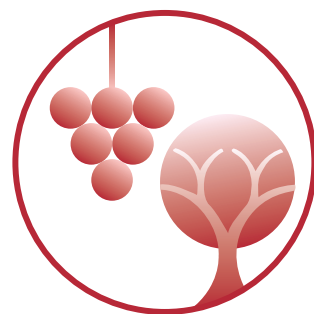


R E V U E S U I S S E D E

VITICULTURE ARBORICULTURE HORTICULTURE



J U I L L E T - A O Û T 2 0 2 0 | V O L . 5 2 | N ° 4



Arboriculture
Œnologie
Actualités

Définition d'un espace sensoriel propre aux eaux-de-vie de Bérudge **Page 206**
Authenticité des vins suisses par analyse isotopique **Page 226**
Tomato brown rugose fruit virus **Page 236**

Sercadis®

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



 **BASF**

We create chemistry

*** pour 38 Fr./ha max. en fruits à pépins (0.21 L Sercadis®) :**

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

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

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



Photographie de couverture:
**Prunes Andrière destinées
à l'élaboration d'eau-de-vie
de Bérudge.**
(Photo: Dominique Ruggli)

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

Editeur

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

Rédaction

Edmée Rembault-Necker (directrice et rédactrice en chef)
E-mail: e.rembault-necker@agora-romandie.ch

Comité de lecture

Ch. Carlen (Agroscope), R. Baur (Agroscope), O. Viret (Etat de Vaud),
Ch. Rey, C. Brigueat (Haute école de Changins), Ph. Droz (Agridea)

Publicité

Inédit Publications SA, Laura Di Stefano
Avenue de la Gare 17, CP 900, 1001 Lausanne, tél. +41 21 695 95 83

Préresse

Inédit Publications SA, 1001 Lausanne

Impression

Stutz Medien AG, 8820 Wädenswil

Parution

6 fois par an

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

Tarifs des abonnements

Suisse

Online: CHF 60.–

Print: CHF 60.–

Print et Online: CHF 70.–

Europe

Online: CHF 60.–

Print: CHF 75.–

Print et Online: CHF 85.–

Etranger

Online: CHF 60.–

Print: CHF 80.–

Print et Online: CHF 90.–

Abonnements et commandes

AMTRA

Avenue des Jordils 5, 1006 Lausanne

Tél. +41 21 614 04 77

E-mail: info@revuevitiarbohorti.ch

ou www.revuevitiarbohorti.ch

Commande de tirés à part

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

Sommaire

Juillet–Août | Vol. 52 | N°4

197 Editorial

Viticulture

200 **Le kaolin contre *Drosophila suzukii*:
efficacité et qualité des vins**
Christian Linder, Johannes Rösti,
Fabrice Lorenzini, Pascale Deneulin,
René Badertscher et Patrik Kehrl

Arboriculture

206 **Définition d'un espace sensoriel propre
aux eaux-de-vie de Bérudge**
Pascale Deneulin, Eve Danthe,
Pierrick Rebenaque, Benoît Bach,
Marylin Cleroux et Dominique Ruggli

Petits fruits

216 **Facteurs de variation de la qualité
gustative et nutritionnelle des fraises**
Christoph Carlen, Anne-Marie Potel,
Pamela Crespo, Zo-Noroso Andrianjaka-
Camps et André Ançay

Œnologie

226 **Authenticité des vins suisses
par analyse isotopique**
Johannes Roesti, Elmar Pfammatter,
Valérie Maury, Christian Abbet,
Pierre Studer, Martin Haller, Hélène Gonnet,
Jean-Christophe Kübler, Laurent Amiet,
Fabrice Lorenzini, Philippe Duruz
et Gilles Bourdin

Actualités

236 ***Tomato brown rugose fruit virus*
(ToBRFV)**
Tanja Sostizzo, Vincent Michel, Matthias Lutz,
Markus Bünter, Olivier Schumpp,
Barbara Colucci et Peter Kupferschmied

Information technique

240 **Les couverts végétaux dans le vignoble:
un atout pour augmenter les services
écosystémiques et réduire les intrants**
Pierre-Antoine Noceto, Anne-Laure Fragnière,
Patrik Kehrl, Mathilde Hériché,
Jérôme Fromentin, Vittorio Rossi,
Saša Širca, Aurora Ranca, Josep Armengol,
Sophie Trouvelot, Diederik Van Tuinen,
Pierre-Emmanuel Courty et Daniel Wipf

245 **La page de CHANGINS**

GIGANDET SA

Votre spécialiste

BUCHER
vaslin**VENTE - SERVICE - RÉPARATION - RÉVISION**

Notre expérience dans vos projets sur mesure

Réception vendange**Pressoir****Filtre tangential****Oenopompe®****ADRESSES GÉNÉRALES**

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

POUR NOUS CONTACTER

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

POUR PLUS D'INFORMATION

www.gigandetsa.ch

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

Refroidissement des moûts – macération à froid

ICEBITZZZ™ de la glace
carbonique et plus encore

Pellets 3 mm
16 mm

PanGas AG
Industriepark 10, CH-6252 Dagmersellen
Téléphone 0844 800 300, Fax 0844 800 301
contact@pangas.ch

www.pangas.ch



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

JEAN-CLAUDE
FAY
PÉPINIÈRES
VITICOLES

Qualité, conseil, service

- . Plus de 50 ans de savoir-faire
- . Références depuis plus de 40 ans en Suisse
- . Respect strict des normes, traitement à l'eau chaude
- . Possibilité de plantation à la machine
- . Livraison assurée par nos soins
- . Capacité de réponse personnalisée en fonction de vos besoins

Rencontrons-nous :

Plus d'informations :**00 33 (0)4 79 28 54 18****www.pepinieres-viticoles-fay.fr**

Utilité des isotopes stables pour le secteur agroalimentaire



Christoph Carlen

Agroscope, responsable
du domaine de recherche
Systèmes de production Plantes

Les isotopes sont des éléments de même atome, qui ont le même nombre de protons et d'électrons, mais des nombres différents de neutrons, ce qui leur confère une «masse» différente. Les isotopes stables sont des formes non radioactives, qui n'émettent pas de rayonnement. En raison de leurs propriétés particulières, ils sont utilisés dans un grand nombre d'applications, notamment dans les domaines de la gestion de l'eau et des sols, des études climatologiques et écophysiologies, ainsi que dans le secteur agroalimentaire. Pour le secteur agroalimentaire, les isotopes stables fréquemment utilisés sont le carbone (^{13}C), l'azote (^{15}N) et l'oxygène (^{18}O). L'approche isotopique constitue un outil puissant d'analyse des mécanismes de fonctionnement biologique des plantes, et ceci à différentes échelles physiologiques (métabolisme au niveau cellulaire, organe, individu, écosystème) et temporelles.

Par exemple, les modifications des rapports isotopiques $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ sont très spécifiques et permettent de déduire comment les conditions environnementales influent sur les plantes (par exemple, sécheresse, variations de température ou éclairages). L'analyse des rapports $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ dans les plantes (feuille, fruit, raisin ou autres) est souvent utilisée pour mesurer le niveau de stress hydrique qu'une plante cultivée a subi pendant une certaine période. L'intérêt de l'usage de l'isotope stable ^{15}N est multiple et souvent utilisé en recherche agricole. ^{15}N permet de préciser par exemple l'origine de l'azote dans un sol, les flux d'azote à l'intérieur d'une plante ou encore dans un écosystème. De plus, cet isotope est largement utilisé pour déterminer l'importance de la fixation biologique de l'azote par les légumineuses. Les isotopes stables permettent de mieux comprendre certains processus physiologiques et ainsi d'améliorer l'efficacité des ressources dans la production agricole.

Ces dernières années, l'analyse des isotopes stables a gagné en importance dans la détermination et le contrôle de l'origine et de l'authenticité des produits alimentaires, ainsi que des boissons. Pour protéger les consommatrices et les consommateurs contre les tromperies dans ce domaine, des analyses isotopiques d'oxygène ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) ont déjà fait leurs preuves dans le secteur végétal. Les isotopes stables de l'oxygène des eaux de pluie se «fractionnent» spatialement à travers les continents sous l'effet de facteurs comme la température et d'autres tels que l'altitude et la distance de la mer. Les rapports d'isotopes d'oxygène ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) dans l'eau, dans les végétaux et dans les produits de consommation varient selon leur origine géographique. Cela permet d'utiliser ce rapport d'isotope comme traceur d'origine. Des contrôles sur les déclarations d'origine ont déjà été effectués sur des huiles végétales, des légumes, des fruits et des vins. En Suisse, cette méthode est utilisée par le Service de la consommation et des affaires vétérinaires du canton du Valais entre autres, pour l'abricot, l'asperge et le vin (voir article de Rösti *et al.* dans cette revue), ainsi que pour des produits d'origine animale. ■

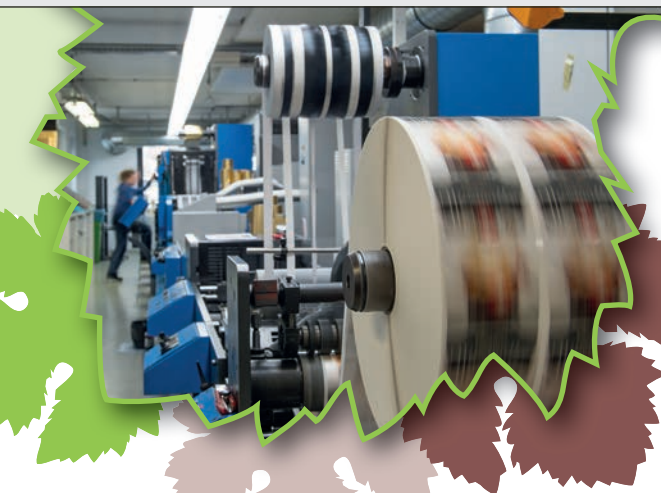
ETICOLLE LE LABEL ROMAND

Profondément enraciné dans le terroir romand, Eticolle habille depuis un quart de siècle les plus belles bouteilles de centaines de producteurs helvétiques.

Principale interface entre le producteur et le consommateur, l'étiquette doit tout à la fois attirer l'œil et convoyer des valeurs de qualité, d'authenticité et de convivialité. Depuis 1993, Eticolle relève ce défi auprès d'un millier de clients répartis dans toute la Suisse.

Bouteilles de bière et de jus de fruits côtoient les vins helvétiques qui représentent le cœur de métier de cette entreprise romande. La liste des flacons ornés des étiquettes autocollantes imprimées à Sierre n'a cessé de s'allonger durant les vingt-cinq dernières années. Ce qui a permis à la petite entreprise de quatre employés de se transformer en une société dynamique d'une vingtaine de collaborateurs. Sous la direction de Laurent Luyet, Eticolle métamorphose aujourd'hui 600'000 m² de papier – en 2500 km (grosso modo la distance entre Zurich et Moscou) linéaires d'étiquettes par année.

Le succès d'Eticolle n'a toutefois pas été synonyme d'éloignement et de relocalisation. En 2020, comme en 1993, le site de production, les salariés et les dirigeants d'Eticolle prospèrent à Sierre, au cœur du vignoble valaisan.



Même les machines d'impression ultramodernes – permettant l'ennoblissement de dorure à chaud, gaufrage et l'application de divers vernis (qui confèrent volume et dimension tactile au papier) – sont fabriquées dans le canton de Saint-Gall. Ce patriotisme économique ne constitue pas uniquement une garantie de savoir-faire et de précision typiquement helvétiques. Il apporte aussi une cohérence à des produits d'Appellation d'origine contrôlée qui sont le reflet d'un terroir local mis en valeur par une tradition séculaire.



ETICOLLE

ETICOLLE SA - Technopôle - 3960 Sierre
Tél. 027 452 25 26 - www.eticolle.ch

JEAN-PAUL GAUD SA

BOUCHON OENOTECHNIQUE



www.gaud-bouchons.com

rue Antoine-Jolivet 7
CP 1212 - 1211 Genève 26



QUALITÉ SUISSE DEPUIS 1997



agrisano



Avec nous, vous optimisez:
changer en vaut
la peine!

Pour toute l'agriculture!

Toutes les assurances à portée de main.

Agrisano | 5201 Brugg | www.agrisano.ch

DUVOISIN
Puidoux



Faucheuses
CARONI / COMPACT



Pulvérisateurs WEBER

Importateur - Vente - Réparation - Pièces détachées

DUVOISIN & Fils SA - machines viticoles - 1070 Puidoux

Tél. 021 946 22 21

duvoisin.puidoux@bluewin.ch

Tout pour transformer
vos fruits.

www.baldinger.biz

Baldinger
Technologie des boissons

depuis 1951



Miroir,

Miroir...

Qui a
les plus beaux raisins?

Les
valeurs sûres



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

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

Le kaolin contre *Drosophila suzukii*: efficacité et qualité des vins

Christian LINDER¹, Johannes RÖSTI¹, Fabrice LORENZINI¹, Pascale DENEULIN², René BADERTSCHER³ et Patrik KEHRLI¹

¹ Agroscope, 1260 Nyon, Suisse

² Changins – Haute école de viticulture et œnologie, HES-SO, route de Duillier, 1260 Nyon, Suisse

³ Agroscope, 3003 Berne, Suisse

Renseignements: Christian Linder, tél. +41 58 460 43 89, e-mail: christian.linder@agroscope.admin.ch, www.agroscope.ch



Figure 1 | Mâle de la drosophile du cerisier sur une baie de raisin.

