de culture: l'éthylène à la rescousse!

Céline GILLI, Cédric CAMPS et Jürg STALDER¹, Agroscope, 1964 Conthey

¹Carbagas, Hofgut – 3073 Gümliigen

Renseignements: Céline Gilli, e-mail: celine.gilli@agroscope.admin.ch, tél. +41 27 345 35 19, www.agroscope.ch



Evolution de la coloration d'une grappe de tomate dans la serre avec injection d'éthylène entre le 9 et le 22 novembre 2012.

Introduction

La maturation des fruits est un mécanisme complexe qui entraîne des modifications de leur coloration (du vert au rouge pour les tomates), de la texture, de la saveur et des arômes. Selon leur mécanisme de maturation, les fruits sont classés en deux groupes: climactériques et non-climactériques. Dans le premier cas, la maturation est accompagnée d'un pic dans la respiration et d'une synthèse importante d'éthylène. Dans le deuxième cas, la respiration n'évolue pas et la production d'éthylène demeure à un niveau faible. La tomate fait partie des fruits climactériques. Sa maturation peut donc être accélérée par l'application d'éthylène à des doses de l'ordre du ppm (Salveit 2005). L'éthylène intervient également dans d'autres processus comme l'abscission et la sénescence (Salveit 1999).

En fin de culture, jusqu'à 4 kg/m² de tomates vertes peuvent demeurer sur les plantes en serre (Andreas 2012). En raison des conditions climatiques automnales, la maturation est lente et la culture doit être chauffée plus longtemps. Actuellement, on utilise de l'éthéphon pour accélérer la maturation des dernières tomates. L'éthylène pourrait donc constituer une solution inté-

ressante pour faire mûrir rapidement les fruits encore présents sur les plantes, et ainsi augmenter les rendements tout en réduisant la consommation d'énergie, sans risque de résidus. Une telle application limiterait également le gaspillage de tomates pas tout à fait prêtes à la consommation, mais pour lesquelles de l'eau, de l'engrais et de l'énergie ont été utilisés. En collaboration avec la société Carbagas, un essai a été mis en place par Agroscope en 2012 et 2013 afin d'évaluer l'effet de l'injection d'éthylène, directement dans une serre, sur la maturation des dernières grappes de tomate.

Matériel et méthodes

Dispositif expérimental

Les essais ont été conduits dans deux compartiments identiques d'une serre de type Venlo, avec double aération, hauteur sous chéneau de 4,7 m et d'une surface de 358,4m² chacun. Un des compartiments servait de témoin et dans l'autre de l'éthylène a été injecté. Les consignes de chauffage, d'aération et d'irrigation étaient les mêmes dans les deux compartiments pendant la période d'injection de l'éthylène.

En 2012, trois variétés de tomates Levanzo, Endeavour et Kommeet greffées sur trois porte-greffe Maxi-fort, Emperador et DRO141 ont été plantées le 3 janvier. Les porte-greffe n'ayant pas d'effet significatif sur les rendements, les résultats ont été regroupés par variété. En 2013, une seule variété, Endeavour greffée sur Kaiser, a été plantée le 14 février. Des plants à deux têtes ont été installés à une densité de 3,5 tiges/m². Les deux années, les cultures ont été menées sur un substrat de fibre de coco, avec recyclage complet de la solution nutritive sans désinfection.

Chaque compartiment comportait quatre répétitions. Une parcelle élémentaire était constituée de six à dix plantes par variété et porte-greffe en 2012 et de cinquante-quatre plantes en 2013. Les grappes étaient taillées à cinq fruits.

Injection d'éthylène

L'éthylène pur est un gaz inflammable. Son utilisation doit respecter la réglementation des zones à atmosphère explosive. Pour cette raison, une installation destinée au mûrissement des bananes a été utilisée comme source d'éthylène (fig.1). Le mélange de gaz contient 4 % d'éthylène et de l'azote. Le réseau de distribution du CO₂ a servi pour l'injection de l'éthylène dans la serre. Le taux a été fixé à 10 ppm dans la serre. L'éthylène était injecté la nuit de 19 h à 8 h. En 2012, l'injection a eu lieu pendant neuf nuits et pendant dix nuits en 2013. La première injection a été effectuée, les deux années, dans la nuit du 8 au 9 novembre.

Observations et mesures

Le taux d'éthylène a été enregistré dans la serre avec injection (données Carbagas).



Figure 1 | Installation pour l'injection de l'éthylène: bouteilles de gaz, appareil de régulation de l'injection et capteur installé dans la culture.

Résumé En fin de culture, plusieurs kilos de tomates par m² attendent d'être récoltés. L'accélération de la maturation des dernières tomates en serre permet d'économiser de l'énergie et d'éviter de devoir jeter des fruits pas tout à fait prêts à la consommation. Actuellement, la maturation peut être hâtée en appliquant de l'éthéphon. Une autre alternative est d'injecter de l'éthylène, une hormone naturelle, directement dans la serre. Agroscope a testé, en collaboration avec la société Carbagas, l'effet de cette technique sur la maturation des tomates. En moyenne, l'injection d'éthylène a permis de récolter 15000 grappes/ha en plus, soit 7500 kg/ha (+1,5 % du rendement total) par rapport au compartiment témoin. La qualité analytique des tomates à la récolte (acidité, fermeté et substances solubles totales) n'a été que peu influencée par l'apport d'éthylène. Économiquement, une telle application paraît rentable, mais l'injection d'éthylène en serre doit encore faire l'objet d'une autorisation.

Les rendements (nombre de grappes/m² et kg/m²) ont été suivis sur trois récoltes en 2012 (13, 20 et 23 novembre) et en 2013 (11, 15 et 20 novembre).

La qualité des fruits (acidité totale, fermeté et substances solubles totales) a été mesurée dans les deux compartiments avant et après l'injection d'éthylène. Les analyses portaient sur dix fruits par parcelle élémentaire, au stade de maturité 11/12 (OCDE) et de calibre uniforme. La fermeté des fruits a été mesurée au pénétromètre Durofel (Durofel, COPA-Technologie SA/CTIFL), muni d'un embout de 0,25 cm² (indice de 1 à 100). La teneur en substances solubles (°Brix) était mesurée au réfractomètre (ATAGO C.O., LTD, Model PR-1) et l'acidité totale par titration à 0,1 N NaOH (Metrohm, 719S, Titrino). Pour ces deux mesures, les fruits ont été broyés dans un presse-tomate électrique (modèle testarossa, PastorinoCASA, Italie), de manière à obtenir une purée exempte de graines et de peau. Cette purée a été centrifugée (9000 rpm, 2 min) et le surnageant récupéré afin de mesurer la teneur en matières solubles et l'acidité.

Les composantes a* (axe rouge-vert), b* (axe jaune-bleu) et L* (luminosité) de la couleur des fruits utilisés pour l'analyse de qualité ont été mesurées à l'aide d'un chromamètre Konica Minolta CR-400. Deux mesures, en position équatoriale, ont été effectuées par fruit. Puis le Hue ($\text{Arctan}(b^*/a^*)$) et le rapport a^*/b^* ont été calculés. Selon López *et al.* (2004), ces deux indices de

couleur peuvent être utilisés comme indicateurs objectifs de maturation et donnent une estimation réaliste de la perception des consommateurs pour des fruits mûris sur la plante.

Analyses des résultats

Les données de rendement et de qualité des fruits ont été traitées par analyse de variance, suivie d'un test de Tukey de comparaison des moyennes au seuil de 5% (logiciel XLSTAT).

Résultats et discussion

Taux d'éthylène dans la serre

Les taux moyens d'éthylène enregistrés le jour et la nuit dans la serre avec injection sont résumés dans le

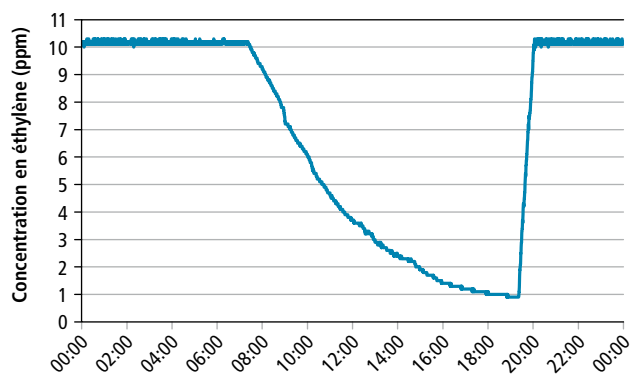


Figure 2 | Suivi de la concentration en éthylène (ppm) dans la serre avec injection au cours de la journée du 15 novembre 2013.

Tableau 1 | Concentration en éthylène dans la serre avec injection. Moyenne nuit (19 h–7 h) et jour (7 h–19 h)

Date	Concentration en éthylène (ppm)	
	Nuit	Jour
08.11.2013	9,6	
09.11.2013	9,6	3,4
10.11.2013	9,7	4,7
11.11.2013	9,6	3,1
12.11.2013	9,7	3,1
13.11.2013	9,9	6,4
14.11.2013	9,6	4,2
15.11.2013	9,6	4,0
16.11.2013	9,5	2,9
17.11.2013	9,6	3,8
18.11.2013	9,6	3,3
19.11.2013	8,9	4,6

tableau 1. La figure 2 illustre la dynamique d'accumulation de l'éthylène la nuit et la diminution durant la journée. A partir de 19 h, la concentration en éthylène augmente rapidement dans la serre pour atteindre 10 ppm aux alentours de 20 h. Durant la nuit, le taux d'éthylène reste stable, puis au cours de la journée, il diminue régulièrement pour atteindre moins de 1 ppm en fin de journée (fig. 2). La concentration moyenne pendant la période d'injection (19 h à 7 h) varie de 8,9 à 9,9 ppm et de 2,9 à 6,4 ppm pendant la journée (tabl.1).

Rendements

Le rendement, en nombre de grappes récoltées/m² et en kg/m², est significativement plus élevé dans la serre avec injection d'éthylène (tabl.2). En moyenne, 1,6 grappe/m², soit 0,8 kg/m² (entre 0,7 et 0,9 kg/m²), a été récoltée en plus en 2012 et 1,4 grappe/m² soit 0,5 kg/m² en 2013. Les compartiments expérimentaux étant contigus, il est possible que le compartiment sans apport d'éthylène en ait reçu de faibles doses: une mesure ponctuelle effectuée dans ce compartiment a mis en évidence des pics d'éthylène pouvant aller jusqu'à 4 ppm. Ainsi, l'effet sur les rendements est probablement plus élevé. Le gain de rendement est similaire chez les différentes variétés. Des essais réalisés en Allemagne (Andreas 2012) ont également montré que l'injection d'éthylène dans la serre accélérât la maturation des fruits. Les trois concentrations testées (5, 10 et 15 ppm), appliquées jour et nuit, ont eu le même effet sur la maturation. En Hollande, une concentration

Tableau 2 | Nombre de grappes récoltées, rendements et poids moyen des fruits avec et sans injection d'éthylène pour trois variétés de tomates en 2012 et pour une variété en 2013. Moyenne de quatre répétitions

Année	Variété	Facteurs de rendement	Sans éthylène	Avec éthylène
2012	Kommeet	Nb. de grappes récoltées/m ²	3,5a	5,1b
		Rendements (kg/m ²)	1,6a	2,5b
		Poids moyen des fruits (g)	107,5	107,2
	Levanzo	Nb. de grappes récoltées/m ²	3,7a	5,2b
		Rendements (kg/m ²)	1,5a	2,2b
		Poids moyen des fruits (g)	90,4	96,0
	Endeavour	Nb. de grappes récoltées/m ²	3,5a	5,1b
		Rendements (kg/m ²)	1,3a	2,2b
		Poids moyen des fruits (g)	87,1	93,4
2013	Endeavour	Nb. de grappes récoltées/m ²	6,4a	7,8b
		Rendements (kg/m ²)	2,6a	3,1b
		Poids moyen des fruits (g)	99,9	98,5

Les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes à $P < 0,05$, pour une même année et une même variété.

beaucoup plus faible de 1,3 ppm pendant trois jours a permis d'accélérer nettement la maturation des tomates (Janse 2012). Ces résultats indiquent qu'une concentration inférieure à 10 ppm pourrait être efficace. De plus, le gain de rendement réalisé est du même ordre qu'avec une application d'éthéphon, un précurseur de l'éthylène: lors d'un essai réalisé en 2009, une application d'éthéphon avait augmenté le rendement de 0,5 kg/m² (Gilli 2009).

Qualité

La qualité (acidité, fermeté, °Brix) des tomates des deux serres était la même avant l'injection d'éthylène, sauf chez la variété Levanzo (données non présentées), dont les fruits étaient moins fermes dans la serre sans injection d'éthylène.

L'éthylène n'a pas eu d'effet sur l'acidité totale des tomates (tabl. 3). Celle-ci était par contre influencée par la variété, Levanzo et Kommeet se distinguant par une acidité plus élevée et Endeavour par une acidité intermédiaire.

La teneur en substances solubles totales n'a pas été modifiée avec l'injection d'éthylène (tabl. 3). Là encore, les différences observées sont liées aux variétés.

En 2012, l'éthylène a augmenté la fermeté des fruits de la variété Endeavour (tabl. 3). Les tomates sont récoltées en fonction de leur couleur. Or, d'un côté, l'éthylène stimule la dégradation de la chlorophylle et la synthèse des pigments et, de l'autre, régule de nombreuses enzymes impliquées dans le ramollissement

des fruits (Alexander et Grierson 2002). Il est possible que ces effets ne soient pas simultanés et que le changement de coloration ait précédé le ramollissement. Ces résultats montrent également que toutes les variétés ne réagissent pas de la même manière à l'éthylène. Selon Salveit (1999), plusieurs facteurs déterminent la réponse des plantes à une exposition à l'éthylène, dont notamment la variété, mais aussi les pratiques culturales, le stade de développement et la température.

Aucune différence de coloration (Hue et Tomato Color Index) n'a été constatée entre les tomates des deux procédés (tabl. 4).

Analyse économique

L'injection d'éthylène a permis de récolter 16 000 grappes en plus par hectare en 2012 et 14 000 en 2013, soit environ 5000 à 8000 kg/ha (+1 à 2 % du rendement total), par rapport au compartiment témoin sans injection d'éthylène. Ce gain est dépendant du prix du marché mais représente entre 7500 et 12 000 CHF/ha (prix du kg de tomate évalué à 1,50 CHF). Quant aux coûts de l'installation (amortis sur dix ans) et de l'éthylène, ils sont estimés à 700 CHF/ha par Carbagas. En Allemagne, les recettes de la vente des tomates sont estimées à 20 000 €/ha, et le coût du processus de maturation à 1000 €/ha (Andreas 2012). Le gain est plus conséquent que celui obtenu dans nos essais. L'application d'éthylène jour et nuit a peut-être un meilleur effet sur la maturation des tomates qu'une application seulement pendant la nuit.

Tableau 3 | Acidité totale, fermeté et substances solubles totales avec et sans injection d'éthylène de trois variétés de tomates en 2012 et d'une variété en 2013. Moyenne de quatre répétitions

Année	Variété	Facteurs de rendement	Sans éthylène	Avec éthylène
2012	Kommeet	Acidité totale (méq/100 g)	6,0	5,9
		Fermeté (Indice Durofel)	76,9	79,2
		Substances solubles (°Brix)	3,9	4,0
	Levanzo	Acidité totale (méq/100 g)	6,7	6,8
		Fermeté (Indice Durofel)	75,9	78,9
		Substances solubles (°Brix)	4,2	4,4
Endeavour	Acidité totale (méq/100 g)	6,3	6,3	
	Fermeté (Indice Durofel)	75,6b	81,1a	
	Substances solubles (°Brix)	4,0	4,2	
2013	Endeavour	Acidité totale (méq/100 g)	5,9	5,6
		Fermeté (Indice Durofel)	–	–
		Substances solubles (°Brix)	4,0	3,9

Les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes à $P < 0,05$, pour une même année et une même variété.

Tableau 4 | Hue et Tomato Color Index de la variété Endeavour avec et sans injection d'éthylène. Moyenne de quatre répétitions

Année	Variété	Facteurs	Sans éthylène	Avec éthylène
2013	Endeavour	Hue	29,5	29,5
		a*/b*	0,90	0,91

Hue = $\arctan(b^*/a^*)$

Conclusions

- L'injection d'éthylène a permis d'augmenter les rendements de 7500 kg/ha (+1,5 %).
- La qualité analytique des tomates à la récolte (acidité, fermeté et substances solubles totales) n'a été que peu influencée par l'apport d'éthylène.
- Même si un système de distribution adapté doit encore être développé pour les serres, l'application d'éthylène semble néanmoins économiquement rentable.
- L'injection d'éthylène en serre doit encore obtenir une homologation.

Summary**Tomato ripening at the end of the culture: ethylene to the rescue!**

At the end of tomato crop, several kg/m² of tomatoes are still to be harvested. Accelerating last tomatoes maturation in greenhouses at the end of the culture enables energy saving and avoids having to throw away tomatoes that are not quite ready for consumption. It is currently possible to accelerate the ripening of tomatoes by applying ethephon. An alternative is the injection of ethylene, a naturally produced hormone, directly in the greenhouse. In collaboration with the company Carbagas, Agroscope tested the effect of an ethylene injection in the greenhouse on ripening tomatoes. In average over the two years, the injection of ethylene enabled to harvest 1.5 truss/m² or 0.75 kg/m² more compared to the control compartment (1.5 % of the total yield). The addition of ethylene only slightly influenced the analytical quality of tomatoes at harvest (acidity, firmness and total soluble substances). Such an application seems to be economically profitable, but the agreement for ethylene injection in greenhouses must still be obtained.

Key words: ethylene injection, ripening acceleration, greenhouse.

Zusammenfassung**Ethylen als Retter für den Reifeprozess von Tomaten bei Kulturrende**

Am Ende einer Kultur im Herbst warten noch mehrere kg/m² Tomaten darauf, geerntet zu werden. Die Beschleunigung des Reifeprozesses der letzten Tomaten ermöglicht eine Energieeinsparung und verhindert, dass die für den Verzehr nicht ausreichend ausgereiften Tomaten vernichtet werden müssen. Zurzeit ist es möglich, den Reifeprozess von Tomaten durch die Anwendung von Etephon zu beschleunigen. Eine Alternative dazu ist die Anwendung von Ethylen, einem natürlichen Hormon, direkt im Gewächshaus. In Zusammenarbeit mit der Unternehmung Carbagas hat Agroscope die Wirkung der Ethylen-Freisetzung im Gewächshaus auf den Reifeprozess von Tomaten getestet. Im Vergleich zur Ernte in einem Standard-Gewächshaus konnte die Ernte dank Ethylen-Anwendung im Durchschnitt um 15000 Rispen/ha, d.h. um 7500 kg/ha (+1,5 % des Gesamtertrags) erhöht werden. Die analytische Qualität der Tomaten zum Erntezeitpunkt (Säure, Festigkeit und lösliche Substanzen) ist durch die Ethylen-Zuführung nur gering beeinflusst worden. Aus wirtschaftlicher Sicht scheint eine solche Anwendung rentabel zu sein. Für die Ethylen-Freisetzung im Gewächshaus muss jedoch noch eine Bewilligung eingeholt werden.

Riassunto**Maturazione dei pomodori a fine coltura: etilene alla riscossa!**

A fine coltura, diversi kg/m² di pomodori aspettano di essere raccolti. L'accelerazione della maturazione degli ultimi pomodori in serra permette di risparmiare energia e evitare di dover buttare dei pomodori non del tutto pronti per il consumo. Attualmente è possibile accelerare la maturazione dei pomodori applicando dell'etefon. Un'alternativa è l'iniezione direttamente in serra di etilene, un ormone naturale. Agroscope ha testato in collaborazione con la società Carbagas l'effetto di un'iniezione d'etilene effettuata direttamente in serra sulla maturazione dei pomodori. Mediamente, l'iniezione d'etilene ha permesso di raccogliere 15000 grappoli/ha in più, ossia 7500 kg/ha (+1,5 % della resa totale) rispetto al settore testimone. L'apporto di etilene ha influenzato solo poco la qualità analitica dei pomodori al raccolto (acidità, fermezza e sostanze solubili totali). Economicamente parlando una tale applicazione sembrerebbe redditizia. Ma un'autorizzazione per l'iniezione d'etilene effettuato direttamente in serra deve ancora essere ottenuta.

Remerciements

Toute l'équipe du groupe de recherche Cultures sous serre d'Agroscope ainsi que les apprentis qui ont participé à ces expérimentations et le D^r L. Collet, Grangeneuve, sont remerciés pour leur précieux travail.

Bibliographie

- Alexander L. & Grierson D., 2002. Ethylene biosynthesis and action in tomato: a model for climacteric fruit ripening. *Journal of experimental Botany* **377** (53), 2039–2055.
- Andreas C., 2012. Maturation des tomates au gaz d'éthylène. *Der Gemüsebau/Le Maraîcher* **1**, 35.
- Gilli C., 2009. Effet de l'Etephon LG sur la maturation et la qualité des tomates. *Der Gemüsebau/Le Maraîcher* **4**, 25.
- Janse J., 2012. Report: The effect of ethylene on tomato ripening. Wageningen UR. Adresse: <http://www.wageningenur.nl/en/show/Report-The-effect-of-ethylene-on-tomato-ripening.htm> [26 février 2014]
- López Camelo A. F. & Gómez P. A., 2004. Comparison of color indexes for tomato ripening. *Horticultura Brasileira* **22** (3), 534–537.
- Salveit M. E., 1999. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* **15**, 279–292.
- Salveit M. E., 2005. Postharvest Biology and Handling. In: Tomatoes. CABI Publishing, Wallingford, 339 p.

Le meilleur du monde pour l'agriculture suisse



- Essais
- Analyses
- Homologations
- Conseils
- Nouveaux produits
- Disponibilité des produits
- Distribution
- Formation continue

Cyflamid ou Talendo

Plus fort contre l'oïdium et en mélange avec
Vincare contre le mildiou.

N'hésitez pas à contacter nos spécialistes pour l'agriculture suisse, nous sommes là pour vous.



Stähler Suisse SA
Henzmannstrasse 17A
4800 Zofingen
Tél. 062 746 80 00
Fax 062 746 80 08
www.staehler.ch



www.felco.com

Modèle à poignée tournante
pour une taille encore plus confortable
disponible dans les magasins spécialisés

Professional tools

FELCO 12

FELCO SA - Marché Suisse
www.felco.ch - felcosuisse@felco.ch

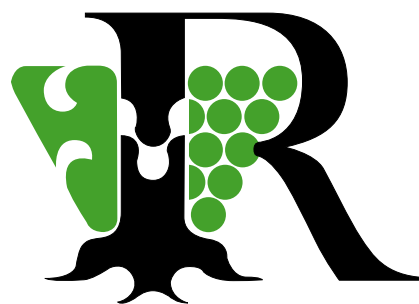


Pépinières Viticoles - Ph. Rosset

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

Qualité et Service font notre différence

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



**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 demander une offre à:

Jean-François Kilchherr

Grand-Rue 8
1297 Founex

Tél. 022 776 21 86
Fax 022 776 86 21
Natel 079 353 70 52



HAUSWIRTH
Maîtrise fédérale

BURSINS S.A.

Machines viticoles

021 824 11 29 - info@hauswirthsa.ch

STHIK
LE RESPECT DE VOTRE VENDANGE



FISCHER



SPEIDEL **LACOUR**



NADALIE
TONNELLERIE



FELCO
SWISS MADE



RÖLL
WEINBAUGERÄTE



La pépinière romande à votre disposition



Eurolplant S.à.r.l.