Introduction

Depuis 2014, *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae), la drosophile du cerisier (fig. 1), cause des dommages dans le vignoble suisse (Linder *et al.* 2015). Les autorités suisses ont rapidement réagi à cette nouvelle menace en autorisant temporairement l'usage d'insecticides. Toutefois, cet usage est strictement encadré et les viticulteurs sont réticents à appliquer ces insecticides juste avant les vendanges, notamment pour des questions de résidus et d'image auprès des consommateurs. Le contrôle du ravageur repose

donc principalement sur des mesures prophylactiques, en particulier une bonne aération et mise en lumière de la zone des grappes (Linder *et al.* 2019). L'usage de kaolin, une poudre de roche blanche inerte à base d'aluminosilicate, pourrait constituer une alternative aux insecticides (Glenn *et al.* 1999). Ses particules collent à la surface des feuilles et des raisins (fig. 2) et forment une barrière physique qui permet de réduire les dégâts causés par de nombreux ravageurs viticoles (par exemple Tacoli *et al.* 2017). De plus, le kaolin est un produit naturel, admis en production biologique et dont l'impact sur les acariens prédateurs (données



Figure 2 | Grappes traitées au kaolin.

non publiées) et les parasitoïdes (Pease *et al.* 2016) reste négligeable. Néanmoins, l'influence de multiples applications de kaolin réalisées juste avant les vendanges sur la composition chimique et organoleptique des vins produits est peu documentée (par exemple Coniberti *et al.* 2013). Bien que le kaolin soit également utilisé comme agent de collage, il contient de l'aluminium, dont la présence dans la chaîne alimentaire soulève de nombreuses interrogations sur la santé humaine (par exemple Stahl *et al.* 2017). Cet article se base sur une publication scientifique récente (Linder *et al.* 2020) et présente une synthèse de nos derniers résultats sur l'efficacité du kaolin contre *D. suzukii*, ainsi que sur son impact sur les paramètres chimiques et sensoriels des vins issus de raisins traités au kaolin.

Matériel et méthodes

Essais d'efficacité

En automne 2016, du kaolin (Surround WP®) a été appliqué dans 23 essais de plein champ sur divers cépages

Résumé ■ *Drosophila suzukii* est un insecte polyphage se développant aussi sur vigne. En Suisse, il est contrôlé par des mesures prophylactiques et par le kaolin, poudre de roche à base d'aluminosilicate. Cette dernière adhère aux raisins, formant une barrière physique qui réduit les pontes du ravageur. Nous présentons ici nos connaissances récentes sur l'efficacité du kaolin contre *D. suzukii* et sur les propriétés chimiques et sensorielles des vins à base de raisins traités au kaolin. Dans 23 essais sur divers cépages, le kaolin (Surround WP®) a atteint une efficacité moyenne de 56% et aucune différence significative n'a pu être observée entre des applications de kaolin à 1% et 2% et entre des traitements préventifs et curatifs. Un essai supplémentaire sur le cépage rouge Mara a révélé que trois applications de kaolin à 1% ou 2% n'affectent ni la fermentation ni les propriétés chimiques des vins traités par rapport au témoin non traité. Même si la concentration d'aluminium dans les vins a légèrement augmenté avec la dose de kaolin appliquée, les niveaux d'aluminium mesurés restent largement inférieurs au seuil toléré. De plus, les dégustateurs n'ont pas pu distinguer l'arôme et le goût des vins issus de raisins traités au kaolin de ceux du témoin non traité. Nous concluons donc que le kaolin est efficace contre *D. suzukii* dans le vignoble sans entraîner de risques majeurs pour l'environnement, la qualité du vin et la santé humaine.

(tabl. 1). La zone des grappes a été traitée sur la base d'un volume d'eau théorique de 1200l/ha et à des concentrations variant entre 1% et 2%, soit peu avant (préventif), soit après (curatif) les premières pontes de *D. suzukii*. Les viticulteurs ont appliqué les traitements avec différents types de pulvérisateurs et ont appliqué le kaolin une fois. Les variantes traitées ont été comparées aux témoins non traités en contrôlant le taux d'oviposition sur au moins 50 baies par variante prélevées au hasard sur 50 grappes par parcelle juste avant les vendanges. L'efficacité des traitements a ensuite été exprimée en pourcentage de réduction de la ponte. Les données obtenues ont été analysées par un test de Wilcoxon ou de Mann-Whitney.



Composition et qualité des vins traités

En 2015, un essai a été conduit sur quatre rangs d'une parcelle du cépage rouge Mara à Nyon afin d'évaluer l'impact du kaolin sur la composition chimique et le goût des vins. Surround WP® a été appliqué à une concentration de 1% ou 2% et comparé à un témoin non traité. Les trois différentes variantes ont été testées dans un dispositif en blocs randomisés. Les applications ont été effectuées les 11, 18 et 26 août 2015 dans la zone des grappes préalablement défoliées, en utilisant un pulvérisateur à dos (Birchmeier M125) et un volume de 1200 l/ha. Aucune ponte de *D. suzukii* n'a été observée dans cet essai. Les raisins ont été récoltés treize jours après la dernière application de kaolin et vinifiés séparément. Les caractéristiques chimiques des trois vins ont été analysées à la mise en bouteille à l'aide d'un spectrophotomètre à infrarouge (FOSS Wi-

nescan) et le contenu en aluminium déterminé par une méthode interne. Deux mois après la mise en bouteille, les vins ont été dégustés par douze panélistes de Changins afin de savoir si les deux variantes traitées étaient organoleptiquement distinguables du témoin non traité (test discriminatif 2 sur 5). Un second panel de douze dégustateurs d'Agroscope a ensuite établi les profils sensoriels des trois vins. Les descripteurs sensoriels ont été notés sur une échelle linéaire allant de 1 (mauvais/faible) à 7 (excellent) (Biosystemes®, Couternon, France).

Résultats et discussion

Efficacité contre *D. suzukii*

Bien que les essais aient été réalisés dans des vignobles plantés avec des cépages sensibles et/ou en situation de risque d'infestation élevé, les taux de ponte dans les

Tableau 1 | Oviposition et réduction des taux de pontes dans les 23 essais kaolin conduits en Suisse en 2016.

Lieux (canton)	Cépage	Concentration	Type	% Oviposition		% Efficacité
				Témoin	Traité	
Salenstein (TG)	Regent	1%	Préventif	6	0	100
Aesch (BL)	Garanoir			2	0	100
Aesch (BL)	Dunkelfelder			64	26	59,4
Muttenz (BL)	Dunkelfelder			69	23	66,7
Wintersingen (BL)	Cabernet Dorsa			14	4	71,4
				31 ± 32,7	10,6 ± 12,8	65,8
Malans (GR)	Pinot noir	1%	Curatif	10	10	0
Fläsch (GR)	Pinot noir			8	8	0
				9 ± 1,4	9 ± 1,4	0
Neunforn (TG)	Garanoir	2%	Préventif	7	3	57,1
Salenstein (TG)	Regent			6	0	100
Schlattingen (TG)	Maréchal Foch			18	2	88,9
Frümsen (SG)	Pinot noir			2	2	0
Frümsen (SG)	Cabernet Jura			15	2	86,7
Frümsen (SG)	Gamaret			3	0	100
La Tour-de-Peilz (VD)	Divico			8	0	100
La Tour-de-Peilz (VD)	Cabernet Jura			24	14	41,7
La Tour-de-Peilz (VD)	Galotta			0	4	0
				9,2 ± 8,1	3 ± 4,4	67,4
Gordola (TI)	Merlot	2%	Curatif	2	0	100
Giornico (TI)	Merlot			2	2	0
La Neuveville (BE)	Regent			2	2	0
Villeneuve (VD)	Dunkelfelder			18	12	33,3
Ollon (VD)	Cabernet Jura			22	4	81,8
Malans (GR)	Pinot noir			10	3	70
Fläsch (GR)	Dunkelfelder			8	6	25
				9,1 ± 8,2	4,1 ± 3,9	50,3

témoins non traités ont varié de 0% à 69% (tabl. 1 et fig. 3). L'efficacité des applications de kaolin a ainsi varié de 0% à 100%. En moyenne, les traitements ont significativement réduit la ponte de *D. suzukii* par rapport au témoin non traité ($W = 5,5$, $P < 0,001$). Cependant, la dose appliquée ne semble pas avoir d'influence et aucune différence significative n'a pu être observée entre les applications de kaolin à 1% et 2%, avec une efficacité respective de 56,8% et 57,1% ($U = 55$, $P = 0,97$), comparable à celle obtenue avec des insecticides classiques. Dans l'ensemble, la stratégie préventive (69,4% d'efficacité) a eu tendance à être plus efficace que la stratégie curative (34,5%) ($U = 32,5$, $P = 0,054$). Toutefois, cette différence n'est plus vérifiée lorsque seuls les essais à 2% de kaolin sont pris en compte: 67,4% pour la stratégie préventive, contre 50,3% pour la curative ($U = 21,5$, $P = 0,31$, tabl. 1). D'un point de vue pratique et malgré une efficacité similaire, la concentration de 2% semble plus appropriée, puisqu'elle assure une meilleure adhérence après la pluie (fig. 4) et donc une plus grande persistance sur les raisins. Il semble également approprié d'attendre que les premiers œufs de *D. suzukii* soient observés dans la région et sur un cépage de sensibilité similaire pour appliquer le premier traitement. Cela pour éviter des applications systématiques de kaolin à la véraison.



Composition et propriétés organoleptiques

L'application de kaolin n'a eu aucune incidence sur la fermentation. Les vins étaient similaires du point de vue des propriétés chimiques courantes. Cependant, les vins traités ont vu leur teneur en aluminium augmenter avec la dose de kaolin appliquée, allant de 0,083 mg/l pour le témoin à 0,184 mg/l pour 1% et 0,211 mg/l avec 2% de kaolin. Bien qu'aucune valeur limite ne soit définie pour la concentration maximale d'aluminium autorisée dans les vins en Suisse, ces valeurs étaient près de 40 fois inférieures au seuil allemand de 8 mg/l (WeinV 1995). Du point de vue

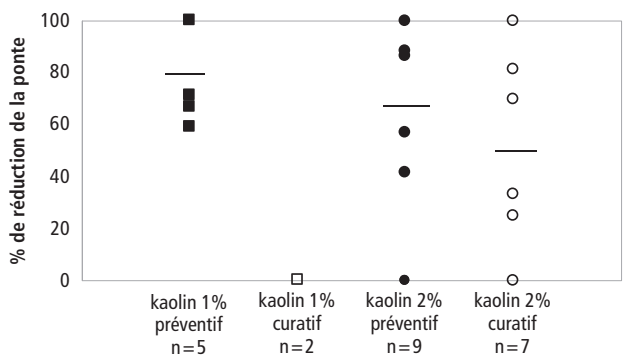


Figure 3 | Pourcentage de réduction de la ponte dans les essais kaolin 2016. Les lignes horizontales représentent l'efficacité moyenne.



Figure 4 | Une couverture optimale des grappes (à gauche) est préférable à une couverture partielle (à droite) pour assurer la résistance à la pluie et l'efficacité contre *D. suzukii*.

sensoriel, le vin issu de raisins traités à 2% de kaolin n'a pas été perçu comme étant différent du témoin non traité (aucune réponse correcte au test discriminatif). De même, il n'y a pas eu de différences significatives dans les notations des principaux descripteurs organoleptiques effectuées par le panel d'Agroscope (fig. 5). Ainsi, nous pouvons affirmer que les qualités chimiques et organoleptiques des vins ne sont pas affectées par l'application de kaolin sur les raisins et que ce minéral aluminosilicate inerte ne soulève aucun risque majeur pour les consommateurs.

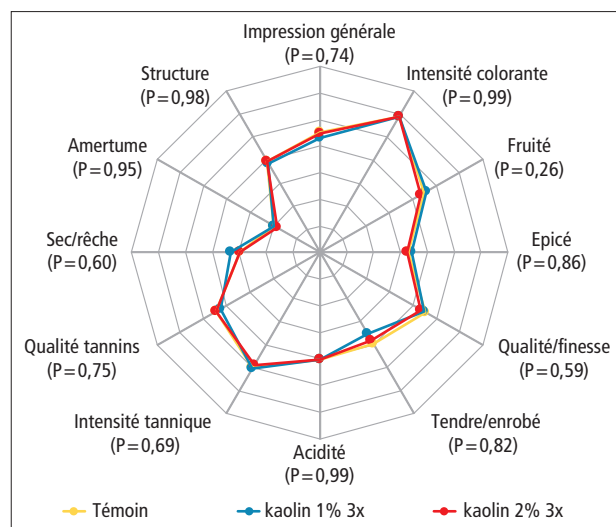


Figure 5 | Propriétés organoleptiques sur une échelle de 1 à 7 (1 = mauvais/faible, 4 = satisfaisant, 7 = excellent/élevé) pour le témoin et les deux vins Mara traités au kaolin de l'essai de Nyon en 2015. Entre parenthèses : valeurs P de l'ANOVA pour les descripteurs notés par les douze dégustateurs.

Conclusions

- Approuvé par l'agriculture biologique, le kaolin assure une protection satisfaisante des raisins contre *D. suzukii*.
- Ce produit naturel ne pose pas de problème de résidus et son impact sur les organismes auxiliaires du vignoble est peu marqué.
- Les qualités chimiques et organoleptiques du cépage rouge Mara utilisé dans cette étude n'ont pas été affectées.
- Les résultats de cette étude montrent que les applications de kaolin sont aussi efficaces que les insecticides classiques contre *D. suzukii* et n'entraînent pas de risques majeurs pour l'environnement, la qualité du vin et la santé humaine. ■

Remerciements

Nous tenons à remercier les viticulteurs et les services phytosanitaires cantonaux de leur collaboration, ainsi que Laurent Amiet pour la vinification des vins.