Scions fruitiers

toutes espèces fruitières

hautes tiges
arbres formés

greffage sous contrat



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



POUR ASSURER LA QUALITÉ DE VOTRE ENVIRONNEMENT

Notre équipe «environnement» est à disposition des entreprises, des associations et des particuliers dans le domaine des piscines, wellness, de l'air ambiant ou de l'eau potable.

Demandez-nous de tester vos installations.

Avec le soutien de notre équipe, faites votre auto-contrôle pour éliminer légionnelles, germes fécaux, Staphylocoques, moisissures ou autres contaminants chimiques.



Laboratoire - Expertise - Hygiène

● membre du réseau medisupport

*Le Conseil au service
de votre qualité.*

Rue du Tunnel 15-17 ● 1227 Carouge

Tél. +41 22 304 83 93 ● infohpp@hpp-ecobion.ch ● www.hpp-ecobion.ch

Suivi de la qualité des tomates en serre par spectroscopie NIR portable et chimiométrie

Cédric CAMPS, Laura DELTHEIL et Céline GILLI, Agroscope, 1964 Conthey

Renseignements: Cédric Camps, e-mail: cedric.camps@agroscope.admin.ch, tél. +41 27 345 35 30, www.agroscope.ch



Introduction

Pour étudier l'impact des pratiques culturales sur le développement et la qualité des tomates, des centaines de fruits doivent être analysés durant toute l'année. Ces analyses sont par ailleurs destructives, ce qui empêche de suivre le développement et la construction de la qualité sur un même fruit. D'un point de vue pratique, une telle quantité d'analyses utilise du temps, de la main-d'œuvre et des consommables de laboratoire. De ce fait, la mise au point d'une méthode per-

mettant de suivre la qualité des fruits sur la plante de manière non destructive serait souhaitable. Une telle approche donnerait la possibilité d'accompagner le développement des mêmes fruits de la nouaison jusqu'à la récolte et l'utilisation de la technique proche infrarouge (NIR) permettrait de ne pas employer de consommables de laboratoire et de réduire considérablement le temps et le coût des analyses.

La spectroscopie proche infrarouge est largement utilisée pour le développement de modèles prédictifs de la qualité de produits agricoles. Diverses études ont

démonstré le potentiel de cette technique pour les fruits mais aussi pour les plantes aromatiques et médicinales (Bellon Maurel *et al.* 2002; Camps et Christen 2009; Camps *et al.* 2011; Delwiche *et al.* 2008; Saranwong *et al.* 2003).

Pour les tomates, les travaux sont essentiellement focalisés sur les fruits mûrs ou dans les phases ultimes de maturation. Certains ont déjà montré l'intérêt potentiel de la technique pour la caractérisation de la qualité des tomates (Baranska *et al.* 2006; Camps *et al.* 2012; Clement *et al.* 2008a, 2008b; De Nardo *et al.* 2009; Flores *et al.* 2009; Kusumiyati *et al.* 2008; Pedro et Ferreira 2007).

Récemment, une étude a mis en évidence le potentiel de la technologie NIR portable pour mesurer les traits de qualité permettant le phénotypage de la tomate cerise cv. Micro-Tom (Ecarnot *et al.* 2013).

La tomate se développe en une soixantaine de jours depuis la nouaison du fruit si les conditions environnementales sont favorables (Giovannoni 2004). Les deux premières semaines suivant la nouaison sont dédiées à la multiplication cellulaire. Le grossissement ou l'expansion cellulaire constitue la deuxième phase de construction permettant au fruit de prendre du calibre. Cette phase s'arrêterait environ 30 jours avant la maturité des fruits. Le fruit atteint alors le stade dit mature-vert et son calibre quasi définitif. Au-delà, le fruit entre dans la phase de maturation qui dure 10 à 15 jours. Durant cette période, la chlorophylle est dégradée et le fruit accumule des caroténoïdes, dont les lycopènes qui induisent son rougissement progressif. Cette phase s'accompagne du pic climactérique, avec une respiration accrue et la synthèse d'éthylène, qui amorce le ramollissement du fruit et donc l'évolution de sa texture.

En culture sous serre, certains facteurs abiotiques liés à l'environnement climatique (longueur de jour et température) peuvent agir fortement sur le développement du fruit.

Dans la présente étude, la construction de la qualité a été suivie sur une variété de tomate de production en serre, cultivée dans la pratique. De plus, la variabilité saisonnière et le stade de développement des fruits (avant et pendant la maturation) ont été pris en compte dans la mise en place et l'optimisation des modèles chimiométriques afin de mesurer la qualité des fruits.

Matériel et méthodes

Conditions culturales et échantillonnage

Des tomates (*Solanum lycopersicum*) de la variété Endeavour ont été cultivées en serre verre de type Venlo en conditions climatiques contrôlées. La plan-

Résumé L'objectif de cette étude était d'évaluer l'intérêt de la spectroscopie proche infrarouge portable pour observer l'évolution de la qualité des tomates en serre. La teneur en matières solubles (TMS), l'acidité totale (TA) ainsi que les paramètres de couleur ont été suivis de la nouaison des fruits à la récolte à pleine maturité. Ce suivi a été effectué durant le printemps et en été. Les données spectrales et qualitatives ont été utilisées pour construire des modèles chimiométriques visant à (1) suivre l'évolution des fruits en fonction de leur stade de développement et à (2) prédire la qualité des fruits. Les modèles discriminants ont permis de retracer l'évolution chronologique des fruits et de marquer l'entrée dans la phase de maturation. Les modèles quantitatifs (PLS) ont permis de prédire la TMS, TA et la couleur des fruits avec une précision qui dépendait de la saison et du stade de maturité des fruits.

tation a eu lieu le 14 février 2013 à une densité de 3,5 tiges/m². Les consignes climatiques étaient une humidité maximale (Dx) de 3 g/kg et des températures de 17-19-21 °C (jour-nuit-aération).

Un premier lot de tomates a été suivi en début de saison, de mars à mai. Un second lot de fruits a été analysé en juin et juillet. Des fruits ont été prélevés tous les trois à quatre jours, de la nouaison à la récolte à pleine maturité. Durant le printemps, seize prélèvements ont été effectués, contre dix en été. Le premier lot comportait 144 fruits et le second 90, une différence liée au développement des fruits plus long au printemps qu'en été.

Analyses de qualité

Les tomates ont été broyées à l'aide d'un robot (Electric tomato sauce sieve mod. Testarossa) en récupérant la pulpe dépourvue de peau et de grains pour la suite des analyses. Cette pulpe a été centrifugée pendant deux minutes à 10000 rpm et le surnageant utilisé pour la mesure des matières solubles et de l'acidité totale. La teneur en matières solubles a été mesurée au réfractomètre digital (Reichert r2mini Digital Pocket Refractometer, USA). Les résultats sont exprimés en % Brix. L'acidité totale a été mesurée au titrimètre (Metrohm, 719S, Titrino) sur 5 g de jus avec une solution de NaOH (0,1 mol/l). Les résultats sont exprimés en méq/100 g. La

couleur de fond a été mesurée sur les fruits entiers, avant leur broyage, à l'aide d'un spectrocolorimètre (Minolta C.O., LTD, Chroma-meter CR-400). Les résultats sont exprimés selon trois paramètres: les composantes L^* (lightness), a^* (red to green) et b^* (blue to yellow), le ration a^*/b^* et le calcul de l'indice de couleur de la tomate (TCI) (Clement *et al.* 2008b).

Spectroscopie proche infrarouge et chimiométrie

Les spectres de tomate ont été acquis en mode réflectance, en mettant directement la source lumineuse du spectromètre (NIR PHAZIR 1018, Anatec, Eke, Belgium) sur la surface du fruit. Les spectres enregistrés sont une moyenne de trente scans, la résolution de la mesure est de 8 nm et la longueur d'ondes de 950 à 1800 nm. Avant l'analyse des fruits, un scan de référence est effectué à l'aide d'une pièce de spectralon®. Trois acquisitions spectrales sont effectuées par fruit. Au total, 702 spectres ont été collectés, 432 au printemps et 270 en été. Les spectres ont été soumis à un traitement permettant leur standardisation (SNV) (Barnes *et al.* 1989; Moons et Sinnaeve 2000).

Modèles qualitatifs: analyse factorielle discriminante

La collection de spectres a été soumise à des analyses factorielles discriminantes (AFD). Un spectre donné forme un vecteur x_i de p longueurs d'ondes. Les n spectres ont été rassemblés dans une matrice rectangulaire X de dimension $n \times p$. Compte tenu de la forte colinéarité des absorbances, une version modifiée d'AFD a été appliquée (Bertrand *et al.* 1990). Dans l'AFD, les groupes qualitatifs à discriminer étaient les dates de prélèvement, exprimées en jours précédant la récolte à maturité des fruits.

Les résultats des modèles AFD sont évalués selon le pourcentage de fruits auxquels la bonne date de prélèvement a été attribuée dans le jeu de validation. Les tests de validation ont été effectués par division de la matrice X en un jeu de calibration et un jeu de validation. Le modèle a été mis en place sur le jeu de calibration et les données du jeu de validation ont été classées sur le modèle établi avec le jeu de calibration. Les observations correctement classées ont été comptabilisées et exprimées en pourcentage. La procédure de validation a été répétée en boucle à dix reprises de manière indépendante, en plaçant deux tiers ($2n/3$) des observations dans le jeu de calibration et le tiers restant ($n/3$) dans le jeu de validation.

La corrélation entre les coordonnées discriminantes et les variables d'origine est calculée afin de mettre en lumière l'importance relative de chaque longueur d'onde dans le modèle discriminant.

Modèles quantitatifs: régression PLS

La collection de spectres et les mesures de qualité ont été analysées par régression des moindres carrés partiels (PLS). Les spectres sont rassemblés dans la matrice X décrite précédemment. Les analyses qualitatives de référence (TMS, TA, L^* , a^* or b^*) sont rassemblées dans des vecteurs colonnes $y_{n,1}$. Les modèles ont été élaborés en trois étapes: 1) détermination du nombre optimal de variables latentes (LV) à introduire dans le modèle, 2) calibration et 3) validation du modèle.

La première étape a utilisé deux méthodes reconnues des utilisateurs de spectroscopie proche infrarouge: la maximisation du coefficient de corrélation (R) et la minimisation de l'erreur quadratique (RMSE) dans une procédure d'apprentissage appelée «*leave-on-out*». Ensuite, afin de confirmer ou d'affiner le choix du nombre de LV, la méthode des covariances dite «Cov-Sel» a été utilisée (Roger *et al.* 2011). Pour les étapes 2 et 3, la matrice X et le vecteur y ont été divisés en un jeu de calibration ($2n/3$) et un jeu de validation ($n/3$).

La précision et la qualité des modèles PLS établis sont évaluées par les indicateurs suivants: le coefficient de corrélation (R) entre les valeurs réelles et les valeurs prédites par PLS, l'erreur quadratique du modèle corrigée du biais sur l'estimation des mesures de qualité (RMSEc), le rapport de la déviation sur l'erreur quadratique (RPD) (Williams et Sobering 1993) et le rapport de la distance interquartile sur l'erreur quadratique (RPIQ) (Bellon-Maurel *et al.* 2010). Toutes les analyses chimiométriques ont été effectuées avec le logiciel Matlab R2013 et en partie avec la boîte de travail SAISIR Package version 1.0 (http://www.chimiometrie.fr/saisir_webpage.html).

Résultats et discussion

Suivi de la qualité des fruits

La durée de développement des fruits de printemps est de 55–60 jours, contre 45 jours seulement en été. Le calibre et la masse fraîche du fruit augmentent de manière linéaire jusqu'à 30 jours avant la récolte, où se termine la phase intense de grossissement cellulaire (Giovannoni 2004). Par la suite, le calibre se stabilise et la masse fraîche continue d'évoluer (fig.1). Cette deuxième phase est relativement similaire lors des deux saisons étudiées; c'est donc la phase précédant les 30 derniers jours qui serait plus longue au printemps qu'en été.

La maturation des fruits intervient dans les 10 à 15 derniers jours avant récolte (fig.1). On observe un changement de coloration rapide de l'épiderme, dû à la dégradation des chlorophylles et à la synthèse de

carotènes tels que les lycopènes. Cette coloration se traduit parfaitement dans les paramètres de couleurs (a, TCI et a/b). Cette période est aussi marquée par un pic d'accumulation des sucres et d'acides organiques, bien reflété par les mesures de TMS et de TA (fig.1). Cette accumulation s'annule avant la récolte.

La diminution de TA entre 40 et 30 jours pourrait être due à l'augmentation transitoire des réserves d'amidon qui permet l'accumulation de TMS lors de la maturation. Les facteurs métaboliques influençant l'accumulation de l'amidon et des sucres dans la tomate ne sont pas totalement connus mais des études tendent à montrer que le cycle du malate au sein des mitochondries pourrait influencer significativement l'accumulation d'amidon dans les plastes. Cette quantité accrue lors de la phase d'expansion cellulaire serait responsable de l'accumulation de TMS dans le cytosol en addition de celle de glucose et fructose lors de la maturation (Beckles *et al.* 2012; Centeno *et al.* 2011; Luengwilai et Beckles 2009; Petreikov *et al.* 2009).

Le suivi du développement des fruits et de leurs caractéristiques qualitatives lors de ces deux saisons a donné d'intéressants résultats en termes de dynamique d'accumulation des sucres, des acides et de fa-

çon générale sur le rythme de développement. Cette variabilité était recherchée afin de construire des modèles de prédiction de la qualité des tomates basés sur la mesure NIR.

Modèles qualitatifs: analyse factorielle discriminante

L'AFD a été utilisée afin de modéliser le suivi des fruits au cours du temps sur la seule base de la variabilité des mesures spectrales. Dans un premier temps, le nombre de variables à introduire dans les modèles a été calculé en introduisant un nombre artificiellement élevé de variables (30). Le nombre d'observations correctement classées en fonction du nombre de variables introduites est observé afin de déterminer le nombre optimal de variables (fig.2A,B). Pour le modèle utilisant les données NIR de printemps, le nombre de variables sera donc de 11 et il sera de 8 pour le modèle estival.

Les modèles discriminants permettent une classification correcte des fruits à hauteur de 66 % (printemps) et 80 % (été). Les cartes factorielles selon les deux premières dimensions sont présentées dans la figure 2C et 2D. Pour le modèle de printemps, les ellipses de chaque date de récolte forment un arc paramétré continu depuis 48 jours avant récolte jusqu'à la date de récolte à

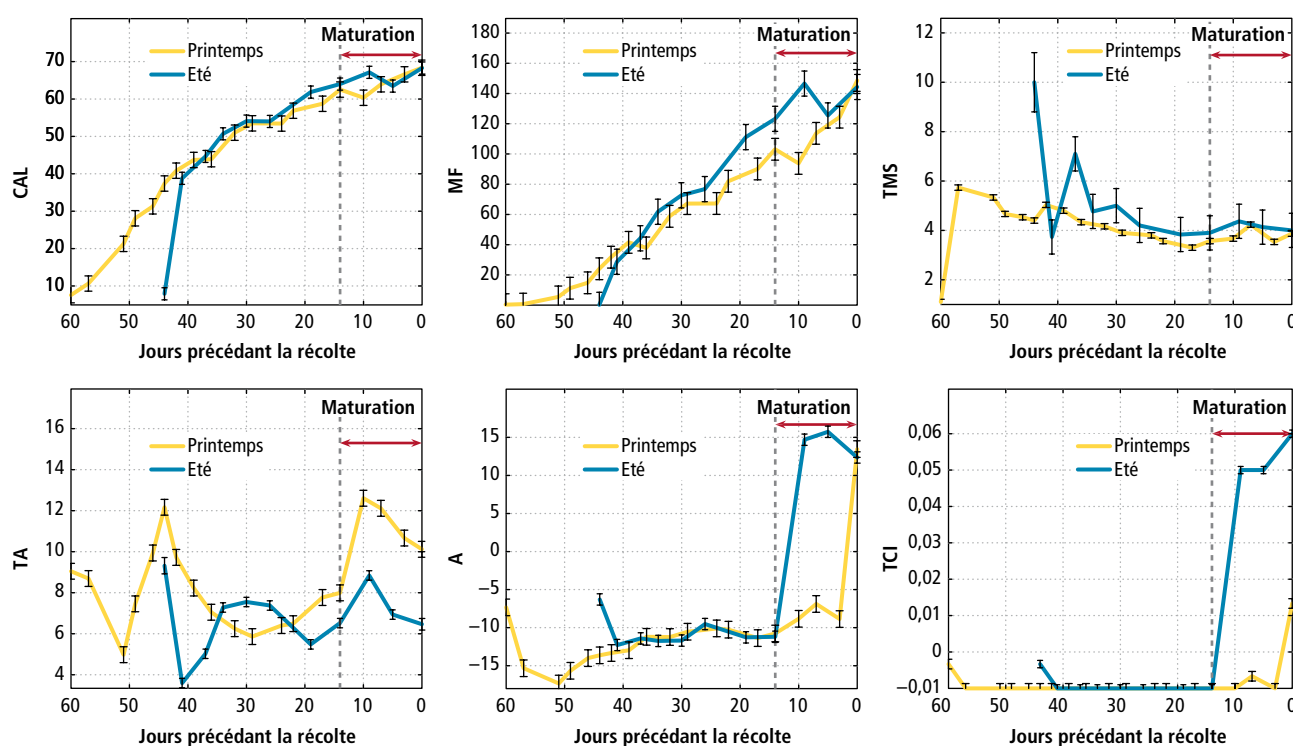


Figure 1 | Evolution de la qualité des fruits au cours de leur croissance et développement en serre au printemps (symboles blancs) et en été (symboles noirs). Cal: calibre, MF: masse fraîche, TMS: teneur en matières solubles, TA: acidité totale, A et TCI caractérisent la couleur. Les données ont été analysées par ANOVA et test hsd de Tukey (p = 0,05). Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95 % de l'analyse de variance et du test hsd.

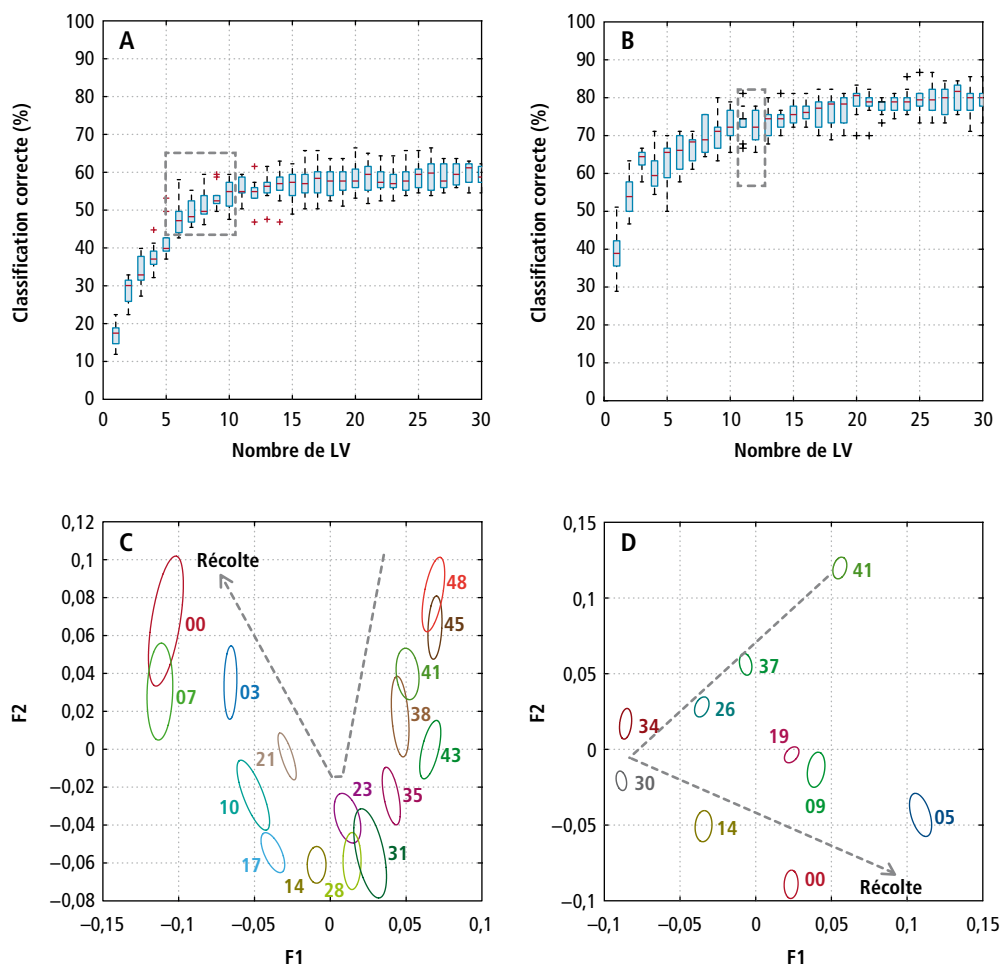


Figure 2 | Pourcentage de classification correcte par le modèle AFD en fonction du nombre de dimensions introduites dans le modèle utilisant les fruits de printemps (A) et d'été (B). Cartes factorielles de l'AFD d'après les deux premières coordonnées factorielles avec les fruits de printemps (C) et d'été (D).

Tableau 1 | Valeurs des modèles de prédictions PLS pour la teneur en matières solubles (TMS) et l'acidité totale (TA)

Saison		Printemps						Été						Printemps + été					
Stade		PM+M		PM		M		PM+M		PM		M		PM+M		PM		M	
Etape		C	V	C	V	C	V	C	V	C	V	C	V	C	V	C	V	C	V
TMS	LV	9	9	6	6	6	6	7	7	8	8	6	6	9	9	8	8	8	8
	R	0,87	0,79	0,90	0,89	0,71	0,55	0,77	0,53	0,88	0,79	0,91	0,86	0,72	0,66	0,77	0,74	0,93	0,85
	RMSEc	0,26	0,32	0,23	0,24	0,28	0,30	0,30	0,43	0,25	0,34	0,07	0,09	0,32	0,40	0,32	0,40	0,10	0,14
	RPD	1,73	1,45	2,08	1,84	1,00	0,97	1,20	0,88	1,84	1,41	2,24	1,90	1,04	0,89	1,23	0,83	2,54	1,70
	RPIQ	3,13	3,11	4,13	3,74	1,07	1,00	2,00	1,40	2,40	2,06	4,29	3,33	1,88	2,00	2,34	2,00	3,00	2,14
	CV	12,6	12,7	12,8	12,7	10,2	8,9	10,8	11,1	12,1	12,3	4,3	4,0	11,6	13,1	12,4	14,2	6,7	6,5
TA	LV	5	5	5	5	7	7	8	8	7	7	8	8	8	8	3	3	6	6
	R	0,51	0,49	0,61	0,58	0,84	0,57	0,92	0,76	0,97	0,94	0,98	0,84	0,79	0,69	0,73	0,62	0,92	0,88
	RMSEc	1,99	1,91	1,42	1,49	0,69	1,43	0,63	1,15	0,35	0,57	0,22	0,52	1,41	1,7	1,46	1,71	0,42	0,53
	RPD	0,59	0,61	0,77	0,71	1,51	0,87	2,34	1,47	4,46	2,67	4,78	1,46	1,3	1,08	1,06	0,83	2,28	1,77
	RPIQ	1,78	1,84	1,57	1,4	1,96	1,11	1,57	1,37	7,11	4,46	9,77	2,77	2,08	1,39	1,22	0,92	2,05	1,7
	CV	26,5	24,7	22,6	23,3	11,1	15,0	23,3	24,0	25,4	26,4	13,7	12,9	29,3	28,9	28,8	29,3	15,4	16,0

Saison: données spectrales et de référence utilisées pour la construction du modèle PLS en fonction des saisons: printemps et été. Stade: données utilisées pour la construction du modèle PLS en fonction du stade de développement des fruits: pré-maturation (PM) et maturation (M). Etape: calibration (C) et validation (V). LV: nombre de variables latentes introduit dans le modèle PLS. R: coefficient de corrélation. RMSEc: erreur quadratique du modèle PLS après correction du biais. RPD: rapport de la déviation sur la précision du modèle PLS. RPIQ: rapport de la distance interquartile sur la précision du modèle PLS. CV: coefficient de variation des valeurs de référence.

pleine maturité. La première composante factorielle décrit la variabilité principale de l'arc paramétré, fonction des dates de récolte, alors que la seconde composante factorielle décrit une variabilité secondaire liée au point d'inflexion situé vers 30 jours avant récolte. Avec le modèle utilisant les fruits d'été, la variabilité de 41 à 30 jours avant récolte est essentiellement décrite par la première composante factorielle. Au-delà, la variabilité est décrite par la seconde composante factorielle.

La majorité des longueurs d'onde impliquées dans la modélisation sont liées à des harmoniques de vibration des liaisons CH, CH₂ et CH₃ (1^{re}, 2^e ou 3^e harmonique) et à la bande d'absorption de l'eau (2^e harmonique). Les courbes représentant les corrélations des absorbances aux différentes longueurs d'ondes avec les deux premières coordonnées factorielles sont très similaires pour les modèles «printemps» et «été» (fig. 3).

Modèles quantitatifs: régression PLS

Teneur en matières solubles et acidité totale

Le tableau 1 résume les résultats des régressions PLS pour la prédiction de TMS et TA.

Les modèles ont été construits en fonction de la saison (printemps, été, printemps + été) et du stade de développement des fruits (pré-maturation PM, maturation M, PM+M).

Concernant la TMS, les calibrations ont montré des valeurs de RMSE n'excédant pas 0,32% Brix. Cette valeur a été atteinte avec le modèle regroupant les fruits des deux saisons et les différents stades de développement. Les modèles PM et M sont globalement plus précis que les modèles PM+M. La figure 4 qui exprime les valeurs de TMS réelles en fonction des valeurs de TMS prédites illustre bien le gain de linéarité des modèles PM et M par rapport au modèle PM+M.

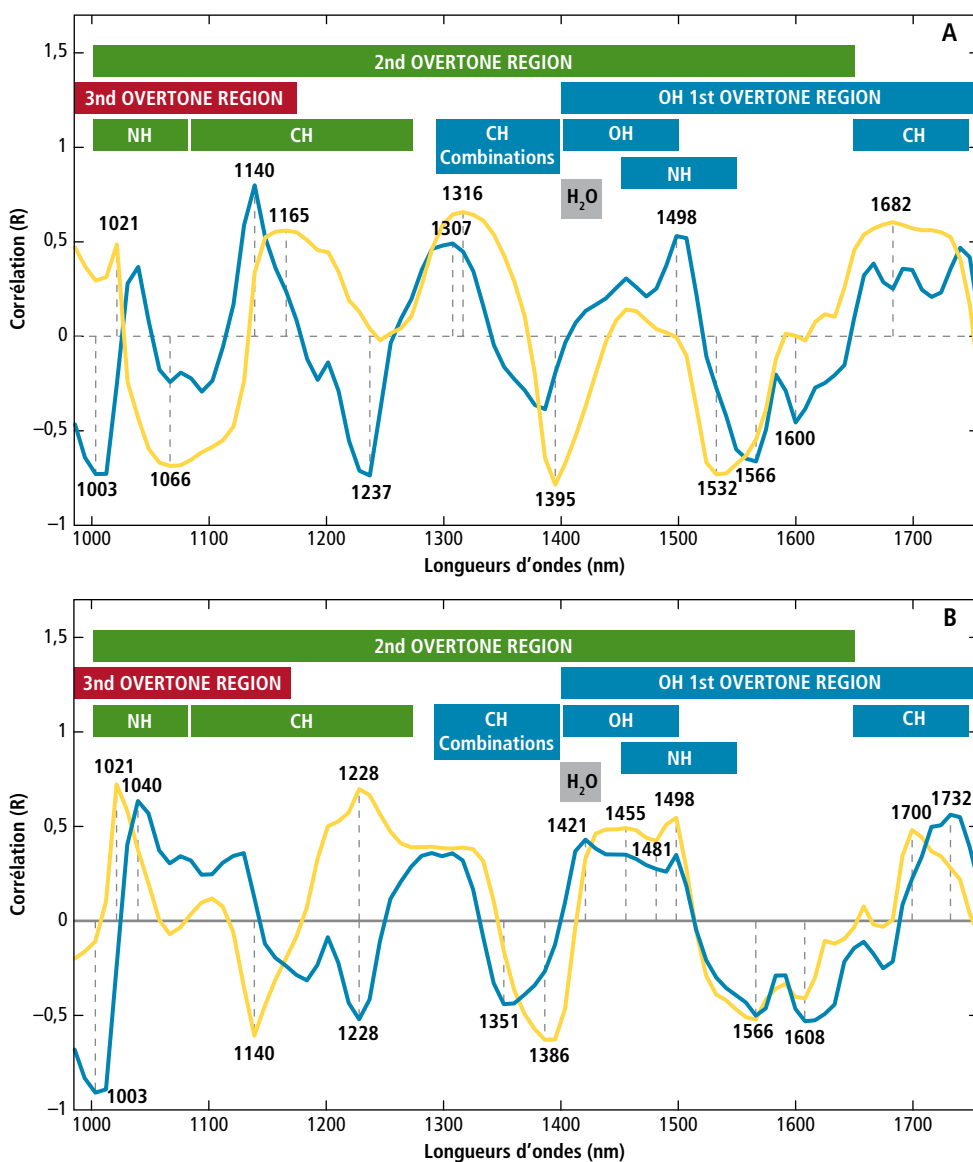


Figure 3 | Corrélation entre les deux premières coordonnées factorielles (F1: — et F2: —) de l'AFD et les données spectrales X pour le modèle de printemps (A) et d'été (B).

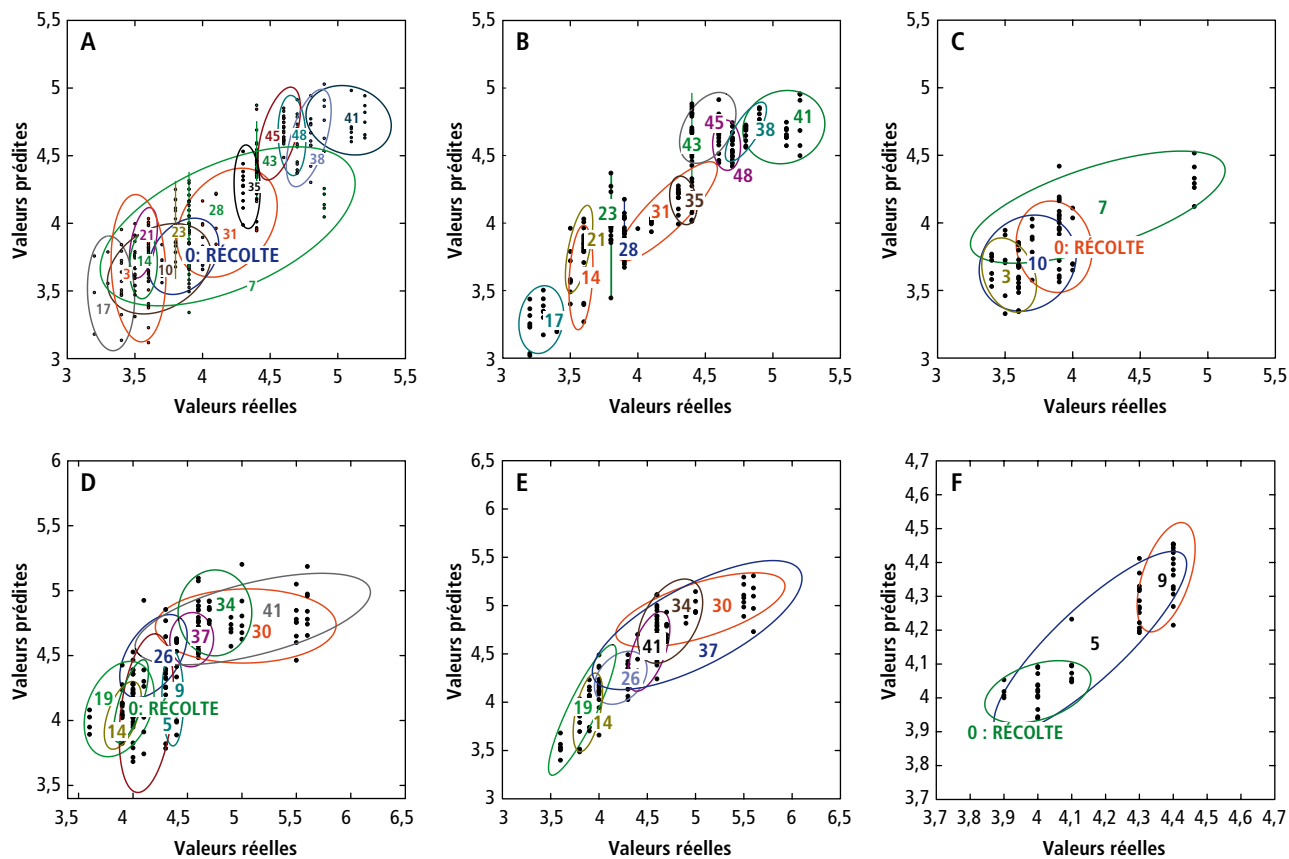


Figure 4 | Valeurs réelles et prédites de TMS. Modèles de printemps regroupant les fruits PM+M (A), PM (B) et M (C). Modèles d'été regroupant les fruits PM+M (D), PM (E) et M (F). Niveau de signification des ellipses de confiance $p = 0,05$. PM: fruits avant maturation, M: fruits en cours de maturation.

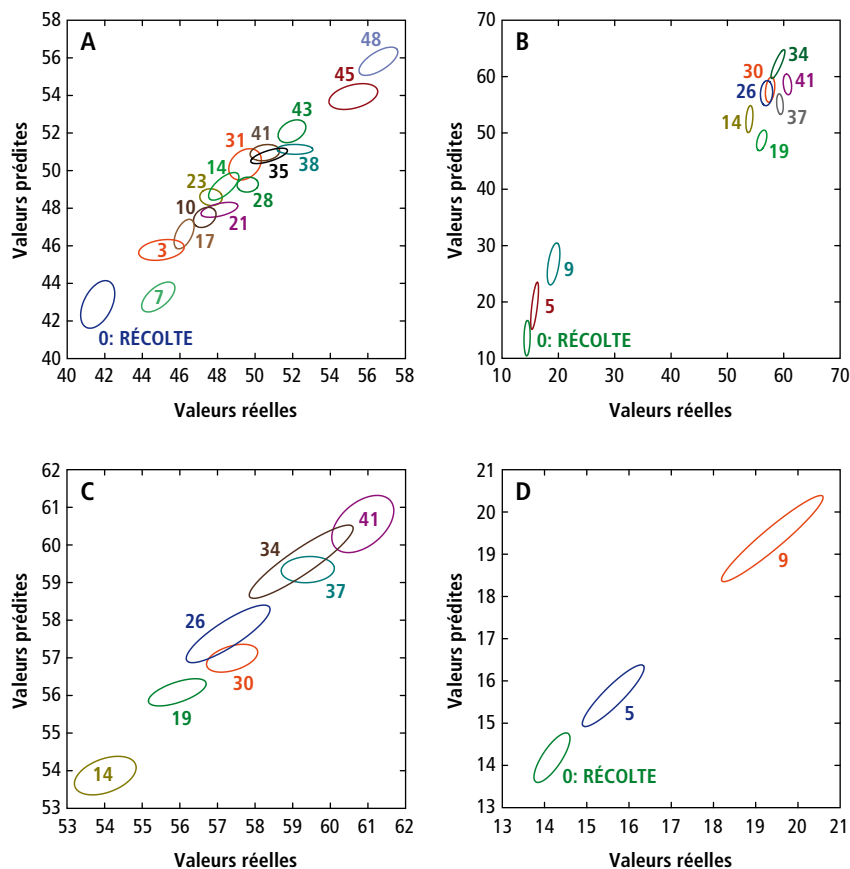


Figure 5 | Valeurs réelles et prédites de L*. Modèle de printemps (A) et d'été (B) regroupant les fruits PM+M. Modèles d'été utilisant les fruits PM (C) et M (D). Niveau de signification des ellipses des barycentres des nuages de points $p = 0,05$. PM: fruits avant maturation, M: fruits en cours de maturation.

Pour les fruits d'été, les modèles PM et M permettent d'atteindre une meilleure précision que le modèle PM+M, en particulier lors de la maturation des fruits. De manière générale, l'erreur commise sur la mesure de TMS est comprise entre 0,23 et 0,40 % Brix. Cette gamme d'erreur peut être comparée aux données publiées dans la littérature. Des travaux récents ont rapporté des valeurs de R^2 de 0,82 et de RMSE de l'ordre de 0,45 % Brix (Clement *et al.* 2008b; Flores *et al.* 2009) pour des fruits (variété Micro-Tom) avec des valeurs de TMS de 3,2 à 10 % Brix.

Les modèles de prédiction de TA des fruits PM+M sont légèrement moins précis que ceux des fruits PM ou M pris séparément. Quelle que soit la saison de développement des fruits, les modèles utilisant les fruits en cours de maturation (M) sont bons ($0,84 < R < 0,98$ et $RMSE = 0,52$ méq/100 g). Pour les fruits PM, les modèles donnent de bons résultats en été ($0,94 < R < 0,97$ et $RMSE = 0,57$ méq/100 g) mais insuffisamment précis au printemps ($0,58 < R < 0,61$ et $RMSE = 1,49$ méq/100 g).

Couleur des fruits

L^* est prédit avec une précision de 5–6 unités lors de la validation et des valeurs de RPD de 2,47 et 1,9 sont respectivement obtenues pour les modèles été et printemps + été. Concernant le modèle printemps, des valeurs de RMSE et RPD de 0,75 unité et 3,25 ont été calculées. Dans le modèle été, à maturation (M), une forte diminution de L^* (de 50 à 14 unités) a été mesurée en l'espace de quelques jours ($CV = 17,6\%$). Dans la même période de maturation, les valeurs de L^* au printemps restent stables autour de 40 unités ($CV = 5,6\%$). Cette stabilité n'offre pas la variabilité des mesures nécessaire à une bonne modélisation. La figure 5 permet de visualiser les valeurs réelles et prédites de L^* . La variabilité au printemps a fourni un continuum de valeurs permettant un bonne modélisation. Par contre, les valeurs obtenues en été forment deux lots distincts correspondant aux phases de PM et M. Il est alors important de séparer ces deux lots pour créer deux modèles afin d'éviter le piège d'un «faux bon modèle». En effet, une

Tableau 2 | Valeurs des modèles de prédictions PLS pour les paramètres de couleur L^* , a^* et b^*

Saison		Printemps						Été						Printemps + été					
Stade		PM+M		PM		M		PM+M		PM		M		PM+M		PM		M	
Etape		C	V	C	V	C	V	C	V	C	V	C	V	C	V	C	V	C	V
L^*	LV	6	6	7	7	7	7	8	8	5	5	8	8	8	8	8	8	4	4
	R	0,88	0,89	0,89	0,79	0,92	0,66	0,93	0,91	0,88	0,81	0,96	0,75	0,84	0,82	0,94	0,93	0,97	0,97
	RMSEc	2	1,83	1,49	1,9	0,99	2,07	7,47	7,3	1,33	1,52	0,73	1,7	7,1	7,95	1,96	2,01	3,93	3,9
	RPD	1,84	1,94	2	1,4	2,27	1,23	2,47	2,36	1,9	1,45	3,78	1,36	1,55	1,41	2,67	2,68	3,99	4
	RPIQ	2,74	2,67	2,69	2,21	3,76	1,64	5,46	0,97	3,12	2,67	5,13	1,44	1,36	1,3	4,56	4,72	8,16	8,39
	CV	8,6	8,3	6,6	6,2	5,6	5,6	46,9	37,7	5,0	4,6	17,6	15,6	28,2	31,2	10,8	10,3	50,7	49,6
a^*	LV	9	9	7	7	6	6	7	7	6	6	7	7	8	8	5	5	9	9
	R	0,91	0,76	0,91	0,79	0,89	0,90	0,86	0,85	0,70	0,50	0,95	0,90	0,84	0,77	0,53	0,40	0,93	0,90
	RMSEc	3,43	4,56	0,81	1,16	4,59	4,71	6,37	6,64	0,85	0,98	1,51	2,01	5,84	7,01	0,95	0,93	4,12	5,02
	RPD	2,18	1,33	2,17	1,37	1,94	2,18	1,68	1,73	0,97	0,84	2,96	2,06	1,51	1,23	0,62	0,58	2,54	1,94
	RPIQ	0,9	0,68	3,46	2,41	3,97	4,97	3,51	3,46	1,41	1,38	2,9	2,67	1,15	0,48	1,45	1,51	5,29	4,78
	CV	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
b^*	LV	7	7	6	6	2	2	8	8	6	6	7	7	8	8	6	6	3	3
	R	0,88	0,84	0,89	0,86	0,48	0,17	0,94	0,86	0,67	0,52	0,92	0,87	0,80	0,74	0,69	0,58	0,84	0,77
	RMSEc	1,71	2,02	1,71	1,8	1,87	2,09	2,52	3,21	1,84	2,2	1,35	2,29	2,93	3,43	1,78	2,02	3,17	3,71
	RPD	1,82	1,56	1,94	1,56	0,55	0,36	2,65	1,57	0,91	0,83	2,26	1,84	1,34	1,19	0,94	0,84	1,54	1,32
	RPIQ	2,69	1,88	2,68	2,39	1,87	1,41	5,74	1,95	1,52	1,52	1,55	2,6	1,38	1,21	1,67	1,39	3,87	3,1
	CV	17,2	18,3	17,5	16,5	11,9	11,4	43,0	35,4	11,6	12,0	44,4	52,4	27,1	28,8	12,1	12,3	43,5	39,8

Saison: données spectrales et de référence utilisées pour la construction du modèle PLS en fonction des saisons: printemps et été. Stade: données utilisées pour la construction du modèle PLS en fonction du stade de développement des fruits: pré-maturation (PM) et maturation (M). Etape: calibration (C) et validation (V). LV: nombre de variables latentes introduit dans le modèle PLS. R: coefficient de corrélation. RMSEc: erreur quadratique du modèle PLS après correction du biais. RPD: rapport de la déviation sur la précision du modèle PLS. RPIQ: rapport de la distance interquartile sur la précision du modèle PLS. CV: coefficient de variation des valeurs de référence.

forte valeur de R peut être obtenue dans une régression linéaire mettant en jeu deux lots de données fortement éloignés. Les modèles séparément construits pour les fruits des phases PM et M (fig. 5C,D) améliorent le continuum recherché des valeurs à prédire.

Le paramètre de couleur a^* évolue essentiellement durant la phase de maturation (M), quelle que soit la saison. Avant cette phase, les valeurs sont relativement constantes. La modélisation de la prédiction de a^* est relativement précise pour les modèles utilisant les fruits de la phase M. Les valeurs de RMSE oscillent entre 2 et 5 unités.

Au printemps, la diminution du paramètre b^* survient dans la phase PM alors qu'elle ne se produit que dans la phase M en été. Pour l'été, la modélisation de la prédiction de b^* est correcte avec des valeurs respectives de R de 0,92 et 0,87 pour la calibration et la validation. Au printemps, la modélisation de b^* dans la phase PM est aussi correcte avec des valeurs de R de 0,89 et 0,86. Le modèle printemps + été est moins précis.

Bibliographie

- Baranska M., Schütze W. & Schulz H., 2006. Determination of lycopene and beta-carotene content in tomato fruits and related products: Comparison of FT-Raman, ATR-IR, and NIR spectroscopy. *Analytical Chemistry* **78** (24), 8456–8461.
- Barnes R. J., Dhanoa M. S. & Lister S. J., 1989. Standard normal variate transformation and de-trending of near-infrared diffuse reflectance spectra. *Applied Spectroscopy* **43** (5), 772–777.
- Beckles D. M., Hong N., Stamova L. & Luengwilai K., 2012. Biochemical factors contributing to tomato fruit sugar content: a review. *Fruits* **67** (1), 49–64.
- Bellon-Maurel V., Fernandez-Ahumada E., Palagos B., Roger J. M. & McBratney A., 2010. Critical review of chemometric indicators commonly used for assessing the quality of the prediction of soil attributes by NIR spectroscopy. *Trac-Trends in analytical Chemistry* **29** (9), 1073–1081.
- Bellon Maurel V., Crochon M. & Roger J. M., 2002. GLOVE: an instrumented glove to non destructively and rapidly assess fruit quality. In: Fruit Nut and Vegetable Production Engineering 6th International Symposium. Potsdam, DEU.
- Bertrand D., Courcoux P., Autran J. C., Meritan R. & Robert P., 1990. Stepwise canonical discriminant-analysis of continuous digitized signals – application to chromatograms of wheat proteins. *Journal of Chemometrics* **4** (6), 413–427.
- Camps C. & Christen D., 2009. Non-destructive assessment of apricot fruit quality by portable visible-near infrared spectroscopy. *LWT – Food Science and Technology* **42** (6), 1125–1131.
- Camps C., Simone C. & Gilli C., 2012. Assessment of tomato quality using portable NIR spectroscopy and PLSR with wavelengths selection. *Acta Horticulturae* **936**, 437–442.
- Camps C., Toussiroit M., Quennoz M. & Simonnet X., 2011. Determination of artemisinin and moisture content of *Artemisia annua* L. dry powder using a hand-held near infrared spectroscopy device. *Journal of near Infrared Spectroscopy* **19** (3), 191–198.
- Centeno D. C., Osorio S., Nunes-Nesi A., Bertolo A. L. F., Carneiro R. T., Araujo

Conclusions

- Le développement d'un outil de mesure non destructif de la qualité est utile pour détecter au plus vite dans la saison une incidence potentielle de l'environnement ou des conduites culturales sur la qualité organoleptique des tomates.
- De plus, la grande variabilité qualitative des lots de fruits demande de multiplier les mesures afin d'obtenir des résultats robustes et fiables. Cette multiplication des mesures est consommatrice de temps et de main-d'œuvre. La spectroscopie proche infrarouge pourrait réduire ces contraintes.
- La spectroscopie proche infrarouge portable semble prometteuse pour le suivi global du développement physiologique des fruits.
- La prédiction quantitative de la teneur en matières solubles (sucres) est possible tandis que celle de l'acidité totale est moins fiable.
- La prédiction des paramètres de couleur est particulièrement précise pour les phases de développement où les fruits changent de couleur. ■

- W. L., Steinhäuser M. C., Michalska J., Rohrmann J., Geigenberger P., Oliver S. N., Stitt M., Carrari F., Rose J. K. C. & Fernie A. R., 2011. Malate Plays a Crucial Role in Starch Metabolism, Ripening, and Soluble Solid Content of Tomato Fruit and Affects Postharvest Softening. *Plant Cell* **23** (1), 162–184.
- Clement A., Dorais M. & Vernon M., 2008a. Multivariate approach to the measurement of tomato maturity and gustatory attributes and their rapid assessment by Vis-NIR Spectroscopy. *Journal of agricultural and Food Chemistry* **56** (5), 1538–1544.
- Clement A., Dorais M. & Vernon M., 2008b. Nondestructive Measurement of Fresh Tomato Lycopene Content and Other Physicochemical Characteristics Using Visible-NIR Spectroscopy. *Journal of agricultural and Food Chemistry* **56** (21), 9813–9818.
- De Nardo T., Shiroma-Kian C., Halim Y., Francis D. & Rodriguez-Saona L. E., 2009. Rapid and Simultaneous Determination of Lycopene and beta-Carotene Contents in Tomato Juice by Infrared Spectroscopy. *Journal of agricultural and Food Chemistry* **57** (4), 1105–1112.
- Delwiche S. R., Mekwatanakarn W. & Wang C. Y., 2008. Soluble solids and simple sugars measurement in intact mango using near infrared spectroscopy. *Horttechnology* **18** (3), 410–416.
- Ecartot M., Baczyk P., Tessarotto L. & Chervin C., 2013. Rapid phenotyping of the tomato fruit model, Micro-Tom, with a portable VIS-NIR spectrometer. *Plant Physiol. Biochem.* **70**, 159–163.
- Flores K., Sanchez M. T., Perez-Marin D., Guerrero J. E. & Garrido-Varo A., 2009. Feasibility in NIRS instruments for predicting internal quality in intact tomato. *Journal of Food Engineering* **91** (2), 311–318.
- Giovannoni J. J., 2004. Genetic regulation of fruit development and ripening. *Plant Cell* **16**, S170–S180.
- Kusumiyati A., Akinaga T., Tanaka M. & Kawasaki S., 2008. On-tree and after-harvesting evaluation of firmness, color and lycopene content of tomato fruit using portable NIR spectroscopy. *Journal of Food Agriculture & Environment* **6** (2), 327–332.