Bibliographie

- Coniberti A., Ferrari V., Dellacassa E., Boido E., Carrau F., Gepp V. & Disegna E., 2013. Kaolin over sun-exposed fruit affects berry temperature, must composition and wine sensory attributes of Sauvignon Blanc. *Europ. J. Agronomy* **50**, 75–81.
- Glenn D. M., Puterka G., Vanderzwet T., Byers R. E. & Feldhake C., 1999. Hydrophobic particle films: a new paradigm for suppression of arthropod pests and plant diseases. *J. Econ. Entomol.* **92**, 759–771.
- Linder C., Kehrli P. & Kuske S., 2015. Drosophile du cerisier dans les vignes: bilan de l'année 2014. *Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture* **47**, 59–60.
- Linder C. & Kehrli P., 2019. Recommandations *Drosophila suzukii* en viticulture. Fiche Technique Agroscope, N° 101.
- Linder C., Rösti J., Lorenzini F., Deneulin P., Badertscher R. & Kehrli P., 2020. Efficacy of kaolin treatments against *Drosophila suzukii* and their impact on the composition and taste of processed wines. *Vitis* **59**, 49–52.
- Stahl T., Falk S., Rohrbeck A., Georgii S., Herzog C., Wiegand A., Hotz S., Boschek B., Zorn H. & Brunn H., 2017. Migration of aluminum from food contact materials to food – a health risk for consumers? Part I of III: exposure to aluminum, release of aluminum, tolerable weekly intake (TWI), toxicological effects of aluminum, study design, and methods. *Environ. Sci. Eur.* **29**, 1–8.
- Pease C. E., Lopez-Olguin J., Perez-Moreno I. & Marco-Mancebon V., 2016. Effects of kaolin on *Lobesia botrana* and its compatibility with the natural enemy *Trichogramma cacoeciae*. *J. Econ. Entomol.* **109**, 740–745.
- Tacoli F., Mori N., Pozzebon A., Carngus E., Da Vià S., Zandigiacomo P., Duso C. & Pava F., 2017. Control of *Scaphoideus titanus* with natural products in organic vineyards. *Insects* **8**, Art. 129.
- Weinverordnung (WeinV), 1995. www.gesetze-im-internet.de/weinv_1995

Summary**Kaolin against *Drosophila suzukii* in viticulture: efficacy and quality of wines.**

Drosophila suzukii is a polyphagous insect that can also develop on grapevines. In Switzerland, the Spotted wing drosophila is controlled by preventive measures and by kaolin, an inert rock powder consisting of aluminosilicates. This powder adheres to the surface of grapes and forms a physical barrier that reduce oviposition by the pest. Here we present our recent insights on the efficacy of kaolin against *D. suzukii* as well as on the chemical and sensory properties of the wines produced from kaolin treated grapes. In 23 field trials on various cultivars, kaolin (Surround WP®) achieved an average efficacy of 56% and no significant differences could be observed between kaolin applications at 1% and 2% or preventive and curative treatments. An additional field trial on the red grape variety Mara revealed that three applications of kaolin at 1% or 2% did neither affect fermentation nor the chemical properties of these wines compared to the untreated control. Although the aluminium concentration in wines increased slightly with the applied dosage of kaolin, the measured aluminium levels remained by far under the tolerated threshold. Additionally, tasters failed to distinguish the aroma and the taste of wines processed from kaolin treated grapes from the untreated control. We therefore conclude that kaolin is effective against *D. suzukii* in vineyards and that it raises no major risks for the environment, wine quality and human health.

Key-words: *Vitis vinifera*; organoleptic tests; aluminosilicate mineral; aluminum

Zusammenfassung**Kaolin gegen *Drosophila suzukii* im Rebbau: Wirksamkeit und Qualität der Weine.**

Drosophila suzukii ist ein polyphages Insekt, das sich auch auf Reben entwickelt. In der Schweiz wird es vorwiegend mittels vorbeugenden Massnahmen und Kaolin bekämpft, ein inertes Gesteinsmehl auf Basis von Aluminiumsilikat. Dieses haftet an der Traubenoberfläche und bildet eine physikalische Barriere, welche die Eiablage des Schädling verringert. Hier präsentieren wir unsere jüngsten Erkenntnisse zur Wirksamkeit von Kaolin gegen *D. suzukii* sowie zu den chemischen und sensorischen Eigenschaften von Weinen aus kaolinbehandelten Trauben. In 23 Versuchen zeigte Kaolin (Surround WP®) eine mittlere Wirkung von 56% und es konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen einer 1% oder 2% Anwendung von Kaolin sowie zwischen präventiven und kurativen Behandlungen festgestellt werden. Eine weitere Untersuchung ergab, dass drei Anwendungen von 1% oder 2% Kaolin weder die Fermentation noch die chemischen Eigenschaften der behandelten Weine im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle beeinflussen. Auch wenn die Aluminiumkonzentration in Weinen aus kaolinbehandelten Trauben leicht anstieg, blieben die Aluminiumgehalte weit unter dem tolerierten Maximalwert. Des Weiteren konnten Degustatoren das Aroma und den Geschmack der Weine aus kaolinbehandelten Trauben nicht von der unbehandelten Kontrolle unterscheiden. Wir schliessen daraus, dass Kaolin gegen *D. suzukii* wirkt und keine wesentlichen Risiken für Umwelt, Weinqualität und die menschliche Gesundheit birgt.

Riassunto**Il caolino contro *Drosophila suzukii* in viticoltura: efficacia e qualità dei vini**

Drosophila suzukii è un insetto polifago che si sviluppa pure sulla vite. In Svizzera, la lotta è basata su misure profilattiche e sull'uso del caolino, polvere di roccia a base di alluminosilicato. Le sue particelle aderiscono alla superficie degli acini e formano una barriera fisica che riduce l'ovodeposizione del parassita. Di seguito presentiamo le nostre recenti conoscenze sull'efficacia del caolino contro *D. suzukii* e sulle proprietà chimiche e sensoriali dei vini vinificati con uve trattate con caolino. Su 23 prove eseguite con diversi vitigni, il caolino (Surround WP®) ha raggiunto un'efficacia media del 56% senza evidenziare differenze significative tra le applicazioni a 1% e 2% o rispetto a trattamenti preventivi e curativi. Una prova supplementare realizzata sul vitigno rosso Mara ha mostrato che tre applicazioni di caolino al 1% o 2% non influenzano né la fermentazione, né le proprietà chimiche dei vini trattati rispetto al testimone non trattato. Anche se la concentrazione di alluminio nei vini è leggermente aumentata con il dosaggio utilizzato, i tenori misurati sono rimasti ampiamente inferiori alla soglia tollerata. Inoltre, i degustatori non sono stati in grado di differenziare l'aroma e il gusto dei vini ottenuti da uve trattate con il caolino da quelli del testimone non trattato. Possiamo quindi concludere che il caolino è efficace contro *D. suzukii* nel vigneto e non comporta alcun rischio particolare per l'ambiente, la qualità del vino e la salute umana.

Définition d'un espace sensoriel propre aux eaux-de-vie de Bérudge

Pascale DENEULIN¹, Eve DANTHE¹, Pierrick REBENAQUE¹, Benoît BACH¹, Marylin CLEROUX¹ et Dominique RUGGLI²

¹ CHANGINS – Haute école de viticulture et œnologie, 1260 Nyon

² Institut agricole de l'État de Fribourg, 1725 Posieux

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



Récolte de prunes Andrière destinées à l'élaboration d'eau-de-vie de Bérudge.

Introduction

L'eau-de-vie de Bérudge est un alcool originaire de la région du Seeland, dans les zones périphériques des lacs de Neuchâtel, de Bienne et de Morat et des Montagnes jurassiennes. Cette spécialité, bien connue au XIX^e siècle, a donc une identité reconnue depuis longtemps. Les prunes Bérudges, entrant dans l'élaboration des eaux-de-vie, portent parfois des noms différents selon la localité (Bérudge de Cornaux ou Andrière, de Cressier, de Fresens, etc.), mais sont probablement de la même variété (Vauthier, 2011). Une étude de profilage génétique doit encore déter-

miner leur similitude ou différence. Dans le projet du cahier des charges de l'AOP, le terme «Bérudge» a été réservé à l'eau-de-vie et, pour éviter toute confusion, les variétés entrant dans son élaboration ont été regroupées sous le nom «Prune de Cornaux et Andrière». Toutefois, d'autres prunes, relativement proches du point de vue morphologique, peuvent être utilisées, comme la prune de Löhr et d'autres variétés locales.

Cette sélection de prunes donne son goût caractéristique à l'eau-de-vie de Bérudge, permettant ainsi de la distinguer des autres eaux-de-vie de prunes et pruneaux.

En 2016, un groupement de producteurs et de distillateurs de la région des Trois-Lacs (NE, FR, VD et BE) a entamé une démarche de reconnaissance d'appellation d'origine protégée (AOP). Outre la zone de production, qui doit pouvoir être définie, cette reconnaissance implique de définir la typicité de l'eau-de-vie issue d'un savoir-faire de production. C'est dans ce cadre que se positionne la collaboration entre les professionnels et Changins.

Cette étude se compose de deux parties. La première a eu pour objectif de vérifier l'existence, ou non, d'un espace sensoriel spécifique aux eaux-de-vie de Bérudge comparativement à celles de différentes prunes. Dans cette partie, nous avons également identifié deux groupes d'eaux-de-vie opposés en termes de typicité, les bons et les mauvais exemples de Bérudge. La seconde partie a permis de décrire organoleptiquement et chimiquement ces deux groupes distincts d'eaux-de-vie, afin de définir les caractéristiques propres aux eaux-de-vie de Bérudge.

Existence d'un espace sensoriel spécifique aux eaux-de-vie de Bérudge

Cette première partie a eu pour objectif de vérifier l'existence, ou non, d'un espace sensoriel spécifique aux eaux-de-vie de Bérudge en les comparant à celles de différentes prunes.

Matériel et méthodes

Dégustateurs

Treize dégustateurs professionnels, majoritairement des distillateurs d'eau-de-vie de Bérudge, ont participé à l'étude. Préalablement à la dégustation, une courte séance de formation leur a été dispensée. Les dégustateurs ont eu un rappel quant aux défauts usuels rencontrés dans les eaux-de-vie, ainsi qu'une présentation méthodologique de l'analyse sensorielle et des biais inhérents à la dégustation.

Produits

Vingt-six produits ont été dégustés. Seize eaux-de-vie appartenaient au groupe des prunes autorisées dans l'élaboration de l'eau-de-vie de Bérudge, soit les prunes de Cornaux, de Cressier, Andrière et les prunes de Löhr. Les dix autres eaux-de-vie de prune non Bérudge étaient des prunes de Mirabelle, Damassine AOP, Prune de Damas, Pruneau de Saint-Aubin, etc. Les millésimes étaient variables, allant de 2003 à 2017. Dans la suite de l'étude, les Bérudges seront codées BE et les autres prunes AU. L'ensemble des eaux-de-vie ont été transmises par l'Interprofession, sur la base du

Résumé ■ Les producteurs et distillateurs de la région des Trois-Lacs ont entamé une démarche de reconnaissance d'appellation d'origine protégée (AOP) pour les eaux-de-vie de Bérudge. Celles-ci sont principalement élaborées à partir de prunes de Cornaux et Andrière ou de variétés morphologiquement proches. Dans le cadre de cette démarche, des dégustations ont permis de travailler sur les caractéristiques sensorielles spécifiques aux Bérudges. En complément des odeurs de prunes, ces eaux-de-vie dévoilent des arômes de pâtisserie couplés à de l'onctuosité en bouche. Enfin, les analyses chimiques ont permis de montrer une grande maturité des fruits.

volontariat des producteurs, avec la volonté de représenter au mieux l'offre de Bérudge commercialisée. Toutes les eaux-de-vie avaient un taux d'alcool comparable, entre 40 et 45% volume.

Service des produits

Dix millilitres de produit pur ont été servis dans des verres INAO identifiés par un code à trois chiffres (anonymat complet) et couverts d'un couvercle en plastique. Les dégustations ont eu lieu dans la salle d'analyse sensorielle de Changins. Chaque cabine était isolée et équipée d'un ordinateur permettant une saisie informatique des résultats sur le logiciel FIZZ (Biosystèmes). Les dégustateurs avaient à disposition un crachoir, un verre d'eau et du pain pour se rincer la bouche. Afin de limiter la fatigue sensorielle, les produits ont été évalués en deux séries de treize eaux-de-vie chacune, une le matin et l'autre l'après-midi. Une pause de 30 secondes était imposée entre chaque évaluation et 5 minutes tous les cinq produits. Les eaux-de-vie ont été servies selon un ordre randomisé et autant de fois le matin et l'après-midi.

Protocole de dégustation

Le protocole de dégustation, inspiré de précédentes études de typicité (Deneulin, Danthe, Rebenaque & Ducruet 2014), était le suivant:

«Imaginez que vous deviez expliquer à un ami ce qu'est une «eau-de-vie de Bérudge». Pour lui expliquer, vous avez la possibilité de lui en faire déguster. Pour chaque produit qui vous est présenté, nous vous demandons de répondre à la question suivante: Considérez-vous que ce produit soit un bon ou un mauvais

exemple pour expliquer à votre ami ce qu'est une «eau-de-vie de Bérudge»? Les eaux-de-vie que vous allez déguster peuvent provenir de divers endroits en Suisse mais aussi de diverses variétés de prunes. C'est votre appréciation personnelle qui nous intéresse.»

Les dégustateurs devaient évaluer l'exemplarité sur une échelle linéaire bornée de «mauvais exemple» à gauche (note de 0) à «bon exemple» à droite (note de 10). Aucune information sur ce que doit être une eau-de-vie de Bérudge n'a été donnée aux dégustateurs avant l'évaluation. Les produits ont été jugés de manière globale, intégrant les aspects visuels, olfactifs et gustatifs. Les dégustateurs avaient la possibilité de noter quelques termes permettant de définir en quoi l'eau-de-vie était un bon ou un mauvais exemple de Bérudge. Ces commentaires avaient pour objectif d'expliquer certaines notations.

Les eaux-de-vie n'ayant pas été pré-dégustées avant le test d'exemplarité, il nous a semblé utile de compléter les données en évaluant la présence éventuelle d'un défaut olfactif pour les produits n'ayant pas été sélectionnés pour la seconde partie de l'étude, soit seize eaux-de-vie. Ainsi, les neuf professionnels présents lors de la deuxième journée de formation

ont évalué la présence d'un défaut sur une échelle linéaire allant de «totalement absent» (note de 0) à «très présent» (note de 10).

Résultats

Existe-t-il un accord de notation entre les dégustateurs?

Les boîtes à moustaches permettent de visualiser la répartition des notes individuelles pour chaque eau-de-vie. Les rectangles contiennent 50% et les «moustaches» contiennent chacune approximativement 25% des notes données par les dégustateurs. Une petite boîte illustre donc des notes similaires entre les dégustateurs et, à l'inverse, une grande boîte montre une plus grande diversité de notation.