Summary

Monitoring of tomato quality by hand-held NIR spectroscopy and chemometric

The objective of the present study was to evaluate the use of hand-held near infrared spectroscopy to monitor the quality of tomatoes grown in greenhouse. The soluble solids content (TMS), total acidity (TA) and color settings were followed from fruit set until harvest at full maturity. This monitoring was conducted during the Spring and Summer. The spectral data and quality have been used to construct chemometric models in order to (1) monitor the fruit according to their stage of development and (2) predict fruit quality. The discriminant models have traced the chronological evolution of fruit and mark the entry in the maturation stage. Quantitative models (PLS) were used to predict the TMS, TA and fruit color considering the season and the fruit maturity stage.

Key words: NIR spectroscopy, quality, tomato, FDA, PLS.

Zusammenfassung

Überwachung der Qualität von Tomaten im Gewächshaus mittels mobiler NIR-Spektroskopie und Chemometrie

Ziel dieser Studie war es, die Verwendung von Spektroskopie im infrarotnahen Bereich für die Qualitätsentwicklung von Tomaten im Gewächshaus zu beurteilen. Der Gehalt an löslichem Material (TMS) und an Gesamtsäure (TA) sowie die Farbparameter wurden ab Fruchtansatz bis zur Ernte bei voller Reife verfolgt. Diese Beobachtung ist während des Frühlings und des Sommers durchgeführt worden. Diese spektralen Werte und die Qualitätsdaten sind dazu benutzt worden, chemometrische Modelle aufzustellen, um (1) die Entwicklung der Früchte in Abhängigkeit ihres Reifestadiums zu beobachten und, um (2) die Qualität der Früchte voraussagen. Durch eine Diskriminanzanalyse der Modelle konnte die chronologische Entwicklung der Früchte ausgewertet werden und die Früchte konnten bei Beginn der Reifephase gekennzeichnet werden. Quantitative Modelle (PLS) ermöglichten es, TMS, TA und Farbe der Früchte voraussagen, die Präzision dieser Voraussagen ist abhängig von der Saison und dem Reifestadium der Früchte.

Riassunto

Monitoraggio della qualità dei pomodori in serra mediante portatile spettroscopia NIR e chemiometria

Lo scopo di questo studio era di valutare l'uso di un sistema portatile di spettroscopia nel vicino infrarosso (NIR) per monitorare la qualità dei pomodori in serra. Il tenore in materia solubile (TMS), l'acidità totale (AT) come pure i parametri della colorazione sono stati monitorati dall'allegazione dei frutti fino al raccolto a piena maturazione. Questo monitoraggio è stato effettuato durante la primavera e l'estate. I dati ottenuti dalla spettroscopia e dalla qualità sono stati utilizzati in modo da costruire dei modelli chemiometrici miranti a (1) seguire l'evoluzione dei frutti in funzione del loro stadio di sviluppo e per (2) predire la qualità dei frutti. I modelli discriminanti hanno permesso di rintracciare l'evoluzione cronologica dei frutti e di marcare l'entrata nella fase di maturazione. I modelli quantitativi (PLS) hanno permesso di predire la TMS, l'AT e la colorazione dei frutti con delle precisioni dipendenti dalla stagione e dallo stadio di maturità dei frutti.

- Luengwilai K. & Beckles D. M., 2009. Starch Granules in Tomato Fruit Show a Complex Pattern of Degradation. *Journal of agricultural and Food Chemistry* 57 (18), 8480–8487.
- Moons E. & Sinnaeve G., 2000. Non destructive Vis and NIR spectroscopy measurement for the determination of apple internal quality. *Acta Hort.* 517, 441–448.
- Pedro A. M. K. & Ferreira M. M. C., 2007. Simultaneously calibrating solids, sugars and acidity of tomato products using PLS2 and NIR spectroscopy. *Analytica chimica Acta* 595 (1-2), 221–227.
- Petreikov M., Yeselson L., Shen S., Levin I., Schaffer A. A., Efrati A. & Bar M., 2009. Carbohydrate Balance and Accumulation during Development of Near-isogenic Tomato Lines Differing in the AGPase-L1 Allele. *Journal of the American Society for horticultural Science* 134 (1), 134–140.
- Roger J. M., Palagos B., Bertrand D. & Fernandez-Ahumada E., 2011. CovSel: Variable selection for highly multivariate and multi-response calibration: Application to IR spectroscopy. *Chemometrics and intelligent Laboratory Systems* 106, 216–223.
- Saranwong S., Sornsrivichai J. & Kawano S., 2003. On-tree evaluation of harvesting quality of mango fruit using a hand-held NIR instrument. *Journal of near Infrared Spectroscopy* 11 (4), 283–293.
- Williams P. & Sobering D., 1993. Comparison of commercial near infrared transmittance and reflectance instruments for analysis of whole grains and seeds. *Journal of near Infrared Spectroscopy* 1 (1), 25–32.

DUVOISIN Puidoux



**GIROBROYEURS
à largeur réglable**
110-155 cm, 125-175 cm
140-190 cm, 150-200 cm

TONDEUSES
**3 points traînées
ou poussées**
120 - 150 - 180 - 235 cm



Importateur – Vente – Réparation – Pièces détachées
DUVOISIN & Fils SA – 1070 Puidoux-Gare
Machines viticoles et agricoles
Tél. 021 946 22 21 – Fax 021 946 30 59
E-mail: duvoisin.puidoux@bluewin.ch



**Ne laissez pas le
mauvais temps détruire
le fruit de votre travail !**

Nous assurons vos vignes, les bois de vigne
et les jeunes vignes à l'aide d'une couverture
complète contre la grêle et autres calamités
naturelles.



Case postale, 8021 Zurich
Tél.: 044 257 22 11
Fax: 044 257 22 12
info@grele.ch
www.grele.ch



**Schweizer Hagel
Suisse Grêle
Assicurazione Grandine**
AU SERVICE DE L'AGRICULTURE

Martin Auer Pépinières Viticoles 8215 Hallau

Tél. 052 681 26 27
Fax 052 681 45 63

www.rebschulen.ch
auer@rebschulen.ch



Assortiment complet: Cépages de cuve et de table.
Porte-greffes de 34, 42, 50 et de 85 cm.
Réservez vos plants de vigne pour 2015 et 2016.

Alphatec



1350 Orbe
8165 Oberweningen ZH
Tél. 024 442 85 40
Tel. 044 853 06 46



VOTRE SPÉCIALISTE POUR:

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



**Gaz alimentaires
GOURMET**

MESSER
Messer Schweiz AG

CHS CUÉNOUD SA

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

VITICULTURE VITICULTURE VITICULTURE

Notre programme pour la protection des cultures.
Toutes les meilleures solutions au sein d'une même gamme.

Les produits peuvent léser la santé ou l'environnement. Absolument écarter les mesures de précaution sur les emballages.
Cantus Star: 40 g/l Pyraclostrobin / 400 g/l Fézol / Vivando: 500 g/l Metconazole / Mildicut: 25 g/l Oxydemeton-méthyl / Forum Star: 11,3 % Diméthomorphe + 60 % Fézol / Cantus: 50 % Bassacalil / Silwet: 1,71, 840 g/l Triphenylmethylamine / Cyranol: 50 % Aluminosilicate / 25 % Fépith + 4 % Cymoxanil / Pyrinex: 250 g/l Chlorpyrifos / Roundup: 450 g/l Glyphosate / Oscar: 220 g/l Duran: 220 g/l Glyphosate / Switch: 31,5 % Cyprothi + 25 % Fludioxonil.

- **Cabrio® Star**
- **Vivando®**
- **Mildicut®³**
- **Forum® Star**
- **Cantus® + Silwet® L-77**
- **Cyranol®**
- **Pyrinex®**
- **Roundup® Profi**
- **Oscar**
- **Glifonex®**
- **Switch®**

- efficace contre toutes les maladies importantes
- le fongicide contre l'oïdium
- le fongicide anti-mildiou hautement actif
- le fongicide combiné pénétrant contre le mildiou
- protection inédite contre le botrytis
- le fongicide systémique contre le mildiou
- idéal contre les ravageurs
- pour des vignes propres
- herbicide à action systémique et résiduaire
- un glyphosate avec conditions super intéressantes
- fongicide combiné contre le botrytis

**Le savoir-faire
à votre service!**



Leu+Gygax SA

5413 Birmenstorf Téléphone 056-201 45 45
3075 Rüfenacht Téléphone 031-839 24 41
www.leugygax.ch

Irrigation goutte à goutte de la vigne



NETAFIM UniWine
DROU MADE WITH LEED

**Goutte à goutte
PROFESSIONNEL**
Dès 0.57 ct/ml

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



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

PÉPINIÈRES VITICOLES

JEAN-CLAUDE

FAY

PÉPINIÈRES
VITICOLES

La Tronche
73250 FRETERIVE • FRANCE
TÉL. 00 33 479 28 54 18
PORT. 00 33 680 22 38 95
FAX 00 33 479 65 68 12
E-MAIL: jeanclaude.fay@wanadoo.fr
www.plants-de-vigne-fay.com

- Nombreuses références auprès des viticulteurs suisses depuis plus de 30 ans
- Possibilité de plantation à la machine
- Livraison assurée par nos soins à votre exploitation
- Plants traités à l'eau chaude
Suivant recommandations de vos services phytosanitaires
ou correspondant à la norme ZPD4

Minéralité du vin: représentations mentales de consommateurs suisses et français

Pascale DENEULIN^{1, 2, 5}, Guillaume LE BRAS³, Yves LE FUR⁴ et Laurent GAUTIER⁵

¹Changins | Haute école de viticulture et œnologie, 1260 Nyon

²Université de Lausanne, 1015 Lausanne

³Institut œnologique de Champagne, 71640 Mellecey

⁴Centre des sciences du goût et de l'alimentation, AgroSup Dijon, 21065 Dijon

⁵Centre interlangues texte image langage, Université de Bourgogne, 21000 Dijon

Renseignements: Pascale Deneulin, e-mail: pascale.deneulin@changins.ch, tél. +41 22 363 40 55, www.changins.ch



Minéralité du vin, un concept omniprésent dans le discours sur le vin, mais sans définition précise.

Introduction

La notion de minéralité était encore absente de toute littérature œnologique jusqu'aux années 2000. Depuis, le mot minéralité ne cesse de se répandre dans les discours œnologiques pour se diffuser petit à petit au sein du langage des amateurs. Son utilisation est telle

qu'elle apparaît comme un phénomène de mode, une tendance autant chez les professionnels que désormais chez les amateurs de vin. Après une époque où les vins concentrés et sucrés ont dominé le marché mondial, on constate un changement des goûts avec une recherche de vins plus équilibrés, plus subtils (Silvestre 2010) et offrant une plus grande «buvabilité» (mot ayant égale-

ment fait son apparition ces dernières années). La minéralité semble évoquer cette subtilité mais également une recherche d'appartenance à un lieu, un terroir. Pour autant, aucune définition ne fait encore l'objet d'un consensus et chacun se réfugie derrière son propre lexique mental. A première vue, ce concept semble pour une part faire référence à des dimensions sensorielles olfactives, gustatives ou trigéminales mais s'appuie aussi sur une rhétorique fondée sur des aspects non sensoriels (Maltman 2013).

Un projet conduit par une équipe multidisciplinaire étudie les fondements linguistiques, sensoriels, œnologiques et pédologiques de cette notion. Cet article expose les différentes représentations mentales associées à la minéralité dans les vins, en portant une attention particulière à la comparaison entre les représentations des consommateurs suisses francophones et français.

Matériel et méthodes

Pour accéder aux représentations mentales associées à la notion de minéralité dans les vins, un questionnaire comportant deux volets a été diffusé en ligne entre 2011 et 2012 auprès de consommateurs¹ suisses et français. Le premier volet sociodémographique incluait des questions sur les comportements d'achat et de consommation tandis que le second volet était composé de trois questions ouvertes. Afin d'approcher les représentations en question par différentes voies cognitives, les trois questions étaient les suivantes:

(i) *Si je vous parle de minéralité à propos de vin, à quoi cela vous fait-il penser?*

Imaginez que vous ayez à expliquer à un ami ce qu'est la minéralité d'un vin. Pour lui expliquer, (ii) vous donnez une définition, (iii) vous citez des synonymes.

Résumé

Le concept de minéralité dans les vins est aujourd'hui omniprésent dans les discours de marketing, dans la critique œnologique et les supports de communication de nombreux opérateurs. Pour autant, nul n'est capable de s'accorder sur une définition consensuelle. Cet article vise à étudier les différentes représentations qu'ont les consommateurs suisses et français de la minéralité. La multi-dimensionnalité de cette notion se retrouve notamment à travers les stéréotypes basés sur l'odeur de pierre à fusil et de silex, sur l'impression de «sucer un caillou», sur l'acidité mais aussi sur le lien au terroir. La minéralité apparaît comme un concept peu stabilisé; en donner une définition précise reste donc difficile pour beaucoup de consommateurs.

Les questions ont été formulées de manière à ne pas limiter les réponses à un certain type de vin. La première question devait permettre aux répondants de s'exprimer le plus librement possible. La deuxième question, plus cadrée, devait amener les répondants à formuler une définition précise en se référant éventuellement à leurs pré-acquis. Enfin, la dernière question avait pour but de générer des synonymes. Les réponses à ces trois questions composent trois sous-corpus de parole analysés séparément et respectivement nommés *évocation*, *définition* et *synonyme* dans la suite de l'article.

Ce questionnaire a recueilli 1697 réponses issues de 1344 consommateurs français et 353 consommateurs suisses francophones. Les femmes représentent 53 % de l'ensemble des répondants et toutes les classes

¹Un second questionnaire adressé aux professionnels suisses et français est en cours d'analyse.



d'âges sont représentées avec une majorité de 30 à 50 ans (46 %) et une minorité de moins de 20 ans (0,3 %) ou de plus de 70 ans (2 %). Les répondants se déclarent principalement amateurs débutants (50 %) ou amateurs éclairés (31 %) et dans une moindre mesure néophytes (17 %) ou experts (2 %).

Le profil des consommateurs suisses est quelque peu différent de l'ensemble des répondants. Nous retrouvons une majorité d'hommes (66 %) et le niveau de connaissance déclaré est légèrement supérieur à l'ensemble avec seulement 2 % de néophytes, 40 % d'amateurs débutants, 55 % d'amateurs éclairés et 3 % d'experts.

Avant l'analyse lexicale, chaque sous-corpus est préalablement codé. Les fautes d'orthographe ou de frappe sont corrigées et les réponses de type points d'interrogation ou de suspension sont codées afin d'être conservées dans la suite de l'analyse. Une première étape, dite de lemmatisation, a pour objectif de convertir chaque mot dans une forme standardisée (lemme): les verbes sont mis à l'infinitif, les noms au singulier et les adjectifs au masculin singulier. Une deuxième étape consiste à enlever les mots-outils qui ne sont pas porteurs d'information tels que les articles, les prépositions, les pronoms,... pour ne conserver que les noms communs, noms propres, adjectifs, verbes et quelques adverbes jugés pertinents pour l'étude. Seul le mot «minéraux» (masculin pluriel) associé à «sels» n'a pas subi de lemmatisation afin de le différencier du mot plus générique «minéral». Enfin, pour chaque sous-cor-

pus, un tableau «consommateurs x lemmes» répertorie les fréquences de citation de chaque lemme par chaque consommateur. Dans la suite de l'article, nous parlerons plus simplement de mot en lieu et place de lemme.

Résultats

Corpus global et comparaison Suisse/France

Le corpus complet est particulièrement riche avec 34959 occurrences lemmatisées pour 2592 formes distinctes et 1155 mots cités une seule fois.

Le tableau 1 compare la taille et la variété des réponses des consommateurs français et suisses. N correspond à la taille, c'est-à-dire au nombre total de mots

Tableau 1 | Effectifs comparés des réponses lexicales lemmatisées entre corpus (France – Suisse) et sous-corpus (évoation, définition, synonyme)

	N = nombre de mots		V = variété		Hapax	
	France	Suisse	France	Suisse	France	Suisse
a. <i>Évoation</i>	9972	4321	1274	957	645	547
<i>Définition</i>	11 868	3620	1448	784	722	424
<i>Synonyme</i>	3865	1291	832	434	495	280
b. <i>Évoation</i>	742	1224	95	271	48	155
<i>Définition</i>	883	1025	108	222	54	120
<i>Synonyme</i>	288	366	62	123	37	79

a: effectifs bruts pour 1344 consommateurs français et 353 consommateurs suisses. b: effectifs rapportés à 100 consommateurs suisses.

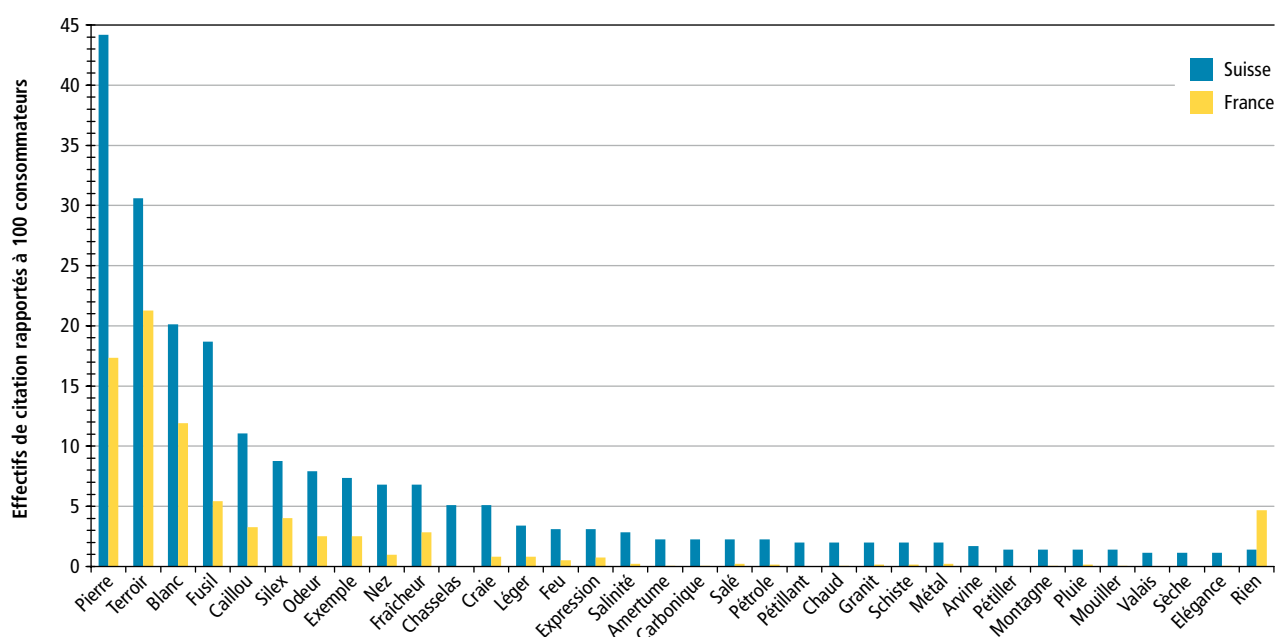


Figure 1 | Sous-corpus *évoation*: graphique comparatif des effectifs de citation (rapportés à 100 consommateurs) des mots permettant de différencier les consommateurs suisses et français.

(tokens), V est la variété, c'est-à-dire le nombre de mots distincts (types), et Hapax donne le nombre de mots n'apparaissant qu'une seule fois. Le tableau 1a indique les effectifs bruts alors que le tableau 1b donne les effectifs rapportés à 100 consommateurs, permettant ainsi de comparer les deux corpus Suisse et France, initialement de tailles très différentes par le nombre de répondants. Nous constatons que le corpus Suisse est plus riche que le corpus France pour l'ensemble des indicateurs. Les consommateurs suisses ont fourni des réponses plus longues tout en utilisant un vocabulaire plus varié. Cela se manifeste pour chacun des indicateurs (tabl.1b). Le niveau de connaissance déclaré supérieur pour les consommateurs suisses explique très certainement cette plus grande richesse de vocabulaire.

Sous-corpus évocation

Lors de cette première question, les consommateurs devaient formuler ce que leur évoque la minéralité dans les vins sans stimulus extérieur, c'est-à-dire hors de toute situation de dégustation. Ils étaient implicitement encouragés à verbaliser toutes les idées qui leur venaient spontanément à l'esprit, tout en faisant référence, le cas échéant, à des exemples ou à des moments de leur vie (expériences œnologiques ou vie privée).

L'analyse globale du sous-corpus évocation montre que 7% des répondants (soit 122 répondants au total) ne sont pas en mesure de formuler à quoi leur fait penser la minéralité. Leurs réponses traduisent l'indétermination de la notion, matérialisée par des points d'interrogation ou de suspension ou des formulations comme «je n'en ai aucune idée», «rien de précis, désolé», «pas grand-chose», etc. Il est intéressant de constater que sur les 122 répondants qui se trouvent dans cette impasse représentationnelle, seuls quatre sont suisses. Chez les autres répondants, la minéralité à propos de vin évoque principalement trois grandes thématiques:

- le champ lexical du sensoriel avec plus particulièrement des odeurs/arômes de pierre à fusil et de silex, de l'acidité et de la fraîcheur en bouche, le tout complété par des exemples de vins blancs (Chablis, Chasselas, Chardonnay, etc.);
- l'analogie avec les eaux minérales, leurs teneurs et leurs compositions en sels minéraux;
- le lien au sol et au terroir, la nature et le lieu où pousse la vigne.

La figure 1 montre uniquement les mots significativement plus utilisés par les consommateurs suisses que par les consommateurs français et vice versa. Les mots utilisés de la même manière par les deux populations ne sont pas mentionnés dans cette figure.

L'analyse des différences de représentations entre consommateurs suisses et français fait apparaître une utilisation prédominante chez les consommateurs suisses des mots pierre et fusil (pour pierre à fusil), caillou et silex, à l'exemple de la citation suivante:

«A un vin qui a un goût de caillou, de silex ou de calcaire. Je dirais aussi que, par analogie, il sera pur et frais.»

La richesse terminologique du domaine géo-pédologique est complétée par des spécificités suisses (nettement moins fréquentes chez les consommateurs français) que sont craie, granite et de nombreuses associations aux pierres du type: pierre chaude (après la pluie), pierre de montagne, mur en pierres sèches reflétant ici les paysages viticoles suisses, paysages montagneux où les terrasses viticoles sont omniprésentes. Les principaux exemples cités sont surtout propres aux vins suisses: le Chasselas, la Petite Arvine et la région du Valais (fig. 2).

«Aux différents terroirs du Valais, par exemple les roches brûlées par le soleil sur le coteau de Chamoson, un nez de pierre chaude après la pluie, un goût de terre sablonneuse.»



Figure 2 | Les consommateurs suisses associent souvent la minéralité des vins aux notions de terroir, de goût de «pierre à fusil», de murs en pierres sèches, à l'exemple des vignes de Chamoson (photo Carole Parodi, Agroscope).

«Je visualise une pierre, plutôt de montagne qu'un galet de plage, et j'associe l'idée de goût de poussière. C'est donc incompréhensible à première vue. J'ai peine à imaginer que ce soit une caractéristique positive.»

«La minéralité me fait penser à un aspect rocailleux, de pierre. Par exemple: mur de pierres sèches.»

Les références sensorielles sont nombreuses et mettent l'accent sur la perception de la minéralité en bouche. Le mot fraîcheur est, par exemple, deux fois plus cité dans le corpus suisse que dans le corpus français. Nous pouvons notamment souligner la présence des mots suivants: salinité, salé, amertume (par contraste, c'est-à-dire peu ou pas amer), carbonique, pétillant, pétiller et léger, mots quasi absents du vocabulaire français.

«Ce n'est pas une sensation d'amertume ou de sécheresse mais une agréable sensation de salinité.»

«Fraîcheur, amertume agréable.»

«Sensation de pétillant en bouche, sans être du carbonique, poussière de pierre, salinité, effet structurant, longue persistance.»

Une autre différence notable avec le corpus français repose sur le faible emploi du mot «rien» qui témoigne du déficit de représentations qu'ont les consommateurs français vis-à-vis de la notion. Les répondants suisses sont nettement moins enclins à se réfugier derrière les indices d'indétermination.

Sous-corpus définition

Cet exercice plus contraignant, plus exigeant que le précédent consistait à formuler une définition. Cela supposait une forme de détachement tout en apportant à la fois plus de précisions et moins de références personnelles. Il s'est avéré que 11 % des répondants (français et suisses confondus; soit 184 répondants au total) n'ont pas été en mesure d'apporter une quelconque définition. Parmi ces 184 personnes, douze seulement étaient suisses.

Les trois grandes thématiques déjà mises en lumière en réponse à la première question se retrouvent ici et se voient complétées par deux associations intéressantes. La première est l'utilisation conjointe des mots impression, bouche, sucer et caillou que l'on retrouve dans la définition suivante:

«La minéralité peut être assimilée à l'impression de sucer un caillou.»

La seconde porte sur la proximité récurrente des mots relatifs à des catégories d'odeurs (fruité, floral, végétal, animal ou boisé) avec les mots contraire et opposition. A ce titre, plusieurs hypothèses sont permises:

- à défaut de pouvoir donner une définition précise, les consommateurs ont recours au contre-exemple. Dans ce cas, la minéralité n'aurait pas de définition propre mais traduirait ce qui s'oppose à des catégories d'odeurs plus classiquement reconnues (Guignard et Noble 1986);
- la minéralité fait référence à un vin peu aromatique

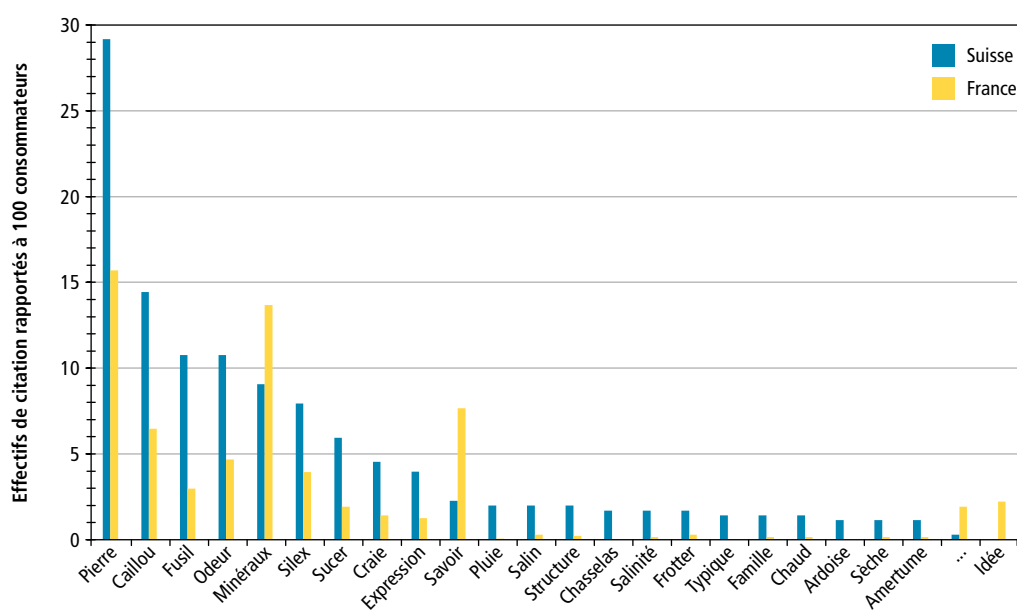


Figure 3 | Sous-corpus définition: graphique comparatif des effectifs de citation (rapportés à 100 consommateurs) des mots permettant de différencier les consommateurs suisses et français.

qui ne relève d'aucune des familles d'odeurs. Le vin est alors jugé minéral.

«Ensemble d'arômes du vin qui regroupe les goûts se rapportant au domaine minéral (par opposition à floral, animal, fruité...»)»

«C'est un côté discret, au contraire des arômes de fruit, de floral»

«Imaginer qu'on suce un petit caillou, ça sent un peu la pierre par opposition au côté floral ou végétal.»

Pour rester très général quant aux définitions, les différences entre consommateurs suisses et français sont plus subtiles (fig. 3) que dans le cas du sous-corpus précédent. Les consommateurs suisses utilisent plus volontiers la formulation «sucer un caillou», parlent davantage de «l'expression (du terroir)» et de la «structure (du sol)»:

«C'est le terroir des sols / la source, structure du sol qui donne la minéralité d'un vin.»

A l'opposé, les consommateurs français semblent davantage baser leurs définitions sur la quantité et la nature des minéraux contenus dans le vin. De même, ils sont moins aptes à fournir une définition et utilisent volontiers «je ne sais pas», «aucune idée» ou les points de suspension plus fréquents dans ce corpus.

Conclusions

- Pour 7 % des consommateurs interrogés, la minéralité dans les vins est une notion qui n'évoque rien. Ils sont respectivement 11 et 19 % à ne donner aucune définition et aucun synonyme de la notion. Des traces d'indétermination existent.
- Pour les autres consommateurs interrogés, la minéralité dans les vins est associée:
 - aux odeurs de pierre à fusil, de silex et de craie
 - à l'impression de sucer un caillou
 - à l'acidité, la fraîcheur et la vivacité en bouche
 - aux minéraux contenus dans le vin (sans doute sur la base d'un parallèle avec les eaux minérales)
 - au terroir, à la composition du sol où pousse la vigne.
- Plus spécifiquement, les consommateurs suisses font référence au Chasselas, à la Petite Arvine et à la région du Valais. Ils associent la minéralité à la salinité et à du pétillant en bouche.

Sous-corpus synonyme

Donner des synonymes à la minéralité semble être la tâche la plus complexe. 19 % des consommateurs suisses et français confondus n'y parviennent pas. En plus des mots déjà cités dans les réponses aux deux questions précédentes (notamment: pierre, fusil – pour pierre à fusil –, silex, terroir, odeur, fraîcheur, caillou, minéraux,...), de nouvelles associations apparaissent entre minéralité et:

- fraîcheur, vivacité, complexité, richesse;
- légèreté, aérien, finesse, subtil, cristallin, clarté;
- pur et pureté, qualité, droit, franc;
- dur et dureté, âpre et âpreté, rugosité;
- fer, métal et métallique;
- mine de crayon (utilisation spécifique des répondants suisses).

La grande majorité des synonymes cités présente une connotation globalement positive même si certaines de ces nouvelles associations (dureté, âpreté, rugosité, métallique) laissent aussi supposer une dimension potentiellement négative. La positivité des odeurs de pierre à fusil, de silex ou de caillou reste toutefois à démontrer.

- Les synonymes relèvent le plus souvent du positif bien que quelques mots cités puissent être aussi porteurs d'une dimension négative. ■

Remerciements

Le projet «Minéralité des vins: étude et valorisation d'un concept en vogue mais méconnu» a été sélectionné dans le cadre du programme de coopération territoriale européenne INTERREG IV A France-Suisse 2007–2013.

Bibliographie

- Guignard J.-X. & Noble A. C., 1986. Proposition d'une terminologie pour une description analytique de l'arôme des vins. *Science des Aliments* 42, 657–662.
- Maltman A., 2013. Minerality in wine: a geological perspective. *Journal of Wine Research* 24, 1–13.
- Silvestre R., 2010. Sur la minéralité dans la dégustation des vins. *Revue des Enologues* 134, 53–56.

Summary ■ **Minerality in wines: mental expectations of Swiss and French consumers**

Today the concept of minerality in wines is omnipresent. It appears in marketing discourses, in oenological critics and commercial communication. However, there is no common agreement on a general definition. This paper aims to study the different expectations that Swiss and French consumers have about minerality. The multidimensionality of the term is reflected through stereotypes like the odor of flint, the impression of “sucking a stone”, or referring to acidity or to the Terroir. Thus, the term minerality appears as a unstable concept and providing a precise definition remains consequently difficult for many consumers.

Key words: minerality, wine, expectations, flint, stone, consumers.

Zusammenfassung ■ **Mineralität des Weines: mentale Vorstellungen schweizerischer und französischer Konsumenten**

Der Begriff Mineralität ist heutzutage überall zu finden: im Marketingdiskurs, in Weinkritiken sowie als kommunikatives Schlagwort vieler Akteure der Weinindustrie. Trotzdem scheint niemand in der Lage zu sein, eine Konsensdefinition vorzuschlagen. Dieser Beitrag zielt darauf ab, die unterschiedlichen Vorstellungen zu untersuchen, die sich französische und schweizerische Konsumenten von diesem Begriff machen. Die Multidimensionalität des Begriffs lässt sich insbesondere an Stereotypen ablesen wie Feurestein- bzw. Silexnoten, Eindruck, einen Kieselstein zu lutschen, Säure oder auch *terroir*-Bezug. Mineralität erscheint als nicht fest umrissener Begriff; eine genaue Definition zu liefern fällt also vielen Konsumenten schwierig.

Riassunto ■ **La mineralità del vino: percezioni mentali di consumatori svizzeri e francesi**

Oggigiorno il concetto di mineralità nei vini è onnipresente nei discorsi di marketing, nella critica enologica e nei supporti di comunicazione di numerosi operatori. Pertanto, nessuno è in grado di accordarsi su una definizione consensuale. Questo articolo intende studiare le diverse percezioni che i consumatori svizzeri e francesi hanno della mineralità. La multidimensionalità di questa nozione si ritrova in particolare attraverso gli stereotipi basati sull'odore di pietra focaia e silicio, sull'impressione di «succhiare un sasso», sull'acidità, ma anche sulla tipicità del terroir. La mineralità appare come un concetto variabile; per molti consumatori rimane, dunque, difficile attribuirle una precisa definizione.

Publicité



«**Dynali** est au centre de ma stratégie contre l'oïdium.»

Salomé Roux
Vigneronne/œnologue, Champlan/VS
www.dynali-syngenta.ch

syngenta®



SOL • CONSEIL

SWISS TESTING
STS 213

Analyses et conseils de fumure: notre laboratoire accrédité et nos ingénieurs sont à votre disposition!

SOL-CONSEIL • Changins • CP 1381 • 1260 Nyon 1
Tél. 022 363 43 04 • Fax 022 363 45 17
E-mail: sol.conseil@acw.admin.ch
www.acw.admin.ch



Nos **fongicides** à succès éprouvés pour l'arboriculture et petits fruits

FLINT[®] 

Moon[®]
EXPERIENCE

Moon[®]
PRIVILEGE

TELDOR[®]

Bayer (Schweiz) AG
CropScience
3052 Zollikofen
Téléphone 031 869 16 66
www.agrar.bayer.ch

Employer les produits phytosanitaires avec précaution.
Avant utilisation, lire attentivement le mode d'emploi et les informations sur l'étiquette.
Observer les phrases et symboles de danger.



Amélioration de la performance des levures œnologiques avec la méthode fed-batch

Charles FROHMAN¹, Danielle WIDMER² et Ramón MIRA DE ORDUÑA HEIDINGER²

¹Takasago International Corporation, Rockleigh, NJ, USA

²Changins | Haute école de viticulture et œnologie, 1260 Nyon, Suisse

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



Danielle Widmer, étudiante du Master MLS Viticulture et Œnologie de Changins, avec le nouveau spectromètre proche infrarouge (Bruker MPA), qui sera utilisé à l'avenir pour l'automatisation des fermentations œnologiques et d'autres analyses du vin.

Introduction

La levure *Saccharomyces cerevisiae* a une place prédominante parmi les organismes de production industrielle grâce à sa tolérance aux pH bas, aux hautes concentrations d'éthanol et à sa capacité de croître en milieu anaérobie (Nevoigt 2008). En œnologie, *S. cerevisiae* assure la stabilité microbiologique par sa production d'éthanol, mais contribue aussi de façon fondamentale à la qualité organoleptique du produit final. Notamment, certains composants aromatiques sont produits pendant la fermentation, soit favorables comme les esters volatils aux arômes fruités ou floraux,

soit moins souhaités comme l'acide acétique ou le sulfure d'hydrogène, qui peuvent nuire à la qualité, voire rendre les vins inconsommables.

Cette situation se présente surtout lorsque les levures subissent des stress pendant la fermentation, qui engendrent la production de ces composés, ou même des arrêts de fermentation. Les facteurs de stress les plus significatifs pour *S. cerevisiae* sont la température, les concentrations en sucres et en alcool. La réponse de *S. cerevisiae* au stress hyperosmotique causé par des hautes concentrations en sucres a été amplement étudiée dans le cadre des fermentations œnologiques (Bely *et al.* 2005; Erasmus *et al.* 2004; Ferreira *et al.*

2006). Le stress hyperosmotique cause une sur-régulation des gènes de la voie métabolique glycolytique et de la voie pentose phosphate (Erasmus *et al.* 2003), induisant une augmentation de produits secondaires du métabolisme levurien, comme l'acétaldéhyde et l'acide acétique, qui peut atteindre 1,5 g/l dans certains vins (Erasmus *et al.* 2004; Kontkanen *et al.* 2004; Nurgel *et al.* 2004; Pigeau et Inglis 2005a).

Précédemment, les moûts riches en sucres étaient surtout produits dans les régions à climat chaud, mais aussi dans des régions septentrionales pour des vins issus de raisins partiellement ou entièrement passerillés, comme les vendanges tardives, vins de glace, des Auslese, etc. Ces dernières années, cependant, le réchauffement climatique tend à accroître de façon plus générale les problèmes de fermentation liés aux taux de sucres excessifs dans les moûts (Mira de Orduña 2010).

Pour réduire le stress hyperosmotique, les concentrations en sucre devraient être limitées pendant la fermentation. Ce résultat pourrait être obtenu en ajoutant le moût lentement et de façon continue à un pied de cuve, permettant ainsi aux levures de consommer le sucre au moment de son addition, au lieu d'ajouter les levures au moût comme habituellement. Cette approche est appelée «fed-batch» (de l'anglais *feeding*, pour alimenter).

Ce travail avait pour but d'étudier l'application d'une méthode fed-batch à la fermentation d'un moût blanc riche en sucres. Afin de bien identifier les différences éventuelles entre une fermentation traditionnelle (batch) et la variante fed-batch, un moût de Chardonnay a été chaptalisé à une très haute concentration en sucres (340 g/l).

Matériel et méthodes

Un moût de Chardonnay (pH 3,25, AT 10 g/l) a été stérilisé par filtration et chaptalisé à 340 g/l de sucres avec du fructose et du glucose (50:50). La nutrition levurienne a été assurée par ajout d'un nutriment complexe (Fermaid K, 0,25 g/l) et de phosphate d'ammonium (0,25 g/l). Dans les deux variantes, les levures ont été inoculées à raison de 0,4 g/l du volume initial de la fermentation. Pour la fermentation traditionnelle (batch), les levures ont été inoculées après réhydratation dans la totalité du moût. Pour la variante fed-batch, une petite quantité de moût a été mélangée avec les levures réhydratées pour réduire la concentration en sucres à 160 g/l. Puis, la fermentation a réduit la concentration à 50 g/l de sucres. Dès ce moment, le moût restant a été ajouté lentement durant la fermentation. Le débit de l'ajout a été adapté à la vitesse de la

Résumé ■ Les hautes teneurs en sucres provoquent un stress hyperosmotique chez les levures *Saccharomyces cerevisiae*, qui augmente la formation d'acide acétique et d'acétaldéhyde, ainsi que le risque d'arrêts de fermentation. Dans cette étude, une fermentation traditionnelle (méthode batch) d'un moût à très haute concentration en sucres (340 g/l) a été comparée à une méthode fed-batch où le même moût a été ajouté à une vitesse adaptée pour maintenir la concentration en sucres à 50 g/l pendant la fermentation. Les deux variantes ont présenté des teneurs finales similaires en éthanol mais, en cours de fermentation, la méthode fed-batch a fourni de meilleurs taux de production d'éthanol, associés à une meilleure viabilité des levures. En outre, les concentrations résiduelles en acide acétique et en acétaldéhyde étaient significativement plus basses après la fermentation fed-batch. La stratégie fed-batch visant à maintenir une concentration en sucres basse et constante pourrait ainsi contribuer au succès et à l'efficacité de la fermentation et à réduire la formation de métabolites associés au stress hyperosmotique de *S. cerevisiae*. Des études sont actuellement en cours à Changins pour automatiser cette technique et obtenir plus de données sur son application.

consommation des sucres pour maintenir la concentration à 50 g/l. Afin d'assurer cette constance, les teneurs en sucres ont été quantifiées dans des échantillons pris toutes les 10–15 minutes.

La viabilité des levures a été testée par cytométrie en flux (Accuri C6). L'analyse des autres composants a été assurée par méthode chromatographique (sucres, alcool, acides) et enzymatique (acétaldéhyde).

Résultats

La figure 1 montre la cinétique des concentrations de sucres fondamentalement différente entre les deux variantes. Dans la variante batch, la concentration en sucres a baissé graduellement à partir d'une valeur initiale de 340 g/l. Dans la variante fed-batch, après une phase initiale de fermentation libre, le contrôle constant de la teneur en sucres et les variations du débit de la pompe de moût ont maintenu la concentration à 50 g/l tout au long de la fermentation.

Comme prévu, les deux fermentations se sont achevées avant que tous les sucres soient consommés (fig.1), à cause du taux d'alcool potentiel du moût de ~22 % (vol.). Les concentrations finales en éthanol ont été similaires dans les deux variantes (tabl.1). Cependant, la variante fed-batch a montré une meilleure cinétique de production d'éthanol (tabl.1 et fig.1), bien corrélée avec la viabilité plus élevée des levures dans cette variante (fig. 2). En plus de leur nombre supérieur, les levures de la variante fed-batch se sont aussi caractérisées par une phase de mort plus lente (fig. 2).

La figure 3 illustre l'effet fondamental de la méthode fed-batch sur le métabolisme des levures et la production de métabolites associés au stress hyperosmotique. Avec une formation d'acide acétique initiale comparable dans les deux procédés, une partie de l'acide acétique a été réutilisée dès le début de l'ajout contrôlé de moût dans la variante fed-batch. Les concentrations d'acide acétique sont ensuite restées constantes, se traduisant par des valeurs finales de 80 % inférieures à celles de la variante batch (tabl.1).

La cinétique des concentrations d'acétaldéhyde a été similaire dans les deux variantes (fig. 3). Cependant, dans la variante batch, la concentration maximale et la valeur finale d'acétaldéhyde étaient deux fois plus élevées que dans la variante fed-batch (tabl.1).

Discussion

L'ajout de levures réhydratées au moût constitue toujours un stress considérable pour ces microorganismes, accru lors de haute concentration en sucres du moût. L'ajout de moût lent et contrôlé (fed-batch) à un pied de cuve de levure fait apparaître des différences fondamentales dans la cinétique de métabolites et la viabilité des levures par rapport à la méthode traditionnelle (batch).

Même si les concentrations finales en éthanol étaient similaires dans les vins des variantes batch et fed-batch, les taux de formation d'éthanol étaient plus élevés dans le procédé fed-batch. Ce résultat, corrélé avec le nombre supérieur de levures viables, confirme ceux de Nagodawithana *et al.*(1974) qui ont démontré qu'une réduction des concentrations en sucres augmentait la viabilité de *S. cerevisiae* pendant la fermentation alcoolique.

Des hautes teneurs en sucres sont associées à une formation accrue d'acide acétique par *S. cerevisiae* (Michnick *et al.* 1997; Pigeau et Inglis 2005a; Pigeau et Inglis 2007; Pigeau et Inglis 2005b). Dans cette étude, la teneur finale en acide acétique après fermentation traditionnelle était effectivement très élevée, proche ou légèrement supérieure aux limites légales de la majori-

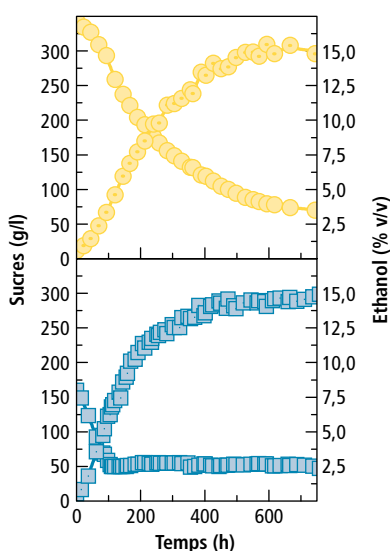


Figure 1 | Cinétique des concentrations des sucres et de l'éthanol.

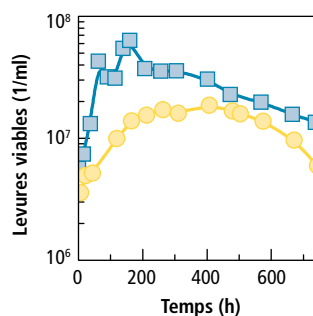


Figure 2 | Nombre de levures viables.

Fermentations batch (●) et fed-batch (■) d'un moût de Chardonnay chaptalisé à 340 g/l de sucres.