La répartition des notes est différente suivant les produits (fig. 1). Les dégustateurs sont en accord pour dire que BE01 et BE12 sont de très bons exemples de Bérudge, avec près de 75% des notes au-dessus de 7 (notes élevées et groupées), et que BE06 est un mauvais exemple. A l'inverse, l'accord entre les dégustateurs est moins consensuel pour évaluer l'exemplarité de AU17 ou AU21, par exemple (notes réparties sur tout le long de l'échelle). L'analyse des commentaires

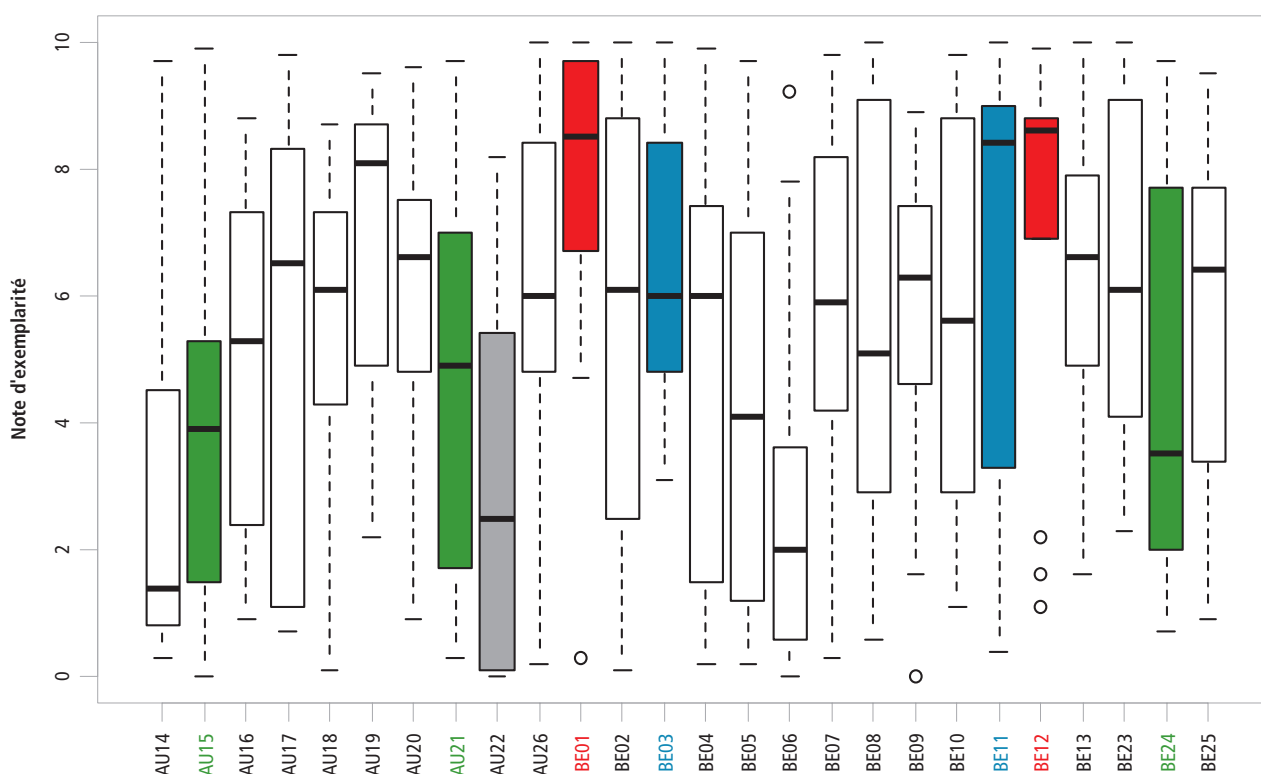


Figure 1 | Répartition des notes de typicité. En couleur, les eaux-de-vie sélectionnées pour la description sensorielle; en rouge, deux Bérudges considérées comme étant de bons exemples de manière consensuelle; en bleu, deux bons exemples de Bérudge un peu moins consensuels en gris et vert, quatre mauvais exemples de Bérudge. (Les points représentent des notes particulièrement fortes ou faibles par rapport aux autres notes.)

libres indique que BE06 présentait un défaut de type «tête de distillation» avec des odeurs d'acide acétique, expliquant sa moyenne à 2,92.

Il n'existe pas de distinction nette d'exemplarité entre les eaux-de-vie de Bérudge et les non-Bérudge (test t non significatif ($t(24)=-1,59$, P-valeur=0,13)). Toutefois, si nous enlevons les quatre eaux-de-vie présentant des défauts marqués, soit BE04, BE06, AU17 et AU22, qui ont obtenu des notes moyennes de défaut supérieures à 5/10 par les neuf professionnels, alors nous pouvons constater une tendance à la distinction entre les deux espaces produits (test t ($t(20)=-1,85$, P-valeur=0,08)).

Le cercle de corrélation de l'analyse en composantes principales (ACP) permet de visualiser l'accord entre les dégustateurs indépendamment de la manière dont chacun a utilisé l'échelle de notation (par exemple, un juge qui sur- ou sous-évalue systématiquement). Chaque flèche représente un dégustateur (fig. 2). La majorité des flèches se dirigent vers la droite, indiquant une image relativement commune de la typicité des eaux-de-vie de Bérudge. Toutefois, trois dégustateurs semblent noter de manière différente des autres (J08, J12 et J13, en rouge, fig. 2).

Gradient de typicité

Les moyennes sont ensuite comparées par analyse de variance, suivie d'une comparaison multiple de moyennes (test de Fisher) permettant de faire des groupes de produits similaires en termes de note d'exemplarité. Le tableau 1 mentionne les notes

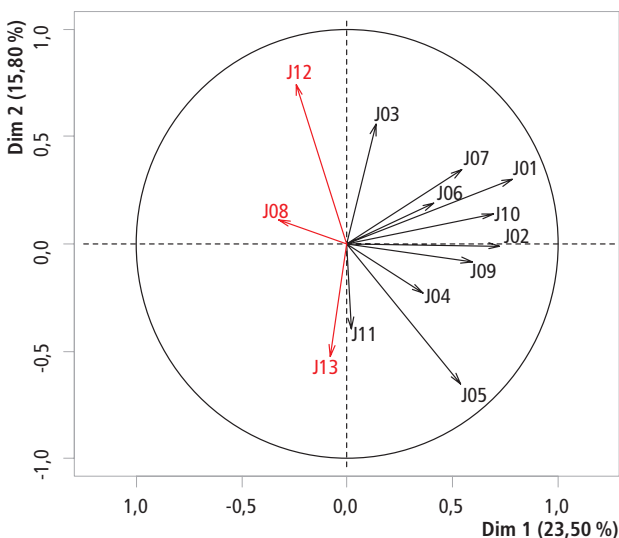


Figure 2 | Cercle des corrélations de l'analyse en composantes principales. Chaque flèche représente un dégustateur; en rouge, les trois dégustateurs qui montrent un désaccord plus important avec le reste du groupe.

moyennes et les groupes statistiques (lettre) pour chacun des produits. Les produits ayant la même lettre ne diffèrent pas significativement les uns des autres en termes d'exemplarité; seize eaux-de-vie sur 26 partagent la lettre a, il est donc très difficile de distinguer un groupe restreint considéré comme significativement différent des autres du côté des bons exemples. Comme c'est le constat dans la majorité des études de typicité, les produits se répartissent selon un continuum allant des bons aux mauvais exemples d'eau-de-vie de Bérudge. Parmi les cinq eaux-de-vie considérées comme les meilleurs exemples, quatre sont des Bérudges et la cinquième, intermédiaire, est une eau-de-vie de pruneau. Les deux meilleurs exemples sont les Bérudges BE01 et BE12, suivies en quatrième et cinquième position par les produits BE03 et BE11.

Description sensorielle et chimique de bons et de mauvais exemples d'eau-de-vie de Bérudge (par un panel expert)

L'objectif de cette deuxième partie est de caractériser les bipôles issus de la dégustation d'exemplarité, afin de définir des caractéristiques sensorielles permettant de distinguer les eaux-de-vie de Bérudge des autres produits testés.

Matériel et méthodes

Dégustateurs

Onze ou douze dégustateurs du panel expert de Changins ont participé aux descriptions sensorielles, consistant en quatre séances, deux sessions de formation spécifique et deux sessions d'évaluation.

Produits

Parmi les 26 produits initiaux, 8 ont été sélectionnés parmi les bi-pôles: 1) les 4 eaux-de-vie de Bérudge considérées comme les meilleurs exemples par les professionnels (BE01, BE03, BE11 et BE13) afin de décrire sensoriellement la typicité sensorielle propre à la catégorie considérée (espace produit correspondant à l'espace sensoriel), et 2), à l'opposé, les 4 eaux-de-vie considérées comme de mauvais exemples, avec trois produits non-Bérudge, respectivement une prune de Damas (AU16), une mirabelle (AU21), un vieux pruneau (AU22), et une Bérudge (prune de Cressier – BE24). Pour la première étape de caractérisation (Napping), une neuvième eau-de-vie de Bérudge (mauvais exemple – BE06) avait été ajoutée, avant d'être exclue pour le profil sensoriel compte tenu de son défaut marqué.

Service des produits

Pour chacun des tests, 10 ml de produit pur ont été servis dans des verres INAO identifiés par un code à trois chiffres (anonymat complet) et couverts d'un couvercle en plastique. Les dégustations ont eu lieu dans les mêmes conditions de température et d'environnement que pour les professionnels.

Protocole de dégustation

La première séance consistait en une dégustation dite de Napping, permettant de caractériser les produits tout en générant du vocabulaire. L'évaluation s'est faite uniquement au nez afin de limiter la fatigue des dégustateurs, qui devaient comparer les produits entre eux. Le protocole de dégustation, mis en place par Pagès, Deneulin et Asselin (2004), était le suivant.

«Il vous est demandé d'évaluer les ressemblances et les dissemblances entre les eaux-de-vie selon vos propres critères, ceux qui sont importants pour vous.

Tableau 1 | Moyenne de typicité et groupes issus de la comparaison multiple de moyennes (test LSD).

EdV	Moyenne	Groupe
BE01	7,546	a
BE12	7,031	ab
AU19	6,892	abc
BE03	6,431	abcd
BE11	6,346	abcd
BE23	6,185	abcde
AU26	6,123	abcde
BE13	6,038	abcde
AU20	5,877	abcde
BE07	5,869	abcde
BE25	5,785	abcde
BE10	5,769	abcde
BE02	5,577	abcde
BE09	5,577	abcde
AU18	5,538	abcde
BE08	5,523	abcde
AU17	5,231	bcdef
BE04	4,954	bcdefg
AU16	4,777	cdefg
BE24	4,708	cdefg
AU21	4,692	cdefg
BE05	4,600	defg
AU15	4,085	efg
AU14	3,192	fg
AU22	3,146	fg
BE06	2,915	g

Deux produits sont d'autant plus proches qu'ils se ressemblent et deux produits sont d'autant plus éloignés qu'ils vous paraissent différents. N'hésitez pas à marquer clairement les différences. Une fois le positionnement effectué devant vous, vous devez le reporter à l'écran. Pour chacun des produits, vous avez la possibilité d'ajouter quelques termes le décrivant ou expliquant son positionnement.»

A ce stade, les panélistes n'avaient pas connaissance de l'étude, ni du type d'eaux-de-vie dont il s'agissait. Les positionnements réalisés par chacun des dégustateurs sont ensuite compilés afin de ressortir une «carte moyenne». Le vocabulaire cité pour chacun des produits a été regroupé puis projeté de manière illustrative sur la carte obtenue, afin d'en expliquer le positionnement.

La deuxième séance d'évaluation consistait en un profil sensoriel des huit eaux-de-vie selon la liste de descripteurs mentionnés dans le tableau 2. Chaque dégustateur devait évaluer l'intensité des perceptions sur une échelle linéaire allant de «absent» à gauche (note de 0) à «très intense» à droite (note de 10).

Analyses chimiques

Les analyses ont été réalisées par GC-FID (7890B GC System Agilent Technologies®). Pour la séparation, une colonne capillaire 60 m, 0,25 mm ID, 1,4 µm Rtx®-1301 a été employée. L'injection a été faite en mode split (20:1). L'analyse s'est faite suivant le protocole suivant: 35°C pendant 5 min, 1°C/min jusqu'à 65°C, 20°C/min jusqu'à 240°C, et 240°C pendant 5 min, en utilisant comme gaz vecteur de l'hydrogène (débit 4 ml/min). L'ensemble des composés du tableau 3 ont été analysés.

Résultats

Description olfactive par la méthode du Napping

La figure 3 représente le positionnement moyen (fig. 3a) et les termes cités pour décrire les eaux-de-vie lors de l'étape du Napping (fig. 3b). Le principal facteur de différenciation entre ces neuf eaux-de-vie est l'opposition entre les produits BE06 et AU22 et les autres produits. Les premiers ont été considérés comme présentant des défauts d'acide acétique, d'acétate d'éthyle et des têtes de distillation. Les bons exemples d'eaux-de-vie de Bérudge sont principalement regroupés au centre du graphique, montrant une certaine homogénéité olfactive. De manière plus précise, il est possible de distinguer deux sous-groupes, avec BE01 et BE12 d'une part et BE03 et BE11 d'autre part. Ces sous-groupes correspondent aux notes d'exemplarité; il existe donc des caractéristiques sensorielles

Tableau 2 | Liste des descripteurs et leur définition pour l'évaluation des eaux-de-vie par profil sensoriel.

Descripteurs au nez	
Descripteurs	Références
intensité aromatique	perception des odeurs au nez, odeurs autres que l'alcool
prune / pruneau frais	relatif aux odeurs de prune type pruneau frais (hors mirabelle ou reine claudie par exemple)
fruité autre	relatif aux autres odeurs fruitées telles que abricot, pomme, poire, cerise, mirabelle, reine claudie, etc.
amande amère / noyau	relatif aux odeurs d'amande amère ou de noyau apportées par une macération de fruits à noyau
foin	relatif aux odeurs de foin, d'herbe sèche coupée
végétal	relatif aux odeurs de végétaux frais type herbe, feuille verte, etc.
tilleul	relatif à l'odeur de fleur de tilleul, tilleul sec
miel	relatif à l'odeur de miel type toutes fleurs
pâtisserie	relatif à l'odeur de frangipane, mélange de poudre d'amande et de crème pâtissière
franchise / pureté du fruit	capacité à reconnaître le fruit, exempt de tout défaut tel que poussière, lourd, patte mouillée, savon, rance, vieux, etc.
tête	mélange d'éthanol (alcool) et d'éthanal / acétaldéhyde (odeur de pomme verte ou blette) qui donne une impression agressive voire suffocante
queue	mélange d'éthanol, d'alcools supérieurs, d'esters et d'acides gras qui donne à l'eau-de-vie une sensation de lourdeur, de savon, voire âcre
acétate d'éthyle	relatif aux odeurs d'acétate d'éthyle, solvant, dissolvant
acide acétique	relatif aux odeurs d'acide acétique, vinaigre

Descripteurs en bouche	
Descripteurs	Références
piquant	sensation de picotement en attaque de bouche comme peut le procurer du piment
sucré / gras	eau-de-vie qui «remplit» la bouche, une sensation de volume voire de sucrosité
amertume	en référence à la quinine
équilibre	équilibre entre les différentes sensations en bouche alcool / saveur / arômes
chaleur / brûlant	chaleur apportée par l'alcool entraînant une sensation de brûlant en bouche
longueur aromatique	persistance des arômes en bouche (en dehors de l'alcool)

communes entre les deux meilleures eaux-de-vie de Bérudge d'une part, puis entre les deux suivantes d'autre part. Au contraire, les autres eaux-de-vie, réparties tout autour, montrent une diversité sensorielle plus importante, caractérisée par des odeurs de foin (BE24), de tilleul (AU21) ou de queue (AU14). Pour la suite de l'étude, l'eau-de-vie BE06 a été exclue en raison de son défaut trop marqué.

Profil sensoriel

Parmi les 20 descripteurs sensoriels évalués, la moitié permettent de différencier les eaux-de-vie (ANOVA à deux facteurs, EDV et juge, avec un seuil de 7%). L'eau-de-vie AU22 apparaît comme très intense sur les odeurs d'acétate d'éthyle et AU21 présente des odeurs de tilleul. Globalement, les eaux-de-vie de Bérudge semblent avoir un profil aromatique avec des odeurs d'amande amère/noyau mais aussi de pâtisserie (fig. 4).

Tableau 3 | Temps de rétention des différents composés analysés.

Composés	Temps de rétention (min)
Acetaldehyde	3,34
Méthanol	3,57
Ethanol	5,32
Acétone	6,02
2-propanol	6,49
1-propanol	9,97
Acétate d'éthyle	11,92
2-butanol	12,68
2-méthylpropanol	15,65
1-butanol	19,58
3-méthylbutanol	28,69
2-méthylbutanol	29,15
Acétate d'isobutyle	30,32
Lactate d'éthyle	37,3
1-hexanol	36,27
Méthionol	41,78
Phenylethanol	43,267

La figure 5 représente les résultats de l'analyse factorielle multiple, qui permet de positionner les eaux-de-vie conjointement à partir des résultats sensoriels et chimiques. Compte tenu de son odeur marquée d'acétate d'éthyle couplée à une analyse importante de cette même molécule (12009 mg/l AA), l'eau-de-vie AU22 a été retirée de l'analyse statistique pour être positionnée seulement de manière illustrative (et donc sans influence sur le positionnement des autres produits). Le principal facteur de différenciation (38,42% de la variabilité expliquée) permet de séparer les eaux-de-vie de Bérudge, sur la gauche, des non-Bérudges, à droite. Ainsi, il existe bien des éléments sensoriels et chimiques permet-

tant de différencier les Bérudges des autres eaux-de-vie de prune. Le gradient de typicité est très fortement corrélé au premier axe ($r = -0,88$). Au sein des quatre Bérudges, deux groupes se distinguent, BE01 et BE12 vers le bas et BE03 et BE11 vers le haut, correspondant aux deux meilleurs exemples de Bérudge pour les premiers. Parmi les non-Bérudges, AU21 est une eau-de-vie de mirabelle et apparaît comme celle qui s'oppose le plus aux eaux-de-vie de Bérudge (AU16 et BE24 étant respectivement des prunes de Damas et de Cressier).

En termes de caractérisation sensorielle, les Bérudges ont des arômes de noyau plus marqués (moyenne de 3,11, contre 1,33 pour les non-Bérudges), ainsi que des notes de pâtisserie plus intenses (moyenne de 2,92, contre 1,10). BE03 et BE11 présentent également des odeurs de prune et pruneau et sont rejointes par AU16 et BE24 sur cette caractéristique sensorielle. AU21 a été décrite avec des odeurs végétales, de tilleul et de foin couplées avec un peu de tête de distillation.

Les notes de typicité sont corrélées positivement avec les arômes d'amande amère ($r = 0,82$) et de pâtisserie ($r = 0,87$), mais également la longueur aromatique ($r = 0,57$), la pureté aromatique du fruit ($r = 0,6$) et le gras en bouche ($r = 0,75$). A l'inverse, la typicité est corrélée négativement avec les défauts tels que les têtes ($r = -0,73$), l'acétate d'éthyle ($r = -0,72$) et l'acide acétique ($r = -0,73$).

Concernant les variables chimiques, les Bérudges présentent des concentrations plus importantes de méthanol (respectivement 10520 contre 8785 mg/l AA), de 1-propanol (moyenne de 2864 contre 1388 mg/l AA) et de 2-méthyl-1-butanol (369 contre 249 mg/l AA).

La production de méthanol se fait par l'activité de la pectine méthyl-estérase lors du mûrissement du fruit. Ainsi, les teneurs en méthanol augmentent avec la maturité des prunes (Ducruet *et al.* 2010), sans toutefois dépasser les valeurs limites. Traditionnellement, l'eau-de-vie de Bérudge est élaborée avec des fruits dont la maturité se fait exclusivement sur l'arbre. Les prunes sont récoltées au sol lors de plusieurs passages et tombent donc naturellement des arbres, une fois à maturité.

Les teneurs en alcools supérieurs, dont le 1-propanol et le 2-méthyl-1-butanol font partie, sont liées à l'activité fermentaire. Leur concentration dans le distillat augmente avec la quantité d'acides aminés présents dans les purées de fruits (Winterová, Mikulíková, Mazáč & Havelec 2008) et se retrouvent généralement dans les queues de distillation. Ces alcools sont déterminants pour le profil aromatique des eaux-de-vie (DaPorto 2002), auxquelles ils confèrent un goût

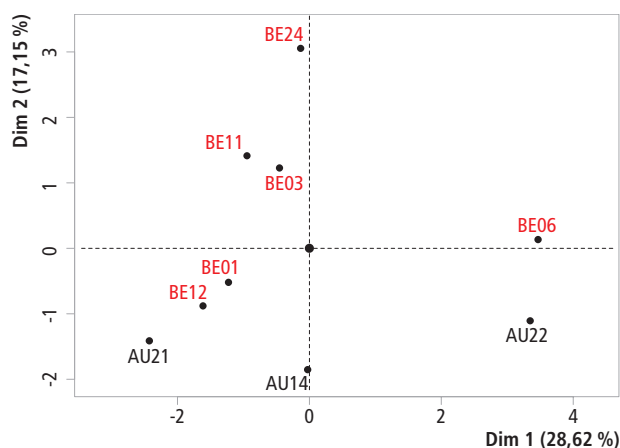


Figure 3a | Positionnement moyen des neuf eaux-de-vie sur la base de leurs ressemblances olfactives. Plus deux eaux-de-vie sont proches sur le graphique, plus elles ont été considérées comme similaires.

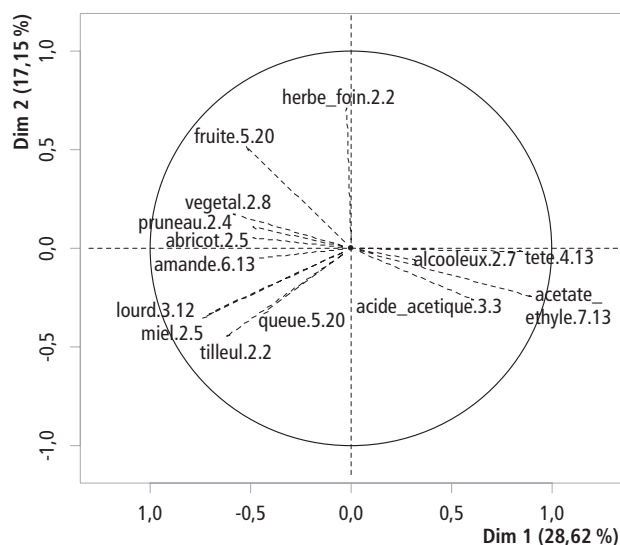


Figure 3b | Projection des termes cités spontanément avec leur fréquence de citation (nombre maximal de citation pour une même eau-de-vie, somme de toutes les citations de ce terme).

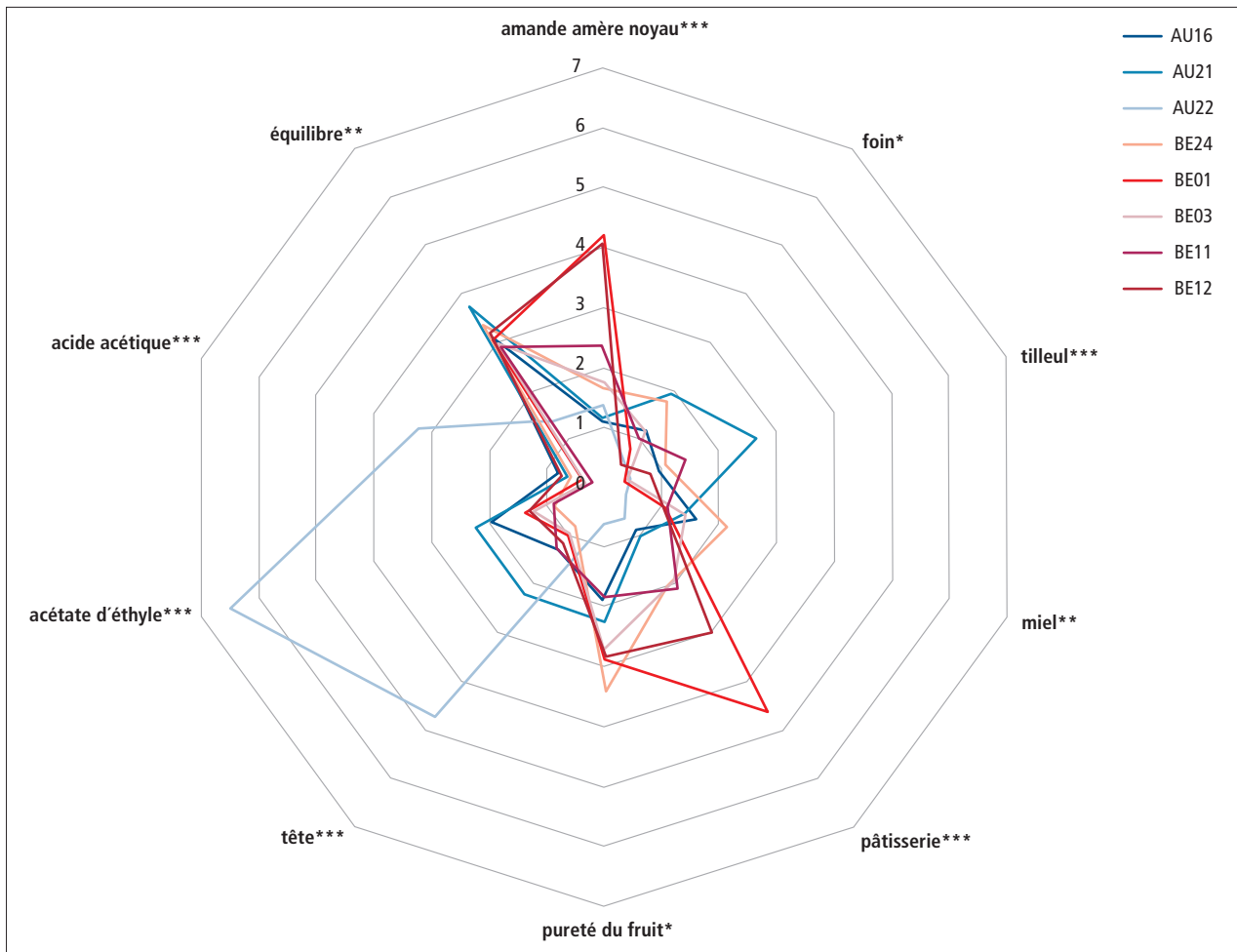


Figure 4 | Moyennes des huit eaux-de-vie pour les descripteurs significatifs. En teinte rouge, les cinq eaux-de-vie de Bérudge et, en bleu, les trois eaux-de-vie non-Bérudge (seuil de significativité: *** < 0,001, ** < 0,05 et * < 0,10).

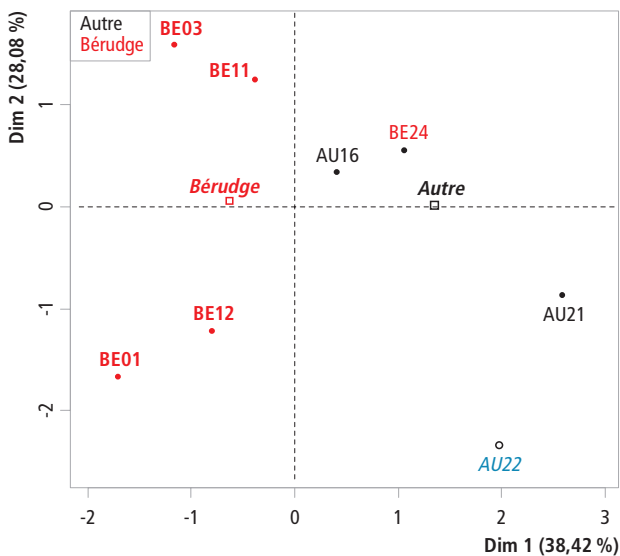


Figure 5a | Positionnement relatif des sept eaux-de-vie (AU22 est seulement en illustratif) et du barycentre de chaque catégorie (Bérudge et autres). En gras, les quatre eaux-de-vie considérées comme de bons exemples.