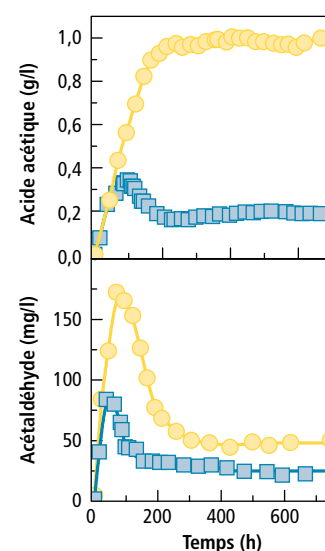


Figure 3 | Cinétique des concentrations d'acide acétique et d'acétaldéhyde.

Tableau 1 | Concentrations en éthanol, acide acétique et acétaldéhyde dans les vins après la fin de la fermentation

	Durée (h)	Ethanol (% v/v)	Taux de formation d'éthanol max. (‰ (v/v)/h)	Acide acétique (mg/l)	Acétaldéhyde (mg/l)
Batch	666 ± 25 ^a	14,8 ± 0,29 ^a	0,45 ± 0,02 ^a	1000 ± 25 ^a	49 ± 2 ^a
Fed-batch	543 ± 10 ^b	14,9 ± 0,10 ^a	0,7 ± 0,07 ^b	190 ± 8 ^b	22 ± 2 ^b

Des lettres différentes indiquent des différences statistiquement significatives à p = 0,05.

té des pays. Plusieurs chercheurs ont établi que *S. cerevisiae* pouvait utiliser l'acide acétique lorsque les teneurs en glucose étaient basses (1–50 g/l) (Moreira dos Santos *et al.* 2003; Vilela-Moura *et al.* 2008). Dans la variante fed-batch, l'acide acétique a été effectivement réutilisé, ce qui se traduit par une concentration finale cinq fois inférieure à celle de la variante traditionnelle.

L'acétaldéhyde (éthanal) est le composant carbonyle quantitativement le plus important du vin et exerce un effet sur l'arôme, la couleur et la stabilité microbiologique (Liu et Pilone 2000). De hautes teneurs en acétaldéhyde dans le vin nécessitent de fortes doses de sulfites (SO₂) pour assurer la qualité microbiologique et organoleptique des vins (Boulton *et al.* 1996; Jackowetz *et al.* 2012). Il a été démontré que les hautes concentrations en sucres augmentent la production d'acétaldéhyde des levures (Li et Mira de Orduña 2011), ce que confirment les résultats de cette étude. L'ajout de moût lent et contrôlé (méthode fed-batch) à un pied de cuve de levures a considérablement réduit la teneur finale en acétaldéhyde dans le vin, une réduction qui correspondrait à une diminution de sulfites combinés (à l'acétaldéhyde) de près de 40 mg/l.

Conclusions

- Cette étude prouve que, pour les moûts à haute concentration en sucres, l'application d'une stratégie fed-batch visant à maintenir les concentrations en sucre basses et constantes pendant la fermentation peut augmenter la viabilité des levures et réduire de façon significative la production de métabolites associés à leur réponse au stress.
- Les changements observés ont un impact sur le plan œnologique.
- Cependant, le contrôle manuel constant des teneurs en sucres exigé par la méthode fed-batch est irréaliste dans un contexte industriel.
- Des travaux sont ainsi programmés à Changins pour automatiser ce procédé, de même que des études plus approfondies sur l'effet des fermentations fed-batch sur la composition et la qualité organoleptique des vins. ■

Bibliographie

- Bely M., Masneuf-Pomaredo I. & Dubourdieu D., 2005. Influence of physiological state of inoculum on volatile acidity production by *Saccharomyces cerevisiae* during high sugar fermentation. *J. Int. Sci. Vigne Vin* 39 (4), 191–197.
- Boulton R. B., Singleton V. L., Bisson L. F. & Kunkee R. E., 1996. Principles and Practices of Winemaking. Chapman & Hall, New York, 604 p.
- Erasmus D. J., Cliff M. A. & van Vuuren H. J. J., 2004. Impact of yeast strain on the production of acetic acid, glycerol, and the sensory attributes of icewine. *Am. J. Enol. Vitic.* 55 (4), 371–378.
- Erasmus D. J., van der Merwe G. K. & van Vuuren H. J., 2003. Genome-wide expression analyses: Metabolic adaptation of *Saccharomyces cerevisiae* to high sugar stress. *FEMS Yeast Res.* 3 (4), 375–399.
- Ferreira J., du Toit M. & du Toit W. J., 2006. The effects of copper and high sugar concentrations on growth, fermentation efficiency and volatile acidity production of different commercial wine yeast strains. *Austr. J. Grape Wine Res.* 12 (1), 50–56.
- Jackowetz J. N., Li E. & Mira de Orduña R., 2012. Sulphur dioxide content of wines: the role of winemaking and carbonyl compounds. *Practical Winery & Vineyard Winter*, 38–49.
- Kontkanen D., Inglis D. L., Pickering G. J. & Reynolds A., 2004. Effect of yeast inoculation rate, acclimatization, and nutrient addition on icewine fermentation. *Am. J. Enol. Vitic.* 55 (4), 363–370.
- Li E. & Mira de Orduña R., 2011. Evaluation of the acetaldehyde production and degradation potential of 26 enological *Saccharomyces* and non-*Saccharomyces* yeast strains in a resting cell model system. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 38 (9), 1391–1398.
- Liu S.-Q. & Pilone G. J., 2000. An overview of formation and roles of acetaldehyde in winemaking with emphasis on microbiological implications. *Int. J. Food Sci. Technol.* 35, 49–61.
- Michnick S., Roustan J. L., Remize F., Barre P. & Dequin S., 1997. Modulation of glycerol and ethanol yields during alcoholic fermentation in *Saccharomyces cerevisiae* strains overexpressed or disrupted for GPD1 encoding glycerol 3-phosphate dehydrogenase. *Yeast* 13 (9), 783–793.
- Mira de Orduña R., 2010. Climate change associated effects on grape and wine quality and production. *Food Res. Int.* 43 (7, Climate Change and Food Science), 1844–1855.
- Moreira dos Santos M., Gombert A. K., Christensen B., Olsson L. & Nielsen J., 2003. Identification of in vivo enzyme activities in the cometabolism of glucose and acetate by *Saccharomyces cerevisiae* by using ¹³C-labeled substrates. *Eukaryot Cell* 2 (3), 599–608.
- Nagodawithana T. W., Castellano C. & Steinkraus K. H., 1974. Effect of dissolved oxygen, temperature, initial cell count, and sugar concentration on the viability of *Saccharomyces cerevisiae* in rapid fermentations. *J. appl. Microbiol.* 28 (3), 383–391.
- Nevoigt E., 2008. Progress in metabolic engineering of *Saccharomyces cerevisiae*. *Microbiol. mol. Biol. Rev.* 72 (3), 379–412.
- Nurgel C., Pickering G. J. & Inglis D. L., 2004. Sensory and chemical characteristics of Canadian ice wines. *J. Sci. Food Agric.* 84 (13), 1675–1684.
- Pigeau G. M. & Inglis D. L., 2005a. Upregulation of ALD3 and GPD1 in *Saccharomyces cerevisiae* during Icewine fermentation. *J. appl. Microbiol.* 99 (1), 112–125.
- Pigeau G. M. & Inglis D. L., 2007. Response of wine yeast *Saccharomyces cerevisiae* aldehyde dehydrogenases to acetaldehyde stress during Icewine fermentation. *J. appl. Microbiol.* 103 (5), 1576–1586.
- Pigeau G. & Inglis D., 2005b. Yeast metabolic implications of icewine fermentation. *Am. J. Enol. Vitic.* 56 (4).
- Vilela-Moura A., Schuller D., Mendes-Faia A. & Côte-Real M., 2008. Reduction of volatile acidity of wines by selected yeast strains. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 80 (5), 881–890.

■ Summary

Improvement of yeast performance by application of fed-batch fermentations in enology

High must sugar concentrations lead to a hyperosmotic stress response in *Saccharomyces cerevisiae* increasing the formation of acetic acid and acetaldehyde, as well as the risk of fermentation failures. This work compared the traditional batch fermentation of a very high sugar containing grape juice (340 g/l) with a fed-batch fermentation where the same juice was added at such rates as to keep sugar concentrations constant at 50 g/l during the fermentation. In both treatments, the final ethanol concentrations were similar, but higher ethanol formation rates were obtained in the fed-batch fermentations that were associated with increased yeast viability. Significantly less acetic acid and acetaldehyde remained after fed-batch fermentations. The implementation of fed-batch fermentations at low and constant substrate concentrations may be a suitable technique for increasing fermentation success and efficiency and decreasing byproduct formation in alcoholic fermentations by *S. cerevisiae*. Current studies at Changins will further investigate the application of this technique and its automation.

Key words: yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, alcoholic fermentation, wine, hyperosmotic stress, fed-batch.

■ Zusammenfassung

Verbesserung der Leistungsfähigkeit der Hefe in der Önologie durch Anwendung der fed-batch Technik

Hohe Mostzuckergehalte führen in der Hefe *Saccharomyces cerevisiae* zu hyperosmotischem Stress und in der Folge zu erhöhter Bildung von unerwünschten Gärungsnebenprodukten wie Essigsäure und Acetaldehyd (Ethanal), und einer grösseren Wahrscheinlichkeit von Gärstörungen. Ziel dieser Arbeit war es, die traditionelle Gärung (Batch Fermentation) eines Mostes mit hohem Zuckergehalt (340 g/l) mit einer fed-batch Gärung zu vergleichen. Bei der fed-batch Variante wurde die kontinuierliche Zugabe des selben Mostes derart variiert, dass die Zuckerkonzentration während der Gärung bei 50 g/l konstant blieb. Keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Endethanolkonzentration konnten beobachtet werden. Aufgrund erhöhter Hefelevensfähigkeit im Fed-batch Verfahren konnten jedoch höhere Ethanolbildungsraten in dieser Variante gemessen werden. Weiterhin führte das Fed-batch Verfahren zu signifikant tieferen Gehalten an Essigsäure und Acetaldehyd. Der Einsatz einer fed-batch Vergärungstechnik bei konstant tiefen Zuckergehalten könnte in der Praxis die Gärungssicherheit und -effizienz erhöhen und die Bildung von unerwünschten Gärungsnebenprodukten minimieren. Derzeitige Studien in Changins haben sich zum Ziel gesetzt das Verfahren zu automatisieren und weiter zu untersuchen.

■ Riassunto

Miglioramento dell'efficienza del lievito attraverso la tecnica fed-batch in enologia

Elevati tenori zuccherini nel mosto causano nel lievito *Saccharomyces cerevisiae* uno stress iperosmotico e, di conseguenza, una maggiore formazione di prodotti di fermentazione secondari indesiderati quali l'acido acetico e acetaldeide e possibili arresti di fermentazione. Lo scopo del presente lavoro era di confrontare la fermentazione tradizionale (fermentazione batch) di un mosto con elevato tenore zuccherino (340 g/l) con una fermentazione fed-batch. Nella variante fed-batch si è variato continuamente l'aggiunta dello stesso mosto in modo che la concentrazione durante la fermentazione rimanesse costante a 50 g/l. Non si sono osservate differenze significative relative alla concentrazione finale di etanolo. A causa della migliore capacità di sopravvivenza del lievito nel procedimento fed-batch sono stati misurati dei tassi maggiori di formazione di etanolo. Il procedimento fed-batch ha, inoltre, portato a un tenore significativamente inferiore in acido acetico e acetaldeide. L'impiego di una tecnica di fermentazione fed-batch con tenori zuccherini costantemente bassi potrebbe aumentare, nella pratica, la sicurezza ed efficienza della fermentazione e ridurre la formazione di prodotti di fermentazione secondari indesiderati. Attualmente gli studi a Changins si sono posti come obiettivo l'automatizzazione del procedimento e ulteriori verifiche.

Pépinières Ph. Borioli

Partenaire de votre réussite

Planter c'est prévoir!

Réservez l'assemblage idéal cépage - clone / porte-greffe
Pieds de 30 à 90 cm



Nouvel encépagement?

Vinifera ou Interspécifique, demandez nos conseils et services



Raisins de table: votre nouvelle culture fruitière!

Choix de variétés adaptées à vos labels



CH-2022 BEVAIX

Tél. 032 846 40 10 Fax 032 846 40 11
E-mail: info@multivitis.ch www.multivitis.ch

Tracteur Loeffel Viti Plus avec broyeur Dragone



Constructeur de machines viticoles
Vente, entretien, location de matériel viticole
Service personnalisé
Usinage CNC, blocks forés

www.loeffel-fils.com
contact@loeffel-fils.com

Chemin des Conrardes 13 CH - 2017 Boudry

Tél. +41 (0)32 842 12 78
Fax. +41 (0)32 842 55 07



www.saury.com



Demandez l'original

Wenger Technologie de Boissons SA
Route de Granges 50
CH-1616 Attalens
Tél. +41 21 947 44 10 – Fax +41 21 947 44 11
Natel +41 79 675 03 33
E-mail: info@wengertechnologie.ch

Fiche technique de Divico, premier cépage résistant aux principales maladies de la vigne sélectionné par Agroscope

Jean-Laurent SPRING, Agroscope, 1009 Pully

Renseignements: e-mail: jean-laurent.spring@agroscope.admin.ch, tél. +41 21 721 15 63, www.agroscope.ch



Diverses phases de la sélection d'un nouveau cépage, des semis aux premières multiplications.

De 1965 à 1995, Agroscope a créé huit nouvelles variétés de cuve issues de croisements entre cépages européens. L'objectif d'alors était la résistance à la pourriture grise (*Botrytis cinerea*), le potentiel organoleptique et la souplesse d'adaptation aux conditions du vignoble suisse. Cette première étape a été fructueuse puisque, en moins de vingt-cinq ans, ces cépages ont conquis plus de 820 ha du vignoble suisse. Le Gamaret occupe la moitié de ces surfaces et vient en quatrième place des cépages cultivés en Suisse, juste après le Merlot. En outre, depuis 2010, il a été introduit dans les catalogues officiels de l'Italie et de la France, où il est actuellement l'objet d'une demande de classification en AOC pour le Beaujolais.

Depuis 1996, le programme de sélection d'Agroscope a été réorienté vers l'obtention de cépages résistants aux principales maladies de la vigne: mildiou (*Plasmopara viticola*), oïdium (*Uncinula necator*) et pourriture grise (*Botrytis cinerea*). La résistance à la pourriture peut être sélectionnée à l'intérieur de la vigne européenne, mais contre le mildiou et l'oïdium, elle doit être recherchée chez des parents porteurs de gènes de résistance provenant d'espèces sauvages de *Vitis* d'origine américaine ou asiatique. Cette démarche de croisement interspécifique classique a été adoptée pour la création de Divico, dont la généalogie est reproduite dans la figure 1. Cette variété rouge, issue d'un croisement effectué en 1997 entre Gamaret et Bronner, a

reçu le nom de Divico, en hommage à un chef helvète mythique. Le processus de sélection a bénéficié de la mise au point par Agroscope de tests précoces de résistance au mildiou, basés sur la synthèse de phytoalexines spécifiques très fortement liés à la résistance au champ (Gindro *et al.* 2007). La validation du comportement agronomique et du potentiel organoleptique des vins a profité idéalement de la structure d'expérimentation décentralisée d'Agroscope dans les principales régions du vignoble suisse (bassin lémanique, Valais, Tessin, Suisse alémanique). Cette phase de l'expérimentation a suscité un intérêt marqué pour ce nouveau cépage dans le vignoble suisse. Ses caractéristiques permettent de le cultiver avec succès avec un minimum de protection phytosanitaire (un à trois traitements selon la situation et les conditions de l'année). Dans la gamme des cépages interspécifiques, il se distingue par le potentiel qualitatif de ses vins, structurés, très riches en couleur et en tanins de bonne qualité, et caractérisés par un bouquet à la fois fruité et épicé. Un article sur le comportement agronomique et œnologique de ce cépage a été récemment publié (Spring *et al.* 2013); la présente fiche technique le complète par une description détaillée de ses caractères ampélographiques et un résumé de ses principales caractéristiques.



Grappe de Divico.

Bibliographie

- Gindro K., Spring J.-L. & Viret O., 2007. Développement d'outils pour la sélection précoce de cépages résistants au mildiou. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 38, 21–25.
- Spring J.-L., Gindro K., Voinesco F., Jermini M., Ferretti M. & Viret O., 2013. Divico, premier cépage résistant aux principales maladies de la vigne sélectionné par Agroscope. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 45, 292–303.

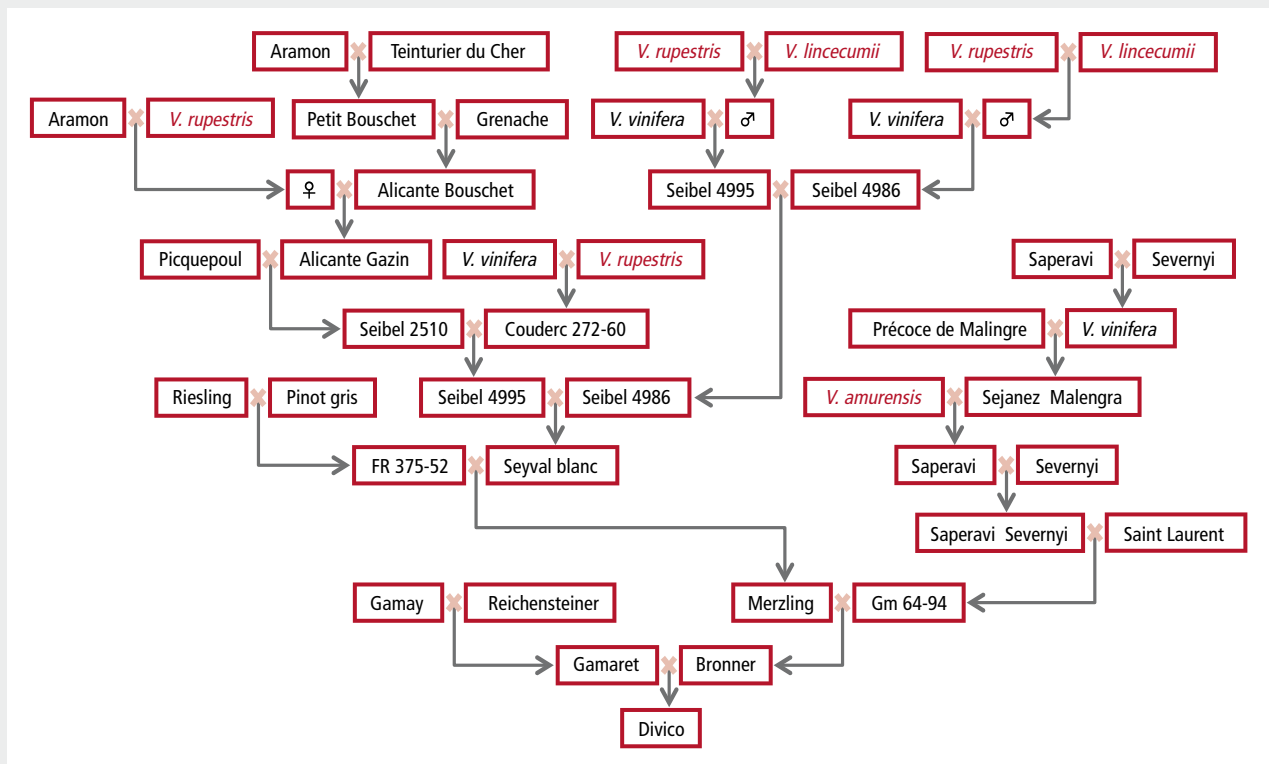


Figure 1 | Arbre généalogique du cépage Divico. En rouge, les espèces américaines et asiatiques de *Vitis* impliquées dans les croisements.

Divico



Synonymes

En Suisse: aucun.

Origine

Cépage obtenu à la Station de recherche Agroscope à Pully en 1997, à partir d'un croisement entre Gamaret et Bronner (code de sélection IRAC 2091). Variété interspécifique possédant des gènes de résistance aux maladies provenant d'espèces de *Vitis* américaines et asiatiques.

Phénologie

Débourrement: précoce

Maturité: 1^{re} époque, mais profite avantageusement de vendanges retardées qui améliorent la structure, la qualité des tanins et la complexité des vins.

Importance et répartition

Son homologation étant très récente (2013), ce cépage n'est présent pour l'instant qu'en Suisse dans le cadre d'un réseau de parcelles expérimentales (4 ha en 2013).

Aptitudes culturales et agronomiques

Caractères végétatifs: vigueur moyenne à forte.

Port semi-érigé.

Potentiel de production: moyen, grappes nombreuses mais légères, nécessite une taille longue. Des conditions climatiques défavorables lors de la floraison et/ou une forte vigueur peuvent entraîner de la coulure.

Maladies, ravageurs, carences, accidents physiologiques: résistance élevée au mildiou et au botrytis, moyenne à l'oïdium. 1-3 traitements contre le mildiou et l'oïdium sont préconisés en fonction de la pression des maladies durant la période floraison/nouaison/stade petit pois (BBCH 57-59 à 73-75). Ne présente pas de résistance particulière contre le black-rot et le rougeot.

Terroirs de prédilection: semble s'adapter à un large éventail de sols et de climats. En considérant le niveau de maturité élevé requis pour l'élaboration de vins de qualité, il convient toutefois d'éviter des situations trop marginales.

Potentiel œnologique

Moût: neutre, moyennement sucré et moyennement acide.

Vin: très coloré, structuré, très riche en polyphénols. Bouquet caractérisé par des notes fruitées, florales et épicées. Ce cépage peut être valorisé en assemblage ou en vin de cépage.

Extrémité du rameau

Ouverture: complètement ouverte

Pigmentation anthocyanique: faible à très faible

Densité des poils couchés: moyenne à forte



Feuille adulte

Forme du limbe: pentagonale

Nombre de lobes: 5-7

Couleur de la face supérieure: vert moyen à foncé

Pigmentation des nervures: faible à très faible

Cloûre: faible à moyenne

Forme des dents: à deux côtés rectilignes

Ouverture du sinus pétiolaire: fermé

Densité des poils couchés (face inférieure): moyenne

Densité des poils dressés des nervures (face inférieure): nulle ou faible



Face inférieure

Jeune feuille

Couleur (face supérieure): vert, légèrement bronzé

Densité des poils couchés (face inférieure): forte



Face supérieure



Face inférieure

Rameau

Couleur de la face dorsale: vert et rouge

Couleur de la face ventrale: vert



Face dorsale



Face ventrale



Baie de référence
Chasselas



Grappe

Longueur: courte à moyenne

Compacité: lâche

Pédoncule: moyen à long

Forme: conique

Nombre d'ailes: 3-4

Baie

Longueur: courte

Forme: elliptique courte

Couleur de l'épiderme: bleu-noir

Intensité de la couleur de la pulpe: très faible à faible

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



PÉPINIÈRES VITICOLES CLAUDE & JACQUES LAPALUD

PLANTATION À LA MACHINE

1163 ÉTOY

Atelier: tél. 021 808 76 91 - fax 021 808 78 40
Privé: tél. 021 807 42 11



contient: *Bacillus thuringiensis kurstaki*

Delfin®

Contre les vers de la grappe
en viticulture

Insecticide biologique à base de
Bacillus thuringiensis

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



Pour que les fruits soient beaux...
...et le vin bon

nous importons des machines de qualité

Tecnomat 
technologies

- Tracteurs enjambeurs à 2, 3 et 4 roues motrices avec voie variable

FALC

- Bêcheuses de 1 m à 4 m



- Roto et gyrobroyeurs de 0,60 m à 3,50 m à largeur variable + gyroculteurs

Sailet + cie

Import + Service

1252 MEINIER/GE - TÉL. 022 750 24 24 - FAX 022 750 12 36
info@sailet.ch - www.sailet.ch

Bouchons en liège

Capsules à vis · Bouchons couronne

Capsules de surbouchage · Bondes silicone

Barriques · Supports porte-barriques · Tire-bouchons

LIÈGE RIBAS S.A.

8-10, rue Pré-Bouvier · Z.I. Satigny · 1217 Meyrin

Tél. 022 980 91 25 · Fax 022 980 91 27

e-mail: ribas@bouchons.ch

www.bouchons.ch

- Joints de rechange
- de portes tous modèles
- Cuves rectangulaires,
- rondes, tronconiques,
- à pression
- Cuves de pigeage
- Fouloirs, égrappoirs,
- presseoirs à membrane ATI
- Installations de pilotage
- des températures
- Tous accessoires
- et robinetteries
- Pompes, tuyauteries
- Filtres compacts multicarters,
- à membranes

**CUVES & MACHINES
DE
CAVES**

bg.nellen@gmail.com
Gérald Nellen - 1897 Les Evouettes
Tél. 024 481 32 74 - Fax 024 481 39 24

Suisse 

Plantes

Flours coupées

Bourse aux fleurs bernoise

Vos plus grands marchés spécialisés pour plantes et fleurs coupées

Nouveau point de vente à Uetendorf!

Berner Blumenbörsen – Löchliweg 27 – 3014 Berne
Berner Blumenbörsen – Uttigenstr. 62 – 3661 Uetendorf


Blumig
Besonders
Beeindruckend

Votre partenaire pour la qualité

 **GIGANDET SA 1853 YVORNE**

Atelier mécanique Tél. 024 466 13 83
Machines viticoles, vinicoles et agricoles Fax 024 466 43 41

Votre spécialiste BUCHER-VASLIN depuis plus de 35 ans

VENTE
SERVICE
RÉPARATION
RÉVISION

PRESSOIR PNEUMATIQUE
5 hl / 8 hl
X Pro 5
X Pro 8



BUCHER
vaslin

Réception pour vendange

Pressoirs
Pompes
Egrappoirs
Fouloirs

 **Deux framboisiers robustes et prolifiques**

TulaMagic®
Le framboisier d'été à très gros fruits et à l'arôme fin, 10 jours plus précoce que Tulameen.

Himbo-Top® 
Framboisier d'automne à très gros fruits et à l'arôme typique. Très robuste et productif.

Hauenstein Rafz
BAUMSCHULEN · GARTEN-CENTER
Tel. +41 (0)44 879 11 22
info@hauenstein-rafz.ch
www.hauenstein-rafz.ch



Des plantes de qualité pour un meilleur rendement

Désinfection à la vapeur aérée de semences de légumes

Werner E. HELLER, Agroscope, 8820 Wädenswil

Renseignements: Werner Heller, e-mail: werner.heller@agroscope.admin.ch, tél. +41 44 783 63 68, www.agroscope.ch

Les maladies sont également transmises par les semences

Le bon état sanitaire des semences joue un rôle déterminant dans la croissance régulière d'une culture de légumes. Un bon état sanitaire signifie une qualité biologique élevée: capacité germinative et vigueur excellentes, absence de pathogènes. Nos propres recherches et les données de la littérature confirment que, chez de nombreuses espèces de légumes, les champignons pathogènes peuvent être transmis par les semences (fig.1).

Pour l'éviter, les semences peuvent être traitées par des moyens chimiques (produits désinfectants ou fongicides) ou physiques, comme l'eau chaude ou la vapeur, qui ne laissent pas de résidus et sont les seuls envisageables en production biologique.



Figure 1 | Oospores de mildiou (*Peronospora valerianellae*) sur une graine de mâche (*Valerianella locusta* L.).

Le traitement à l'eau chaude est techniquement contraignant: les semences sont trempées dans l'eau chaude durant 20 à 30 minutes et absorbent alors une importante quantité d'eau. Le problème est que les températures nécessaires pour éliminer les champignons pathogènes sont proches de celles qui sont fatales aux germes des semences. De plus, les graines doivent être ensuite soigneusement séchées afin qu'elles ne commencent pas à germer. Cette opération est très coûteuse.

La désinfection à la vapeur aérée est moins onéreuse, car les semences ne sont exposées à la chaleur

humide que durant 90 à 120 secondes. Elles absorbent donc moins d'eau et peuvent être séchées plus rapidement. En 1948 déjà, Miller et McWorther ont relevé des succès dans la lutte à la vapeur aérée contre les champignons *Phoma* spp., *Botrytis* spp. et *Fusarium* spp. sur les semences de betterave sucrière. A l'issue de la deuxième guerre mondiale, ce mode de désinfection a été supplanté par l'industrie chimique, qui proposait des fongicides faciles à utiliser contre la contamination des semences. La question est quasiment tombée dans l'oubli jusqu'à l'essor de la production biologique d'aliments et de fourrage dans les dernières décennies du XX^e siècle. Dans cette même période et dans la production dite conventionnelle apparaissent des cas de champignons résistants aux produits de traitement des semences. Navaratnam *et al.* (1980) signalent des cas réussis de désinfection à la vapeur aérée pour des semences de persil (contre *Septoria apiicola*), maïs doux (*Fusarium moniliforme*), tomates (*Corynebacterium michiganense*) et choux-fleurs (*Xanthomonas campestris*). Par contre, cette méthode ne se montre que partiellement efficace dans la lutte contre *Septoria nodorum* sur semences de blé et inefficace contre *Xanthomonas malvacearum* sur semences de coton. Locascio *et al.* (1963) ont comparé un traitement de 30 minutes à l'eau chaude (50°C) avec une désinfection de même durée à la vapeur aérée (40, 50 et 60°C) de semences de chou, poivron, céleri et aubergine. Ils constatent une forte diminution de la capacité germinative des semences après un traitement de 30 minutes à la vapeur à 60°C. Forsberg montre en 2005 que la désinfection de semences de céréales à la vapeur aérée peut être aussi efficace qu'un traitement chimique contre les pathogènes transmis par les semences. Les résultats présentés ici montrent que le traitement à la vapeur aérée permet de tuer les champignons pathogènes sur des semences de légumes, sans pour autant inhiber leur faculté germinative.

Matériel et méthodes

Production de vapeur et régulation de la température

La vapeur à faible pression peut être produite simplement avec une marmite à pression ou une bouilloire (fig. 2). Un tuyau souple la conduit vers une buse d'in-

jection où le flux de vapeur aspire par des trous latéraux l'air ambiant, qui le refroidit. L'ouverture ou la fermeture des trous permet ainsi de régler la température de la vapeur et de la maintenir constante. A son extrémité, la buse d'injection est munie d'une cloche où un thermomètre mesure la température de la vapeur aérée.

Variantes de traitement

Le tableau 1 résume les températures et durées testées pour tuer les pathogènes sans diminuer la capacité germinative des semences, durant les essais préliminaires sur différentes espèces de légumes.

Désinfection

Les semences sont disposées (en couche unique) sur un treillis ou sur du papier filtre, afin d'être bien enveloppées dans le flux de vapeur aérée. La vapeur doit abso-

lument pouvoir s'évacuer sans obstacle hors de la zone de traitement, faute de quoi les semences seront tuées si la chaleur persiste au-delà de la durée prévue.

A la fin du processus, des échantillons sont prélevés pour évaluer le résultat de la désinfection et la faculté germinative des semences. Si le semis ne suit pas directement le traitement, les semences sont séchées durant 36 à 48 h à une température ne dépassant pas 30°C. >

Tableau 1 | Paramètres du traitement à la vapeur aérée des espèces de légumes étudiées

Espèce	Température (°C)	Durée de la désinfection (s)
Basilic (sur voile non tissé)	68	90
Carotte	65	90
Asperge	60	90



Figure 2 | Installation de désinfection des semences à la vapeur aérée: source de vapeur, tuyau souple, système d'injection avec réglage de la température et cloche pour le traitement. A droite, semence étalée sur un treillis avant le traitement. Lorsque le système a atteint la température désirée, le treillis portant les semences est mis sous la cloche. La vapeur s'échappe sans encombre par la grille au-dessous du treillis.

Evaluation du résultat de la désinfection et de la faculté germinative

Cent à quatre cents graines, respectivement traitées et non traitées, sont disposées par groupes de 25 sur un gel aqueux d'agar à 2 % dans des boîtes de Pétri, et mises à germer à l'obscurité à 20 °C. La présence de champignons ou de bactéries est examinée après 7 à 10 jours et la capacité germinative des semences après 10 à 14 jours.

Résultats

Carottes

En Suisse, la variété Bolero est très appréciée des producteurs bio qui ne travaillent pratiquement qu'avec ce cultivar. Les semences de carotte sont très souvent contaminées par diverses espèces du genre *Alternaria*, comme *A. dauci*, *A. radicina* et *A. alternata*. De plus, ces dernières années, des champignons du genre *Cercospora* ont été observés sur des graines de carotte au champ. La figure 3 montre que la contamination par ces champignons a été totalement éliminée après une désinfection de 90 secondes à 65 °C, sans altérer la faculté germinative des semences.

Basilic

Chez le basilic, le mildiou (*Peronospora lamii*) et la fusariose (*Fusarium oxysporum* f. sp. *basilici*) sont les principaux pathogènes connus transmis par les semences. Ces deux champignons peuvent ruiner totalement les cultures et entraîner de lourdes pertes financières pour les producteurs. Ceux-ci seraient donc tout disposés à adopter la désinfection physique des semences de basilic, pour autant qu'elle soit sûre et peu coûteuse. La

désinfection classique à l'eau chaude n'est guère praticable car les semences de basilic ont la caractéristique d'accumuler très vite beaucoup d'eau, en formant un mucus superficiel collant qui agglutine les graines et rend le séchage impossible après le traitement à l'eau chaude. Les semences ont pu être désinfectées à la vapeur aérée (fig. 4). Pour éviter qu'elles s'agglomèrent, les graines ont été disposées à plat sur un filet de nylon laissant s'égoutter l'eau de condensation. Les graines ont été séchées sur le filet puis séparées.

Asperges

L'état sanitaire des jeunes plantes joue un rôle prépondérant dans la durée de vie d'une culture d'asperges. Les jeunes plantes produites au champ selon la méthode traditionnelle sont fréquemment contaminées par des champignons du sol comme *Chalara*, *Rhizoctonia*, *Fusarium* ou *Phytophthora*.



Figure 4 | Basilic pour la culture en pot (cv. Piccolino) après désinfection à la vapeur aérée (90 secondes à 68 °C) à gauche; témoin non traité à droite.

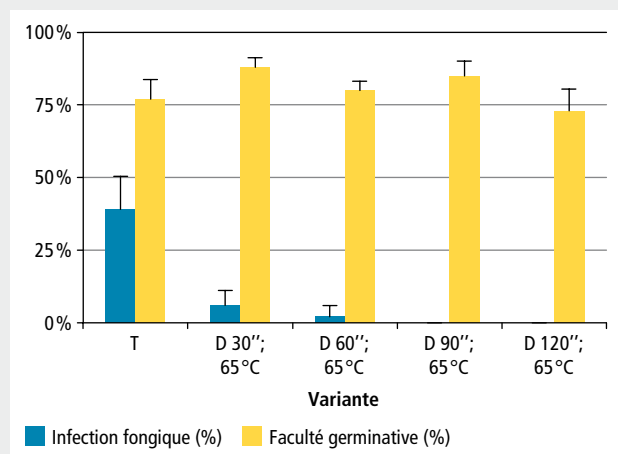


Figure 3 | Contamination fongique et faculté germinative des semences de carotte (cv. Bolero) après désinfection à la vapeur aérée à 65 °C durant 0, 30, 60, 90 et 120 secondes. T = témoin.

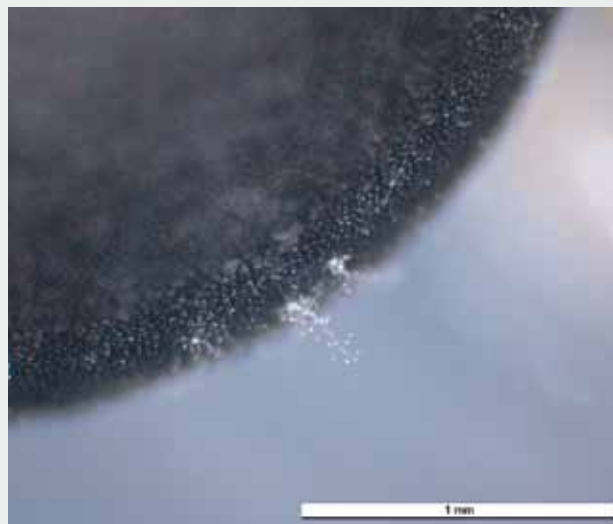


Figure 5 | Graine d'asperge en germination, infectée par *Fusarium* sp.

Des études d'Agroscope en laboratoire ont montré que les graines d'asperge peuvent aussi être contaminées par *Fusarium* (fig. 5). La désinfection des semences à la vapeur aérée, le semis dans un substrat stérile et l'élevage en plaques alvéolées permettent de produire des jeunes plantes indemnes de pathogènes (fig. 6) et constituent une alternative bienvenue à la production traditionnelle de plants au champ!

Discussion

Dans cet article, les trois cultures choisies ont réagi positivement à la technique de désinfection à la vapeur aérée. Les graines de carotte sont souvent contaminées par des champignons du genre *Alternaria*. En 2004 déjà, Agroscope révélait des résistances aux produits de traitement des semences (tel que l'Iprodione) chez des populations d'*Alternaria*. Le traitement superficiel avec des fongicides chimiques non systémiques ne permet pas en général de lutter efficacement contre les pathogènes, parce que le mycélium des champignons du genre *Alternaria* a déjà pénétré dans l'enveloppe des graines. En production, il devient alors nécessaire de traiter avec des fongicides de façon répétée pour assurer des rendements qui garantissent la rentabilité des cultures.

Les producteurs suisses de légumes bio cultivent surtout des variétés de carottes relativement tolérantes à l'alternariose et ils accueillent très favorablement la désinfection à la vapeur aérée. La firme Sativa de Rheinau, qui produit des semences bio et possède une installation de désinfection à la vapeur aérée, affirme que cette technique est appliquée presque systématiquement à toutes les graines de carottes bio.



Figure 6 | Infection fongique et faculté germinative de semences d'asperge (cv. Mary Washington), avant (à gauche) et après désinfection à la vapeur aérée durant 90 secondes à 66 °C (à droite).

Les semences de basilic quant à elles ne peuvent pratiquement être désinfectées qu'à la vapeur aérée, car elles s'imbibent très rapidement au contact de l'eau et s'agglutinent.

Pour les asperges, enfin, la désinfection des semences à la vapeur aérée permet de produire des jeunes plants indemnes de pathogènes, pour autant que l'on utilise des substrats stériles. Cette technique pourrait ainsi sensiblement prolonger la durée de vie des cultures d'asperges.

La désinfection des semences à la vapeur aérée peut être assez simplement effectuée en continu, en plaçant les semences sur un tapis roulant réglé pour passer dans la chambre de traitement durant le temps d'exposition souhaité.

La capacité d'une telle installation dépend alors de la longueur de la chambre de traitement et de la largeur du tapis roulant, à condition que le rythme du séchage consécutif suive celui de la désinfection. Agroscope est actuellement équipée d'un prototype d'installation de désinfection de ce genre (fig. 7). ■

Bibliographie

- Baroffio C. A., Kivrak F. & Heller W. E., 2004. Nachweis von Iprodion-resistenten *Alternaria*-Pilzen auf Karottensaatgut. *Der Gemüsebau/Le Maraîcher* 6, 5–7.
- Forsberg G., 2005. Effect of aerated steam on cereal seed-borne diseases and crop yield. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 112 (3), 247–256.
- Heller W. E. & Zoller C., 2010. Desinfektion von Basilikum-Saatgut ist eine Herausforderung. *Agrarforschung Schweiz* 1 (5), 190–193.
- Locascio S. J., 1963. Hot water and aerated steam treatment of vegetable seed. *Florida Agricultural Experiment Stations Journal Series* 1735, 183–189.
- Miller P. W. & McWorther F. P., 1948. The use of vapor-heat as a practical means of disinfecting seeds. *Phytopathology* 38 (2), 89–101.
- Navaratnam S. J., Shuttleworth D. & Wallace D., 1980. The effect of aerated steam on six seed-borne pathogens. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 20 (102), 97–101.



Figure 7 | Les semences de carotte sont dispersées sur le tapis roulant par le dispositif de dosage, puis passent dans la chambre de traitement où elles sont désinfectées à la vapeur aérée.

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



YVES MARTIN

RÉPINIÈRE VITICOLE

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

JEAN-PAUL GAUD SA
BOUCHONS - CAPSULES - CAPSULES À VIS



Rue Antoine-Jolivet 7 - CP 1212 - 1211 Genève 26
Tél. +41 (0) 22 343 79 42 - Fax +41 (0) 22 343 63 23
info@gaud-bouchons.ch - www.gaud-bouchons.ch

BCS Les modèles pour le vignoble des tracteurs BCS



IMPORTATEUR EXCLUSIF POUR LA SUISSE
SNOPEX Machines agricoles - Motoneiges - Quads
Via Motta 3 - 6828 Balerna ☎ sales@snopex.com
☎ 091 646 17 33 ☎ 091 646 42 07



DÉTERMINER



GÉRER

Flore des vignes

Ce petit livre de terrain présente les 33 plantes les plus fréquemment observées et leur impact (favorable, neutre ou indésirable) sur le vignoble. Le CD joint aborde la gestion écologique de cette flore. Français, allemand ou italien, 72 pages, CHF 50.-
Tél. +41 79 659 48 31 | antoinette.dumartheray@agroscope.admin.ch




AMTRA
ASSOCIATION POUR LA MISE EN VALEUR DES TRAVAUX DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
www.revuevitiarbohorti.ch

Tous les
fongicides sur
www.omya-agro.ch

FLICA®

Invincible contre l'oïdium

Efficacité préventive et curative
Durée d'efficacité sans égal
Agit en plus contre le blackrot



Omya (Schweiz) AG
AGRO
CH-4665 Oftringen, Tél. 062 789 23 41
www.omya-agro.ch

Marque enregistrée
Observer les indications de risques et les conseils de sécurité figurant sur l'emballage



SAVOURER



DÉCOUVRIR

Cépages

Ce beau livre, unique en son genre, donne une description précise et richement illustrée des 57 principaux cépages cultivés en Suisse. Le glossaire en images qui l'accompagne permet de guider l'amateur et le professionnel dans la reconnaissance des caractères distinctifs.

Français, allemand ou italien, 130 pages, CHF 57.-

Tél. +41 79 659 48 31 | antoinette.dumartheray@agroscope.admin.ch



AMTRA
ASSOCIATION POUR
LA MISE EN VALEUR DES TRAVAUX
DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
www.revuevitiarbohorti.ch

SOA 2013: le choix des variétés est toujours d'actualité en arboriculture

Esther BRAVIN, Agroscope, 8820 Wädenswil

Dominique DIETIKER, Johannes HANHART et Dante CARINT, Agridea, Lindau

Renseignements: Esther Bravin, e-mail: esther.bravin@agroscope.admin.ch, tél. +41 44 783 62 44, www.agroscope.ch



Le choix des variétés était le thème central de la rencontre annuelle du SOA (Support Obst-Arbo). La question de la variété à planter devient toujours plus complexe. Une variété confirmée comme Golden Delicious est de culture facile, mais à peine rentable à cause des faibles prix à la production. Les pommes Gala et Braeburn obtiennent actuellement de bons prix qui permettent de couvrir les coûts. Cependant si leurs surfaces de production augmentent, la pression sur les prix suivra, pouvant mettre en danger la rentabilité. Souvent, les nouvelles variétés paraissent prometteuses en raison de leurs prix élevés, mais elles présentent également de gros risques. Leur production est parfois difficile et peut même se révéler à perte.

Année après année, les exploitations du réseau SOA enregistrent leurs données techniques de production jusqu'au quartier variétal, grâce au logiciel d'enregistrement parcellaire ASAJAgrar. Le but du SOA est de promouvoir une production de fruits suisses rentable et compétitive au niveau international. Chaque année, les chefs d'exploitation (et parmi eux une femme) se rencontrent pour prendre connaissance des résultats, approfondir certains thèmes et échanger leurs expé-

Noms de variétés et marques

Milwa = Diwa®
Nicoter = Kanzi®
Scifresh = Jazz®

riences. La rencontre des chefs d'exploitation 2013 a eu lieu le 5 décembre à Hünenberg (ZG) avec quinze producteurs et spécialistes.

Principaux résultats

En 2013, dix-sept exploitations de Suisse alémanique (Thurgovie en tête) et quatre exploitations de Suisse romande ont soumis leurs données techniques de production à l'analyse de rentabilité de l'exploitation. Les résultats ont porté sur 80ha de pommiers, 9ha de poiriers, 4ha de cerisiers et 1ha de pruniers.

Les producteurs de pommes et de poires ne reçoivent les décomptes finaux de leur production que l'année suivante: les résultats étaient ainsi présentés

avec les recettes jusqu'en 2011 et sans les recettes jusqu'en 2012. L'analyse des parcelles porte de la 4^e à la 15^e année de production pour les pommiers et de la 5^e à la 20^e année pour les poiriers.