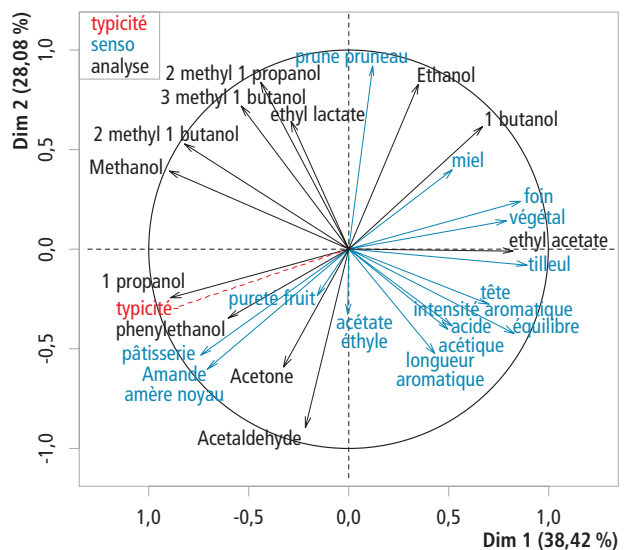


Figure 5b | Descripteurs sensoriels (bleu) et chimiques (noir) de l'analyse. Le gradient de typicité est projeté de manière illustrative.



et une odeur forts et piquants (Silva & Malcata 1999). Cet aspect mériterait donc d'être amélioré en encourageant les producteurs à mieux sélectionner les cœurs de distillation.

Conclusions

- Parmi l'espace produit des eaux-de-vie de prune, les Bérudges semblent avoir des caractéristiques sensorielles communes, bien qu'elles se confondent régulièrement avec d'autres eaux-de-vie de prune.
- La description sensorielle des quatre eaux-de-vie de Bérudge les plus représentatives comparativement aux quatre non-Bérudges les moins représentatives a permis de faire ressortir le fait qu'une eau-de-vie de Bérudge doit:
 - être exempte de défaut (tête ou queue de distillation, acide acétique, etc.);
 - avoir une aromatique avec une pureté du fruit (prune), des arômes d'amande amère type pâtisserie et une bonne longueur aromatique;
 - posséder en bouche un bon niveau d'onctuosité et de gras.
- L'eau-de-vie de mirabelle était la plus différente des Bérudges, contrairement à la prune de Damas, qui tendait à plus de similitudes sensorielles.
- Les analyses chimiques montrent que le processus d'élaboration fait pleinement partie de la typicité finale du produit, notamment avec une recherche de maturité des fruits importante. De même, le processus de distillation mériterait d'être amélioré, notamment en relevant plus encore les queues de distillation. ■

Remerciements

Les auteurs remercient les producteurs de Bérudge pour la confiance accordée à Changins. Un grand merci également aux professionnels qui ont participé aux dégustations et aux panélistes de Changins.

Bibliographie

- Deneulin P., Danthe E., Rebenaque P. & Ducruet J. (2014). Typicité sensorielle de l'Absinthe et dégustation pour l'agrément en IGP. *Revue suisse Viticulture Arboriculture Horticulture* **46**(2), 118–125.
- Ducruet J., Deneulin P., Fleury D., Defayes A., Baumgartner D., Wang M. & Coutant C. (2010). Maturité du Luizet et qualité des eaux-de-vie d'abricots. *Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture*, **42**(6), 342–349.
- Pagès J., Deneulin P. & Asselin C. (2004). Recherche méthodologique pour une caractérisation du cépage Chenin: application au «Rendez-vous du Chenin». *Revue française d'œnologie*, **208**, 35–39.
- Silva M. L. & Malcata F. X. (1999). Effects of time of grape pomace fermentation and distillation cuts on the chemical composition of grape marcs. *European Food Research and Technology* **208**(2), 134–143.
- Vauthier B. (2011). Le patrimoine fruitier de suisse romande. Fruits d'aujourd'hui et pomologie. La Bibliothèque des Arts, Ed.
- Winterová R., Mikulíková R., Mazáč J. & Havelec P. (2008). Assessment of the authenticity of fruit spirits by gas chromatography and stable isotope ratio analyses. *Czech Journal of Food Sciences* **26**(5), 368–375.

Summary ■ **Definition of a sensory space specific to Bérudge spirits.** Producers and distillers of the “Région des Trois-Lacs” have begun a process for recognition of their Bérudge spirit as Protected Designation of Origin (PDO). These brandy are mainly produced from plum of Cornaux and Andrière, or similar morphologically varieties. In this recognition process, tasting sessions permitted to identify the specific sensory characteristics of the Bérudge spirit. In addition to plum odors, these spirits have pastry aromas added up to unctuousness in mouth. Finally, chemical analyzes highlighted the high maturity of the fruits.

Key-words: Bérudge spirit, Protected Geographical Indication (PGI), typicality, tasting, sensory characteristics, chemical analysis.

Zusammenfassung ■ **Definition eines sensorischen Bereiches, spezifisch für Bérudge-Branntwein.** Die Produzenten und Brennereien in der 3-Seen-Region haben ein Verfahren zur Anerkennung der geschützten Ursprungsbezeichnung (AOP) für Bérudge-Branntwein eingeleitet. Diese Branntweine werden hauptsächlich aus Pflaumen, Prunes de Cornaux und Andrière, oder aus morphologisch nahen Sorten hergestellt. Im Rahmen dieses Erkenntnisprozesses konnten die spezifischen sensorischen Eigenschaften für Bérudges-Branntweine identifiziert werden. Zusätzlich zu Pflaumengerüchen offenbarten sich Aromen von Backwaren gepaart mit einer Geschmeidigkeit im Gaumen. Schliesslich zeigten chemische Analysen die gute Reife der Früchte.

Riassunto ■ **Definizione di uno spazio sensoriale specifico per le acquaviti di Bérudge.** I produttori e distillatori della “Regione dei Tre Laghi” hanno iniziato una procedura per riconoscere una denominazione di origine protetta (DOP) per le acquaviti di Bérudge. Si trattano di acquaviti principalmente elaborate con prugne di Cornaux e Andrière o con delle varietà morfologicamente simili. Nel contesto di quest’ approccio, delle degustazioni hanno permesso di lavorare sulle caratteristiche sensoriali specifiche di Bérudges. Oltre agli odori di prugna, queste acquaviti rivelano aromi di pasticceria abbinati a morbidezza in bocca. Infine, le analisi chimiche hanno permesso di evidenziare la grande maturità dei frutti.

Facteurs de variation de la qualité gustative et nutritionnelle des fraises

Christoph CARLEN, Anne-Marie POTEL, Pamela CRESPO, Zo-Norosoa ANDRIANJAKA-CAMPS
et André ANÇAY, Agroscope, 1964 Conthey, Suisse

Renseignements: Christoph Carlen, e-mai: christoph.carlen@agroscope.admin.ch



La variété de fraise Clery est actuellement la plus importante en Suisse.

Introduction

La fraise est un fruit très apprécié en Suisse. Elle apparaît en quatrième position en termes de quantité de fruits consommés, après la pomme, l'orange et la banane (Rapport agricole 2019 de l'OFAG). La production suisse vise exclusivement le marché frais local et repose sur une qualité gustative élevée des baies (photo 1). Si l'aspect du fruit joue un rôle important pour les consommateurs lors de l'achat, le plaisir et la santé sont les motivations principales à la consommation des fraises. De multiples tests de consommateurs, mis en relation avec des analyses des fruits, ont montré que la qualité telle qu'appréciée par les consommateurs est mesurable rapidement et objectivement par l'analyse de la teneur en sucre et la me-

sure de la teneur en volatils globaux (arômes) (Carlen *et al.* 2001; Carlen et Ançay 2003).

Depuis que de nombreuses études ont montré qu'une alimentation riche en antioxydants et en molécules bioactives réduit le risque de cancer, de maladies cardio-vasculaires et neurodégénératives, de diabète type II et d'inflammation, la fraise peut être considérée comme une importante source de composés bénéfiques pour la santé en raison de sa teneur élevée en vitamine C, en anthocyanines et en autres composés phénoliques (Giampieri *et al.* 2015).

La fraise n'est pas commercialisée sous le nom de la variété. D'importantes fluctuations de la qualité gustative et nutritionnelle de la fraise ont souvent été observées et critiquées. L'objectif de cet article est de résumer les principaux résultats obtenus ces dernières an-



Photo 1 | Production des fraises sous tunnel.

nées par Agroscope sur les facteurs influençant la qualité gustative et nutritionnelle, comme le génotype, l'environnement, l'état physiologique de la plante et les paramètres de récolte.

Matériel et méthodes

Matériel végétal, plantation et conduite de la culture

Les essais présentés dans cet article ont été menés à Conthey (480m; sol avec pH 7,7 et 3,6% de matière organique; 23% argile, 44% silt, 33% sable; 46°12' N/7°18' E) ou à Bruson (1060m; sol avec pH 6,8 et 3,6% de matière organique; 16% argile, 35% silt, 49% sable; 46°04' N/7°18' E). Des plants «frigo» ou des plants mottés ont été utilisés, mis en terre de mi-juillet à début août, en fonction de l'année, à une densité de 4 plants/m², sur buttes mono-ligne. Ces buttes ont été recouvertes de plastique noir. Le tunnel plastique de type fraise (5m de largeur) a été monté en mars. A Bruson, il n'y avait en général pas de tunnel plastique.

L'apport d'éléments fertilisants et d'eau aux plantes a été assuré par la fertigation. Les analyses minérales du sol ont permis d'ajuster les quantités d'apports de fertilisants en fonction des normes établies pour la culture des fraises (en kg par hectare: 100 N, 60, 180 K₂O et 35 Mg) (Carlen et Ançay 2017). Quant au calendrier des apports, il est fractionné en deux périodes (automne et printemps). Au printemps, la solution nutritive a été appliquée une fois par semaine, de la reprise de végétation à la mi-récolte. L'irrigation a été pilotée à partir des relevés des tensiomètres (irrigation de 20mm d'eau dès que 30cbar à 20cm de profondeur du sol sont dépassés). Les traitements phytosanitaires ont été appliqués conformément aux directives de la production intégrée (Steffek *et al.* 2003).

Résumé ■ La production suisse de fraise vise le marché frais local. D'importantes fluctuations de la qualité des fraises sont observées par les consommateurs. L'objectif de ces études a été d'analyser les facteurs de variation de la qualité gustative et nutritionnelle des fraises. Ces études ont montré le rôle primordial de la variété sur la qualité gustative et nutritionnelle des fraises. Le rapport feuille/fruit est vraisemblablement un élément essentiel à considérer pour expliquer les différences variétales et pour l'amélioration de la qualité des fraises. Les effets environnementaux comme l'altitude, la latitude et le tunnel plastique ont une très grande importance pour la formation du rendement en fruits, mais influencent moins les composantes de la qualité des fraises. Au sein d'une même variété le stade de maturité influence la qualité nutritionnelle et gustative des fraises d'une manière importante, notamment les arômes en fin de maturation. Cependant la période de récolte a influencé principalement les propriétés gustatives et non pas les propriétés nutritionnelles des fraises.

Récolte, surface foliaire, qualité

La récolte a été réalisée en trois passages par semaine (photo 2). Le tri des fruits par appréciation visuelle a été effectué selon des critères de calibre (diamètre supérieur à 25mm) et sur l'aspect extérieur du fruit (déformation, couleur hétérogène, problèmes sanitaires, etc.). La somme des fruits de 1^{er} choix et des déchets donne le rendement total. Le poids moyen des fruits a été mesuré lors de chaque récolte en divisant le poids d'une barquette par le nombre de fruits qu'elle contenait.

La mesure de la surface foliaire a été effectuée directement après la dernière récolte. Les feuilles de cinq plantes consécutives par répétition ont été prélevées. Ces feuilles ont été comptées et mesurées au planimètre (Area Meter 3000, LiCor).

Les paramètres qualitatifs analysés ont été la teneur en sucre, en acidité et en arômes, ainsi que la fermeté des fruits. Pour les mesures de la teneur en sucre, en acidité titrable et en arômes, les jus de fraise ont été

préparés à l'aide d'un mixeur de type Kenwood professionnel (Kenwood, Etats-Unis). La teneur en sucre des fruits a été mesurée au réfractomètre (exprimé en °Brix) (Atago, PR-1, Kunzmann, Suisse). L'acidité titrable (exprimée en grammes d'acide citrique par litre) a été déterminée par titration d'un échantillon de 10g à un pH de 8,1 avec 0,1 M NaOH avec le titrateur Metler DL 25 (Mettler-Toledo, Suisse). La fermeté des fruits a été mesurée au Durofel (Coppa Technologie SA/Ctifl, France), exprimée avec l'Indice Durofel (embout plat d'une surface de 0,5 cm²).

Les mesures de composants volatils globaux (arômes) ont été réalisées par une méthode modifiée de celle décrite par Carlen *et al.* (2001) et Azodanlou *et al.* (2003) avec des fibres PDMS (Polydiméthylsiloxane avec une épaisseur de 100 µm, Supelco Co., Etats-Unis), un gaz chromatographe (Carlo Erba HRGC 5300, Carlo Erba S.p.A., Italie) et un détecteur FID (flame ionization detector). La réponse fournie par cet appareil se traduit sous la forme d'un signal.

Les analyses de la teneur en phénols totaux, en anthocyanines et en molécules bioactives comme la vitamine C et la pélagonidine-3-glucoside des fraises, ainsi que les analyses de la capacité antioxydante (DPPH) sont décrites par Crespo *et al.* (2010), Michalska *et al.* (2017) et Andrianjaka-Camps *et al.* (2017).

Dispositif expérimental et statistiques

Dans les essais présentés, le dispositif expérimental (bloc aléatoire complet) a été composé de quatre répétitions. La différence des effets de procédés a été calculée au moyen d'une analyse de variance. Lorsque les différences étaient significatives, le test de Tukey ou le test PPDS (LSD) a été effectué (SigmaStat, SPSS).



Photo 2 | Le succès de la variété Clery est basé sur sa stabilité des rendements en fruits dans diverses conditions environnementales.

Résultats et discussion

Variétés et variations de la qualité des fruits

Afin d'évaluer l'effet du génotype ou de la variété sur la valeur gustative et nutritionnelle des fraises, dix variétés (Antea, Asia, Cléry, Darselect, Elsanta Manille, Matis, Sonata, Sveva et Yamaska) ont été évaluées durant deux ans en plein champ, sous tunnel plastique, à Conthey (VS) et en altitude à Bruson (VS). L'effet de la variété a été important sur le rendement en fruits ainsi que sur la qualité gustative, notamment la teneur en sucre, avec des valeurs comprises entre 8,3% et 9,5% Brix (tabl. 1). Cependant, l'effet de la variété a été très important et significatif quant à leur teneur en vitamine C (de 41,8 à 85,0 mg/g MS), leur capacité antioxydante (de 772 à 1327 µmol équivalent Trolox/100g), leur teneur en anthocyanines (de 14,1 à 25,9 mg/g MS), en phénols totaux (de 94,8 à 138,2 µmol équivalent Gallic Acid/g MS) (tabl. 2). La pélagonidine-3-glucoside s'est avérée être l'anthocyanine prédominante dans toutes les variétés, représentant entre 75% et 94% de la teneur totale en anthocyanines (Crespo 2010; Crespo *et al.* 2010). Les grandes variations des variétés concernant les composés bénéfiques pour la santé offrent de nombreuses possibilités pour la sélection de variétés à valeur nutritionnelle particulière.

Aucune des variétés testées n'a combiné une valeur gustative et nutritionnelle élevée avec une pro-

Tableau 1 | Effets de la variété sur les rendements en fruits, le poids moyen et de la teneur en sucre des fraises. Les 10 variétés testées ont été cultivées pendant deux ans dans 3 environnements différents (= 6 environnements). Les valeurs correspondent à la moyenne de 6 environnements et 4 répétitions avec le coefficient de variance (CV en %) pour ces 6 environnements (adapté selon Crespo, 2010).

Variétés	Rendement en fruits		Poids moyen des fruits		Teneur en sucres des fruits	
	g/plant	CV (%)	g/fruit	CV (%)	%Brix	CV (%)
Antea	463	25	14,8	17	9,1	9
Asia	524	46	26,4	24	9,1	5
Clery	540	13	17,4	16	8,9	7
Darselect	513	22	20,6	18	9,2	5
Elsanta	531	28	17,5	11	9,0	7
Manille	386	43	11,8	19	9,5	12
Matis	554	17	17,8	19	8,3	5
Sonata	624	27	17,5	17	8,9	7
Sveva	462	36	19,6	27	9,3	9
Yamaska	486	38	20,0	15	8,4	7
PPDS.05	153		3,5		0,9	

PPDS: plus petite différence significative

ductivité importante. A noter cependant que la variété Clery a montré dans l'ensemble les meilleures performances.

Environnement et variations de la qualité des fruits

L'essai avec les dix variétés et trois conditions de croissance très différentes a été mené pendant deux ans et a montré des effets contrastés sur la production de fruits et la qualité des fruits (tabl. 1 et 2). Les coefficients de variation très élevés pour les rendements (CV de 30% en moyenne des dix variétés) soulignent la grande importance des facteurs du climat pour le développement de la plante, l'initiation florale et la formation des fruits (Crespo *et al.* 2009; Crespo *et al.* 2010; Crespo 2010). La teneur en sucre (%Brix) et en composés liés à la santé (capacité antioxydante, phénols totaux, vitamine C) avait des coefficients de variation nettement moins importants (de 7,5% à 16,9%). Cela indique que l'environnement influence les caractéristiques de qualité du fruit d'une manière moins importante que le rendement.

La variation du rendement et de la composition des fruits en fonction du site de production a été spécifique pour chaque génotype. La plus grande stabilité aux différentes conditions environnementales a été démontrée par la variété Clery. La stabilité du rendement, en particulier, pourrait être un facteur clé du succès de Clery (Carlen et Krüger 2009; Carlen et Crespo 2012).

L'effet de l'environnement sous diverses latitudes sur le rendement et la qualité des fruits a été évalué

sur cinq sites allant du sud au nord de l'Europe (Italie, Suisse, Allemagne, Danemark, Norvège) avec les variétés de fraises Elsanta, Korona et Clery (Krüger *et al.* 2012; Josuttis *et al.* 2012). Les variations de rendement étaient surtout en lien avec la gestion des cultures et des stress biotiques dans les différents sites et n'ont pas pu être attribuées à la latitude. Néanmoins, la teneur en sucre des fruits a été influencée par la latitude, avec en général les valeurs les plus élevées dans les sites nordiques. Cependant, les échantillons du nord présentaient principalement des quantités d'anthocyanines plus faibles que ceux du sud et, de plus, la distribution des anthocyanines individuelles était différente (Josuttis *et al.* 2012). En revanche, la teneur en vitamine C et la capacité antioxydante étaient généralement plus élevées dans les latitudes élevées. Pour toutes ces observations, les variétés ont réagi en général de manière similaire et les variations de rendement et de qualité des fruits ont été nettement plus influencées par le génotype que par la latitude.

En conclusion, ces deux travaux montrent que les effets de la variété étaient généralement beaucoup plus importants que les effets environnementaux sur les différents caractères des fruits, comme la qualité gustative et nutritionnelle.

Rapport feuille/fruit et variations de la qualité des fruits

Des tests de consommateurs ont montré que la teneur en sucre et en arômes sont des critères importants

Tableau 2 | Effets de la variété sur la capacité antioxydante des fruits, sur les teneurs en phénols totaux, en vitamine C et en anthocyanines (exprimées par gramme de matière sèche). Les variétés ont été cultivées pendant deux ans dans 3 environnements différents (= 6 environnements). Les valeurs correspondent à la moyenne de 6 environnements et 4 répétitions avec le coefficient de variance (CV en %) pour les 6 environnements (adapté selon Crespo, 2010).

Variétés	Capacité antioxydante		Phénols totaux		Vitamine C		Anthocyanines	
	μmol TE/g MS	CV (%)	μmol GAE/g MS	CV (%)	mg/g MS	CV (%)	mg/g MS	CV (%)
Antea	152,4	16	138,2	15	9,7	12	1,9	19
Asia	102,2	10	95,0	5	6,1	13	2,4	6
Clery	116,8	10	111,4	7	7,1	10	3,1	18
Darselect	129,5	16	129,2	14	7,3	15	2,3	18
Elsanta	122,8	12	123,7	13	8,2	12	2,3	19
Manille	105,0	9	97,5	8	6,7	7	2,7	15
Matis	95,7	17	100,4	18	5,3	17	2,7	18
Sonata	89,7	20	94,8	21	5,4	20	2,2	31
Sveva	129,4	11	129,2	8	7,0	12	1,5	14
Yamaska	114,8	13	113,8	10	8,4	11	2,4	11
PPDS.05	20,7		20,6		1,2		0,5	

TE: Trolox équivalent; GAE: «Gallic Acid» équivalent; PPDS: plus petite différence significative.



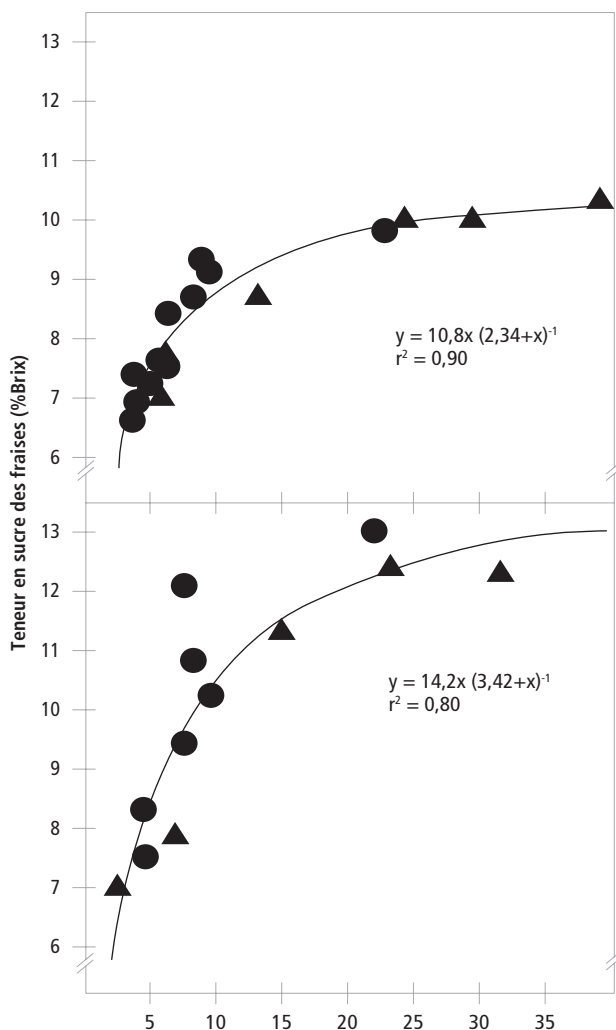


Figure 1 | Rapport feuille-fruits (cm² g⁻¹; surface foliaire totale par plante par rapport au rendement en fruits) et la teneur en sucre (%Brix) des fruits 10 à 14 jours après le début de la récolte pour deux années. Le graphique est composé de données d'un essai variétal (●) et de données d'un essai avec réduction des feuilles et des fleurs (▲) menés sur la même parcelle (selon Carlen *et al.*, 2007).

de définition de la qualité gustative des fraises (Carlen et Ançay 2003). La formation des sucres et des arômes et leur acheminement vers les fruits sont donc deux étapes déterminantes pour obtenir de bons fruits. En comparant des variétés ou des procédés avec et sans diminution des feuilles et des inflorescences, la teneur en sucre et en arômes des fruits a été mise en relation avec différents paramètres du fraisier, afin de mieux comprendre ces processus physiologiques, (Henriot *et al.* 2002; Carlen *et al.* 2005; Carlen *et al.* 2007; Carlen *et al.* 2009). Aucune corrélation significative n'a été obtenue entre le rendement, la surface foliaire, la photosynthèse et la teneur en sucre des fruits. En revanche, il apparaît très clairement que le rapport feuille/fruit est le facteur le plus corrélé et en arômes des fruits (tabl. 3). Plus la surface foliaire disponible par quantité de fruits récoltés est élevée, plus la concentration en sucre et en arômes des fruits est favorisée.

Les relations entre le rapport feuille/fruit des différentes variétés et les teneurs en sucre de leurs fruits ont été étroites (fig. 1). Le critère du rapport feuille/fruit s'est révélé être un bon indicateur pour expliquer la variation de la teneur en sucre entre variétés. Plus la surface foliaire disponible par quantité de fruits récoltés est élevée, plus la concentration en sucre des fruits est favorisée. La courbe d'ajustement indique que les taux de sucres des fruits ont cessé de progresser lorsque la surface foliaire par gramme de fruits a atteint environ 15 cm². Les raisons de cette stagnation de l'accumulation des sucres peuvent être multiples. Avec l'augmentation de la surface foliaire, la superposition des feuilles augmente et fait qu'une partie des feuilles est ombragée avec une activité photosynthétique réduite (Potel 2003; Carlen *et al.* 2009).

Autre raison possible, l'acheminement des sucres vers les fraises est limité dès qu'un certain taux de sucre est atteint dans le fruit. Des relations similaires

Tableau 3 | Influence de la réduction des inflorescences (50%) et des feuilles (50%) du fraisier à la floraison sur le rendement en fruits, la surface foliaire, le rapport feuille-fruit et la teneur en sucre des fruits. Les valeurs correspondent à la moyenne de deux années et quatre répétitions (adapté selon Carlen *et al.*, 2007).

Variétés	Ciflorette			Marmolada		
	Contrôle	Réduction feuilles	Réduction fleurs	Contrôle	Réduction feuilles	Réduction fleurs
Rendement en fruits (g/plante)	194 a	207 a	144 b	692 a	533 b	428 c
Surface foliaire (cm ² /plante)	5247 a	4164 b	5131 a	3741 b	2241 c	4461 a
Rapport feuille-fruit (cm ² /g)	26,4 ab	19,6 b	35,2 a	5,3 b	4,3 c	10,1 a

Les lettres différentes indiquent des différences significatives (test de Tukey, p<0,05) entre procédés par variété.

entre le rapport feuille/fruit et la teneur en sucre des fruits ont été décrites pour plusieurs espèces fruitières et la vigne.

Le rapport feuille/fruit est vraisemblablement un élément essentiel à considérer pour l'amélioration de la qualité gustative des fraises. Ceci d'autant plus qu'il semble avoir un effet positif sur les teneurs en arômes des fraises (Henriot *et al.* 2002; Carlen *et al.* 2007). Etablir un rapport feuille/fruit optimal pour le fraisier à travers le choix de la variété et/ou des techniques culturales permettra à l'avenir de mieux concilier qualité et quantité.