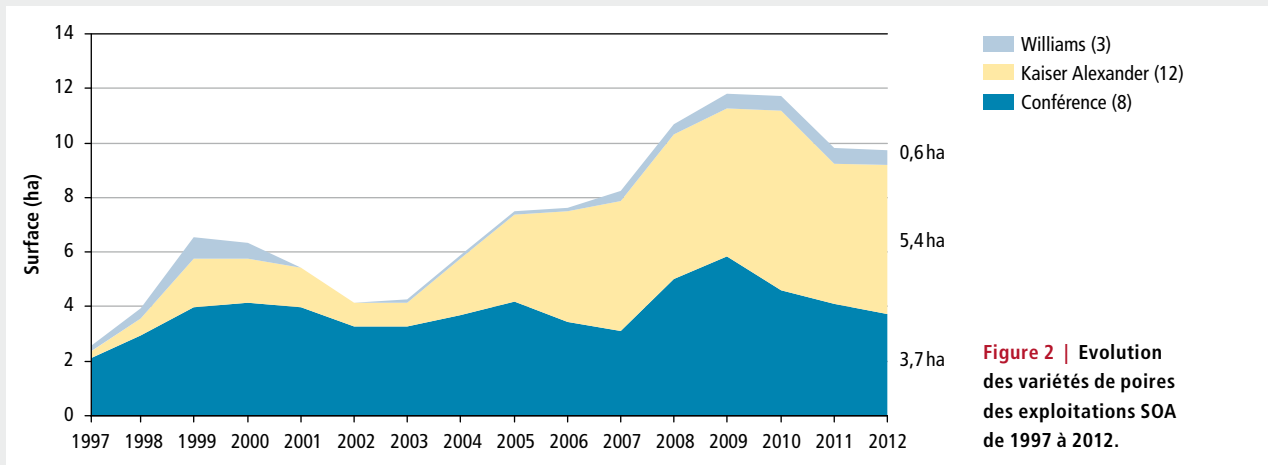
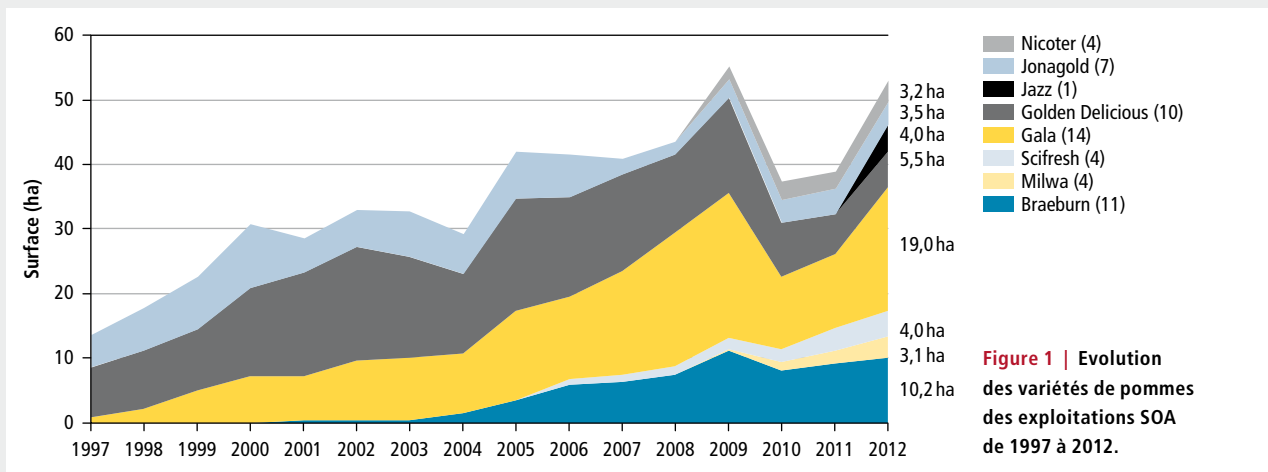
Les chefs d'exploitation cultivent de nouvelles variétés

Gala, Golden et Braeburn sont les principales variétés du réseau d'exploitations (43 % au total), en accord avec les surfaces cultivées au niveau national (42 %, OFAG 2013). Avec ses 6 % de surface, Golden Delicious est toutefois sous-représentée au sein du réseau SOA (15 % en Suisse, OFAG 2013). En effet, ces dernières années, les membres du réseau d'exploitation ont investi dans les nouvelles variétés. C'est ainsi que Nicoter, Fuji et Milwa, avec chacune 3 ha, font partie des variétés les plus cultivées après les trois principales et Jonagold. La figure 1 montre l'évolution des principales variétés de 1997 à 2012. En 2012, la surface totale des pommiers des exploitations SOA était de 79 ha, tandis que les poiriers atteignaient presque 10 ha (fig. 2), avec Kaiser Alexander (aussi appelée Beurré Bosc)

comme variété principale avec 56 %. Kaiser Alexander était aussi la variété principale à l'échelon suisse en 2012, mais à raison de 26 % seulement (OFAG 2013). Le pourcentage de Kaiser Alexander dans le réseau SOA est influencé par la situation en Thurgovie (55 % des surfaces de poiriers). La variété Williams, qui atteint 24 % des surfaces au niveau suisse, est sous-représentée dans le réseau d'exploitations SOA (6 %), tandis que Conférence est la deuxième variété la plus représentée avec 3,7 ha (37 %). Au niveau suisse, Conférence est en troisième position (18 %). En Thurgovie, avec 25 %, elle est la deuxième variété principale après Kaiser Alexander.

Braeburn, Gala et Golden Delicious obtiennent les meilleurs rendements

La figure 3 présente les rendements ainsi que les rendements à la récolte des huit variétés principales de pommes et de deux variétés de poires du réseau SOA. La dimension du cercle représente l'importance de la variété (en surface) au sein du SOA. Le chiffre entre parenthèses indique le nombre de producteurs SOA



possédant cette variété. Seuls les quartiers variétaux situés entre la 4^e et la 15^e année de production (pommes) et entre la 4^e et la 20^e année de production (poires) durant la période 2009 à 2012 sont pris en considération. Les rendements de Golden Delicious, Gala, Braeburn et Jonaglod ne présentent pas de différence significative et se situent entre 35 et 45 t/ha. Avec 32 t/ha, les rendements de Fuji sont bien plus bas que ceux de Golden Delicious. Les rendements de Kanzi et Milwa sont encore plus faibles (env. 20 t/ha) et il n'y a pas de différence significative entre ces variétés. La variété de poire Kaiser Alexander présente des rendements significativement plus élevés que Conférence.

Faible rendement à la récolte pour Gala et Conférence

Les rendements moyens à la récolte des variétés Golden Delicious, Braeburn, Jonagold, Fuji, Nicoter et Milwa oscillent entre 125 et 134 kg/MOh. Il n'y a pas de différence significative entre ces variétés. Seule Gala présente un rendement moyen à la récolte significativement plus faible, 114 kg/MOh, lié entre autres à son petit calibre. Le rendement moyen à la récolte de

Kaiser Alexander est de presque 135 kg/MOh, contre seulement 85 kg/MOh pour Conférence. Cette différence de rendement de récolte atteint une importance dont la signification n'est pas que d'ordre statistique.

Braeburn, Gala et Fuji: des recettes satisfaisantes

La figure 4 présente les revenus, le bénéfice ou les pertes en francs par hectare. Le bénéfice (ou les pertes) représente les finances restantes par hectare et par année lorsque les coûts de production sont pondérés par le produit. Comme dans la figure 3, les résultats concernent les parcelles en phase de production. Les coûts de production moyens s'élèvent à env. 27 200 CHF/ha avec un rendement moyen de 33 t/ha. Pour les revenus, on distingue deux groupes: le premier comprend Gala, Braeburn et Fuji (produit moyen, paiements directs inclus = 31 800 CHF/ha). Le second est constitué de Jonagold, Golden Delicious, Nicoter et Milwa. Aucune différence significative entre les variétés n'apparaît au sein des groupes. Concernant les poires, Kaiser Alexander obtient le meilleur produit, qui diffère significativement de celui de Conférence.

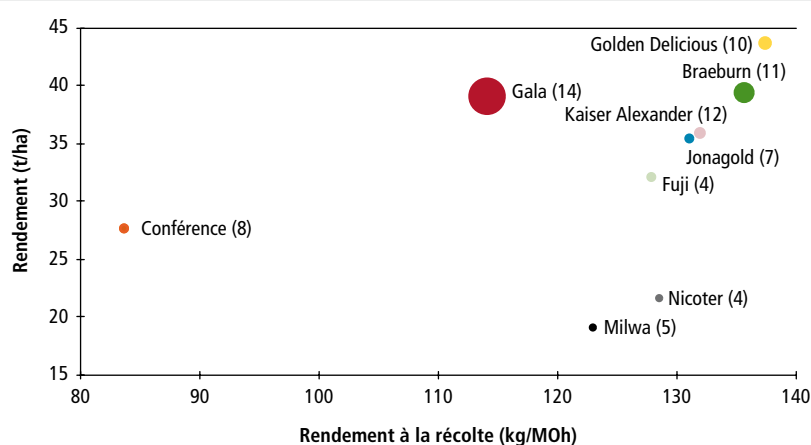


Figure 3 | Rendement et rendement à la récolte par variété (pommes et poires, moyenne 2009–2012). La dimension du cercle indique l'importance (en surface) de la variété. Le nombre de producteurs est indiqué entre parenthèses.

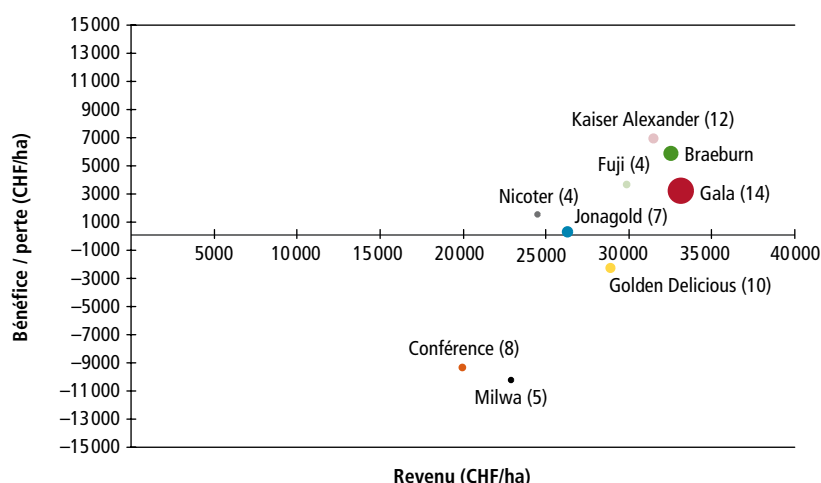


Figure 4 | Bénéfice/perte et revenu par variété (moyenne 2009–2011). La dimension du cercle indique l'importance (en surface) de la variété. Le nombre de producteurs est indiqué entre parenthèses.

Situation fragile pour Milwa

Sur la figure 4, on voit que quatre variétés de pommes offrent un bénéfice annuel: Braeburn, Gala, Fuji, Jonagold et Nicoter. Les variétés Milwa et Golden Delicious occasionnent des pertes. Les résultats insatisfaisants de Milwa proviennent de faibles rendements, environ 20 t/ha (4^e, 5^e et 6^e année de production). Le centre de formation et de vulgarisation (BBZ) Arenenberg relève que les porte-greffe de Milwa ont une influence considérable sur le rendement. Son potentiel est pourtant énorme. Les simulations du modèle Arbokost (2013) montrent que des bénéfices sont possibles dès que les rendements dépassent 27 t/ha, grâce à un prix moyen à la production de 1.27 CHF/kg. Si les prix chutent, alors les coûts de production ne peuvent être couverts qu'avec des rendements supérieurs et un taux accru de classe 1. Les variétés de poire Kaiser Alexander et Conférence obtiennent des résultats totalement opposés. Les parcelles de Kaiser Alexander obtiennent un bénéfice moyen de 7000 CHF/ha de 2009 à 2011, tandis que Conférence présente des pertes de plus de 9000 CHF/ha. Les rendements (+8 t/ha) et les prix à la production (+0.10 CHF/ha) de Kaiser Alexander sont significativement plus élevés que ceux de Conférence.

Eclaircissage des fruits: recommandations et application

L'éclaircissage des fruits permet aux arboriculteurs de contrôler la quantité et la qualité des fruits. Des recommandations d'éclaircissage sont publiées chaque année par la Confédération (Agroscope) et les cantons. Pour Agroscope, il est difficile d'évaluer à quel point les stratégies recommandées sont suivies dans la pratique. Lors de la rencontre des chefs d'exploitation SOA 2013, Albert Widmer – collaborateur scientifique en physiologie à Agroscope – a analysé les stratégies enregistrées par les producteurs dans le journal de travail ASA-jAgrar pour la variété Gala. Les vingt-sept exploitations qui possédaient une ou plusieurs parcelles de Gala en production (de la 4^e à la 15^e année) de 1997 à 2012 ont enregistré 357 données. Une donnée contient les informations d'une parcelle par exploitation et par année, la même parcelle pouvant donc apparaître plusieurs fois. Un éclaircissage chimique a été appliqué seulement dans 62 % des cas. Environ 15 % des exploitations SOA produisent selon les directives BIO Suisse et n'appliquent aucun produit d'éclaircissage chimique. L'éclaircissage mécanique est une alternative possible, qu'emploient également les producteurs non bio. Le tableau présente les stratégies utilisées par les producteurs de 1997 à 2012. L'analyse d'Albert Widmer sur l'application des différentes substances actives fait res-

sortir que l'éthéphon (autorisé depuis 2005) est utilisé dans 30,7 % des cas, seul ou combiné avec de l'acide naphtylacétique ou de la benzyladénine. Cette dernière (autorisée depuis 2008) est appliquée dans 26,6 % des cas (données à partir de 2008), seule ou combinée, le plus souvent avec de l'acide naphtylacétique (9,4 %).

Perspectives du Support Obst-Arbo

Pour la recherche comme pour la vulgarisation ou les organisations interprofessionnelles, les données tirées de la pratique sont importantes pour pouvoir évaluer la situation réelle des exploitations arboricoles suisses. Les problèmes rencontrés par la production ou les facteurs qui permettent de réussir peuvent ainsi être déterminés au bon moment. La recherche et la vulgarisation peuvent aussi évaluer le niveau de mise en pratique de leurs recommandations. AGRIDEA, Agroscope et la Fruit-Union Suisse veulent poursuivre l'expérience du réseau SOA et le développer. Ces derniers mois, la direction du projet s'est investie dans l'analyse du concept général et dans la collaboration avec les différents partenaires et producteurs. Durant l'année 2014, le réseau SOA sera restructuré pour faire peau neuve dès 2015. ■

Remerciements

Albert Widmer, Michael Gölles, Nicola Sartori (Agroscope) et Reto Leumann (BBZ Arenenberg) sont vivement remerciés pour leur soutien au projet SOA.

Traduction

Adeline Kilchenmann.

Bibliographie

- Arbokost, 2013. Programme de simulation économique pour la production de fruits, Agroscope, 2014.
- Office fédéral de l'agriculture OFAG, 2013. Statistiques fruits. Adresse: <http://www.blw.admin.ch/themen/00013/00083/00096/01188/index.html?lang=fr> [1.3.2013].

Publicité



« Grâce au Switch, le botrytis n'est pas, depuis 15 ans, un problème dans mes vignes. »

Piercarlo Saglini
Vigneron, San Pietro/TI
www.switch-syngenta.ch

syngenta

mazout

Chauffage

refroidissement

bois

air

Ventilation

climatisation

eau

Sanitaire

gaz

géothermie

Un seul partenaire

solaire

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

De la villa à l'immeuble en passant par les commerces et les industries, notre équipe relève tous les défis. Actifs sur la partie Vaudoise de l'arc lémanique, nous vous conseillons et vous assistons très volontiers.

Nous gérons tous les types d'énergies quel que soit le projet. Chez **Von Auw SA**, vous trouverez 75 professionnels attentifs à vos besoins de chaud, de froid ou d'installations sanitaires.

VON AUW SA

bureau technique • installations • entretien

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

Des goûts et des couleurs, Pascale Deneulin en a fait son métier

Professeur d'analyse sensorielle à CHANGINS | Haute école de viticulture et œnologie, Pascale Deneulin est née dans la région de Grenoble. Ses parents travaillent dans le social et elle, la benjamine des cinq enfants, se passionne pour le cheval et la nature. «Mes parents aimaient bien, le week-end, ouvrir une bonne bouteille. Nous sommes tous des amateurs de vin dans la famille.»

Attirée par les matières scientifiques et le domaine alimentaire, Pascale Deneulin se destine au métier d'ingénieur: juste après le bac, elle part à l'AgroCampus de Rennes, une école qui offre beaucoup de stages en entreprise. L'agroalimentaire répond à ses attentes mais, après deux-trois ans, le côté industriel prépondérant dans ce secteur la décourage de poursuivre dans cette voie. «C'est alors que j'ai pensé à l'œnologie. Le stage en analyse sensorielle que j'ai effectué pour un prestataire a été une révélation.» Durant sa dernière année de formation, son prof de statistiques lui met «le pied dans le vin» en lui faisant rencontrer son futur maître de stage dans le Val de Loire.

En 2003, son diplôme d'ingénieur agroalimentaire en poche, départ pour Angers: chargée de projet à Interloire, elle développe notamment la méthode sensorielle du «napping», qui fera référence par la suite. De 2006 à 2008, elle dirige l'Institut franc-comtois des Vins et du Goût, une association régionale où elle assume tout: l'organisation des dégustations de produits du terroir, l'animation, le site internet, le commercial et la préparation des dossiers pour des projets européens.

Elle est heureuse de renouer avec la recherche lorsque l'École d'ingénieurs de Changins l'engage comme collaboratrice en analyse sensorielle pour travailler sur les problèmes de réduction dans le Chasselas. A partir de là, ses activités évoluent en continu, de même que ses responsabilités: analyste, adjointe scientifique, puis professeur.

En 2010, elle monte avec son équipe un panel expert qui, avec quarante dégustateurs bien formés, constitue un outil très sollicité: recherche, mandats privés, travaux de Bachelor. Pour Pascale Deneulin, l'analyse sensorielle se situe à l'interface de plusieurs secteurs d'une entreprise agroalimentaire, dont les produits dépendent en effet des goûts et des préférences de ceux qui les achètent. Ainsi, chez Nestlé, tous les nouveaux produits sont soumis à l'analyse sensorielle.



Pascale Deneulin (photo Carole Parodi, Agroscope)

Pascale Deneulin sourit: «Le grand principe, c'est que le premier achat est dû au marketing et le suivant à l'analyse sensorielle.» Cette activité fait appel à plusieurs disciplines allant de la linguistique (verbalisation des sensations), de la physiologie du goût et de la psychologie des consommateurs aux méthodes statistiques avec lesquelles les sensations seront quantifiées. Le projet sur la minéralité des vins, commencé depuis peu (voir l'article en p. 174 et la Page de Changins en p. 206), ouvre un riche champ d'expériences sur ce plan. Par la suite, Pascale aimerait étudier davantage les «émotions liées aux sens», un domaine encore à défricher dans la verbalisation et la description des attributs liés aux sensations.

Dans ses loisirs, le cheval reste une valeur sûre, avec la montagne et les voyages lointains vers d'autres cultures mais, pour l'heure, cette jeune maman apprécie la vie de famille, dans leur foyer remis à neuf pour l'occasion.

Eliane Rohrer, Revue suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture

Minéralité des vins: étude et valorisation d'un concept en vogue mais méconnu

La notion de minéralité a récemment émergé dans le discours de certains professionnels, critiques œnologiques ou amateurs éclairés, avant d'apparaître très progressivement dans celui des consommateurs. Pour autant, nul n'est encore parvenu à définir ce qu'est exactement la minéralité*. Le consensus manque et chacun s'accroche à sa propre image.

Très souvent utilisé, le mot minéralité poursuit sa diffusion dans le langage courant au risque de ne jamais être clairement défini. Une étude (voir en fin d'article) est en cours pour comprendre la minéralité à l'interface de plusieurs champs disciplinaires. Plus précisément, le but est d'obtenir une meilleure connaissance sémantique puis sensorielle de la minéralité des vins blancs de la zone franco-suisse.



Analyse sémantique de la minéralité

Cette partie permettra de fournir une description fine des modes de conceptualisation de la notion de minéralité chez les consommateurs et les professionnels. L'analyse des réponses de 1697 consommateurs et 1900 professionnels à un questionnaire diffusé sur le web permettra d'approcher ce qu'évoque la minéralité pour chaque population.

Identification des bons exemples de minéralité

Huitante Chasselas seront dégustés par un panel de professionnels afin d'identifier deux pôles de vins contrastés sur des bases sensorielles (vins reconnus collectivement comme porteurs de minéralité et non porteurs de minéralité). Cette dégustation permettra de déterminer l'accord des professionnels sur cette perception sensorielle.

Caractérisation sensorielle de la minéralité

Les caractéristiques sensorielles des deux pôles de vins contrastés seront qualifiées et quantifiées par le panel expert de Changins. Nous ressortirons les descripteurs associés à la minéralité.

Métadonnées sur les deux pôles de vins contrastés

De nombreuses données seront collectées sur les Chasselas identifiés dans les deux pôles. Une meilleure connaissance des pratiques culturelles et œnologiques

sera apportée par un entretien semi-directif et des questionnaires auprès des producteurs, une estimation des paramètres de production sera faite par regroupement de cartes de sol et de climat existantes, des analyses chimiques permettront de différencier les vins en termes d'acides organiques, de conductivité ou d'ions. Ces données seront croisées pour couvrir le plus largement possible les facteurs explicatifs de la minéralité.

Impact de produits œnologiques sur la minéralité

Des essais seront mis en place dans différentes caves afin de mesurer l'impact de produits œnologiques (taïns, écorces de levure, etc.) sur la minéralité des vins.

Une envergure transfrontalière

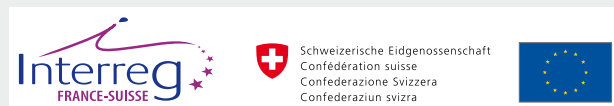
L'ensemble du projet est mené parallèlement sur des vins du cépage Chardonnay en Bourgogne et Jura et des vins de Jacquère en Savoie, ce qui augmentera considérablement les échanges et les connaissances sur la minéralité.



Ce projet de recherche a été sélectionné dans le cadre du programme de coopération territoriale européenne INTERREG IV A France-Suisse 2007-2013. Il est porté par Changins | Haute école de viticulture et œnologie et l'Université de Bourgogne en collaboration avec AgroSup Dijon et l'Institut œnologique de Champagne, ainsi que par les partenaires techniques que sont les cantons de Vaud, Genève, Neuchâtel et du Valais pour la Suisse et le BIVB, CIVJ et IFV Savoie pour la France. ■

Pascale Deneulin et Stéphane Burgos,
CHANGINS | Haute école de viticulture et œnologie
Renseignements: pascale.deneulin@changins.ch;
tél. +41 22 363 40 50, www.changins.ch

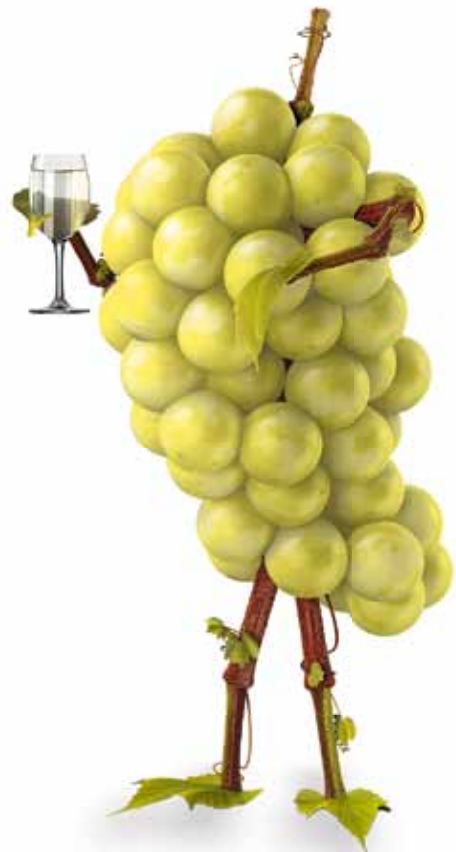
*Voir l'article de Deneulin *et al.* en p.174 de ce numéro.



Un nouveau standard dans la lutte contre le botrytis en viticulture



Moon[®]
PRIVILEGE



Bayer (Schweiz) AG
CropScience
3052 Zollikofen
Tél.: 031 869 16 66
www.agrar.bayer.ch

Moon Privilege contient du Fluopyram.
Observer les risques de danger et les mesures de sécurité sur les emballages.

Bayer CropScience

Les Formes du passé

associées aux matières du futur

Cuvage
Macération
carbonique
Elevage
Assemblage
Collage
Affinage
Stockage

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

Tracé selon le
Nombre d'Or

La dynamique
des jus est
favorisée en
période de
fermentation

Les lies sont
maintenues en
suspension

Micro
oxygénation

Pied
indépendant
avec passage
«palettes»

Fabrication
suisse

Matière synthétique neutre PEHD (sans bisphénol)
Couvercle et robinetterie inox 316L
Vanne de vidange 11/2"
Nettoyage simple
Déplaçable plein (transpalette)

Poids: env. 40kg (à vide)

Volume: 580 litres

Dimension: hauteur avec pieds 180 cm

Encombrement au sol: 99 x 99 cm

Option: Ceinture de basculage

Cuve Ovoïde Serex™

Poids plume pour un œuf



Construction Plastique

CH-1070 Puidoux [t] 021 946 33 34

www.ovoide.ch cs@serex-plastics.ch



Portes ouvertes pour les 25 ans:
Vendredi 20 & samedi 21 Juin 2014