Stades de maturation et variations de la qualité des fruits

Des analyses de fraises effectuées à différents stades de maturité ont montré que les teneurs en sucre et en composants volatils évoluent de façon différente lors du mûrissement (Carlen *et al.* 2005). Pour quatre variétés analysées, le taux de sucre a augmenté régulièrement et constamment du stade fruit blanc jusqu'au stade fruit rouge 4/4, et reste relativement stable dès que ce stade est atteint (fig. 2). Quant à l'évolution de la teneur en arômes, elle reste assez stable et à un niveau bas jusqu'au stade fruit rouge 1/2 (fig. 3). Puis, entre les

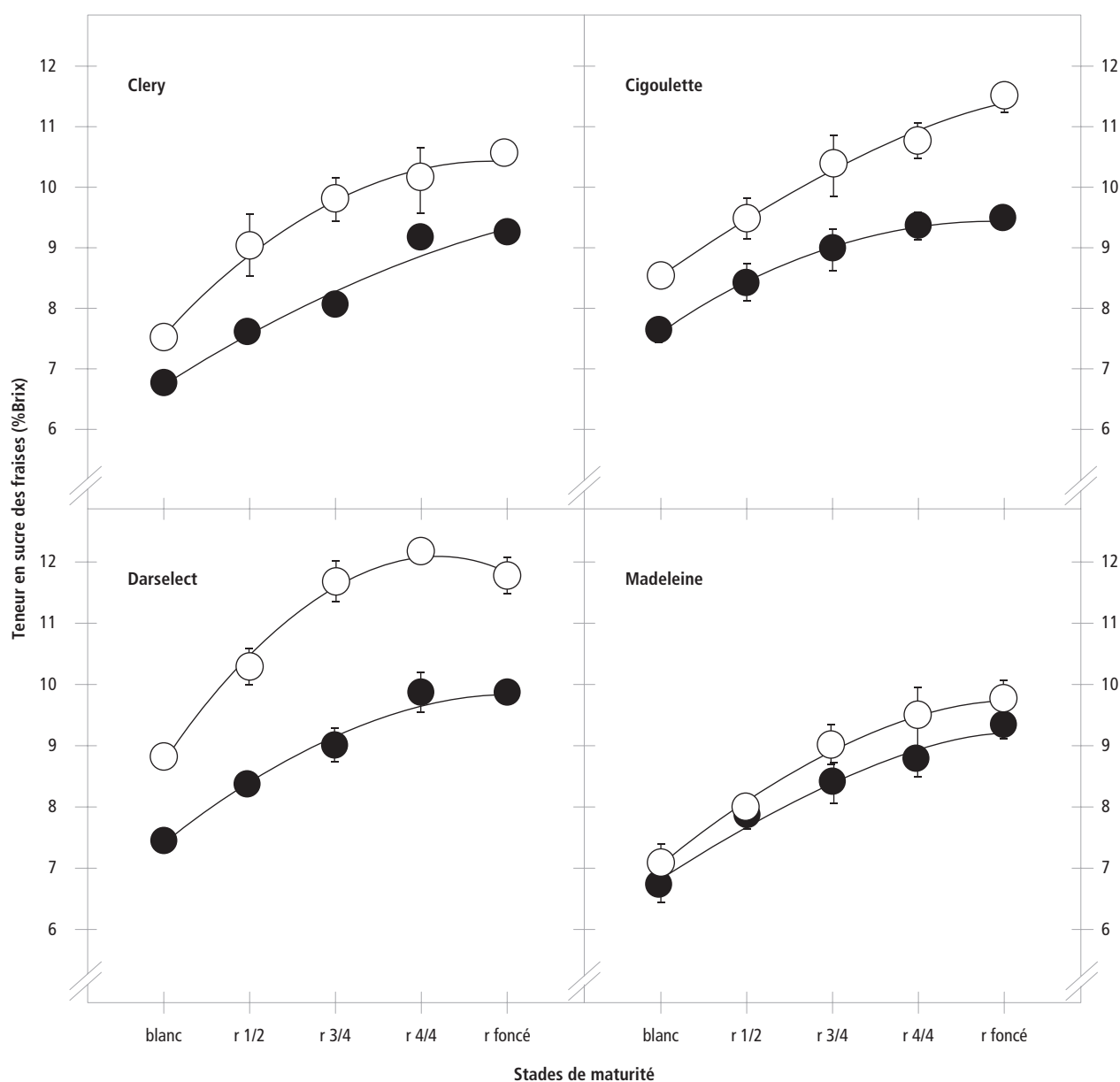


Figure 2 | Relations entre les stades de maturité de la fraise (fruit blanc, fruit rouge 1/2, fruit rouge 3/4, fruit rouge 4/4, fruit rouge foncé) et la teneur en sucre des fruits (°Brix) 7 jours (●) et 14 jours (○) après début de la récolte pour quatre variétés. Les symboles correspondent à la moyenne de quatre répétitions. Les barres verticales représentent l'erreur standard (\pm) (selon Carlen *et al.*, 2005).

stades fruit rouge 3/4 et fruit rouge 4/4, les arômes se sont fortement développés, doublant leur teneur dans les fruits. Ces résultats sont confirmés par Andrianjaka-Camps (2017). Le développement des arômes de fraises, notamment les esters responsables pour les arômes typiques, s'effectue donc dans la dernière phase de la maturation après le stade fruit rouge 3/4.

En plus des arômes, les teneurs en anthocyanines ont aussi fortement augmenté en fin de maturation, du stade fruit rouge 1/2 au stade fruit rouge 4/4 (fig. 4). Cette augmentation a évolué d'une manière plus ou moins identique dans les tissus externe et interne du fruit. Les phénols totaux et la capacité antioxydante

ont été stables durant la maturation, en considérant la totalité du fruit. Cependant, le développement des phénols totaux et la capacité antioxydante se sont développés différemment dans les tissus externe et interne du fruit (fig. 4). Durant la maturation, ces deux paramètres ont diminué dans le tissu externe et augmenté dans le tissu interne.

Ces analyses en lien avec le stade de maturation des fraises montrent que pour assurer une bonne qualité des fraises tant sur les plans visuel et gustatif que nutritionnel, le moment optimal de cueillette est le stade fruit rouge 4/4. Avant ce stade, les teneurs en sucre et surtout en arômes – deux facteurs déterminants pour la qualité

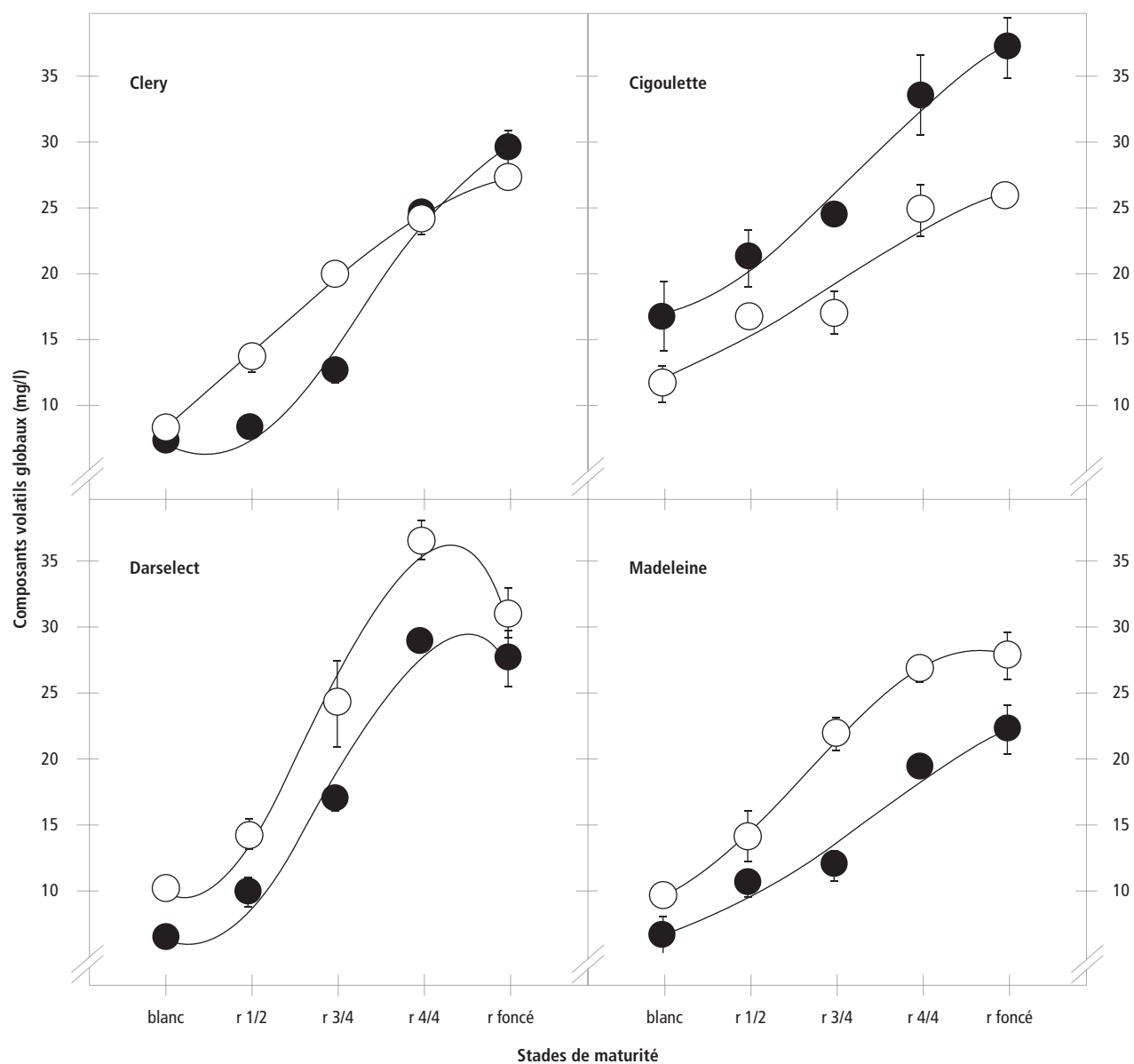


Figure 3 | Relations entre les stades de maturité de la fraise (fruit blanc, fruit rouge 1/2, fruit rouge 3/4, fruit rouge 4/4, fruit rouge foncé) et la teneur en composants volatils globaux des fruits 7 jours (●) et 14 jours (○) après début de la récolte pour quatre variétés. Les symboles correspondent à la moyenne de quatre répétitions. Les barres verticales représentent l'erreur standard (\pm) (selon Carlen *et al.*, 2005).

gustative – sont nettement plus basses. En contrepartie, les fraises cueillies au stade fruit rouge foncé en sur-maturité sont moins séduisantes et sont nettement moins résistantes au transport et à la conservation.

Période de récolte et variations de la qualité des fruits

La période de récolte influence fortement la teneur en sucre des fruits (Crespo 2010; Andrianjaka-Camps 2015). Pour la même plante, des variations d'environ 1,5 à 3,5 %Brix ont été enregistrées selon les variétés testées (fig. 5). La teneur en sucre des fruits a diminué légèrement en tout début de récolte. Puis, au fur et à mesure de l'avancement de la récolte, elle a augmenté pour atteindre le maximum vers la fin de récolte, lorsque le nombre de fruits sur la plante diminue. L'augmentation de la teneur en sucre des fruits en fin de récolte est probablement en lien avec le changement du rapport feuille/fruit. Le nombre de feuilles par plante est relativement stable, voire en léger accroissement durant la période de récolte (Potel 2003; Henriot *et al.* 2001). En revanche, le nombre de fruits à approvisionner en sucres diminue au fur à mesure de l'avancement de la récolte, ce qui se traduit par une augmentation de la teneur en sucre des fruits. Cependant, la teneur en antocyanines et en phénols totaux et la capacité antioxydante n'a pas varié durant la période de récolte (tabl. 4).

En conclusion, ces études ont confirmé la fluctuation importante de la teneur en sucre des fraises au sein d'une même variété au cours de la récolte. Cependant, la qualité nutritionnelle n'est que peu influencée par la période de récolte.

Tableau 4 | Relations entre le nombre de semaines après début de la récolte et le rendement en fruits, le poids moyen des fruits, la teneur en sucre (%Brix) et en anthocyanines des fraises et la capacité antioxydante des fruits de la variété Clery. Les valeurs correspondent à la moyenne de deux années et quatre répétitions. Les lettres différentes indiquent des différences significatives (test de Tukey, $p < 0,05$) (adapté selon Andrianjaka-Camps *et al.*, 2017).

Semaine après début de récolte	1	2	3	4	5
Rendement (g/plante)	55 c	185 a	180 a	93 b	25 b
Poids moyen par fruit (g/plante)	21,5 a	18,3 ab	15,1 b	10,9 c	8,5 c
Teneur en sucre (%Brix) ¹	8,8 c	8,1 c	8,7 c	10,0 b	11,2 a
Teneur en antocyanes (mg/100 g MF)	25	28	31	30	28
Capacité anti-oxydante (µmol TE/100 g MF)	878	880	934	952	982

Les lettres différentes indiquent des différences significatives (test de Tukey, $p < 0,05$) entre procédés par variété.

¹ Teneur en sucre des fruits (%Brix) mesurée 14 jours après le début des récoltes.

Conclusions

- Le choix de la variété joue un rôle primordial sur la qualité gustative et nutritionnelle des fraises.
- Les effets environnementaux comme l'altitude, la latitude et le tunnel plastique ont une très grande importance pour la formation du rendement en fruits, mais influencent

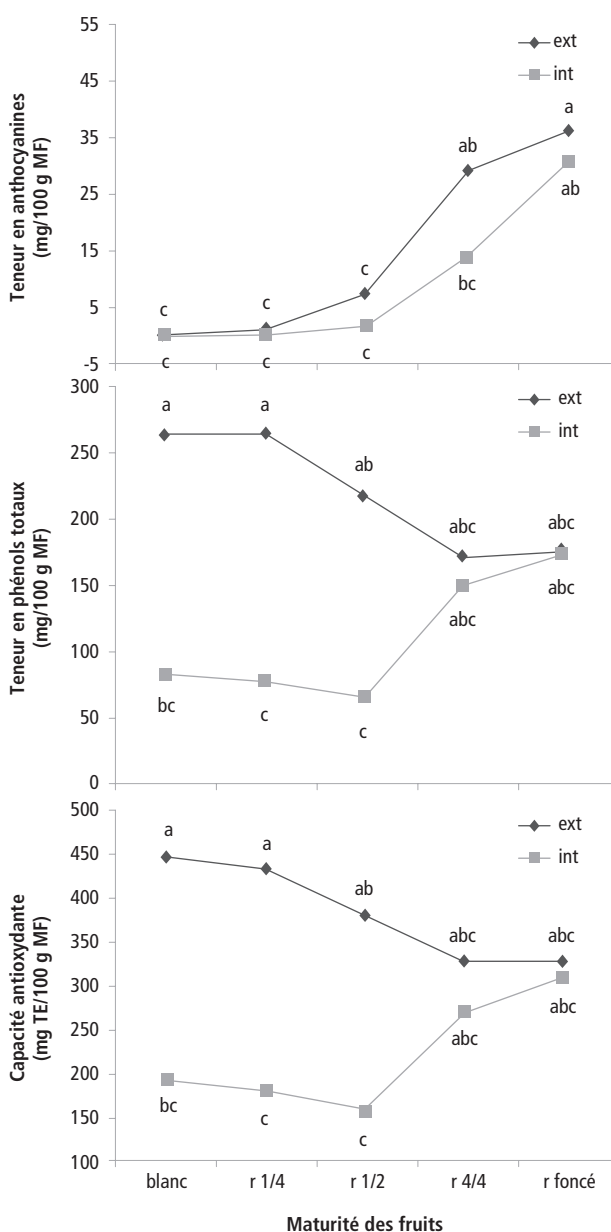


Figure 4 | Relations entre les stades de maturité de la fraise (cv. Clery) (fruit blanc, fruit rouge 1/4, fruit rouge 1/2, fruit rouge 4/4, fruit rouge foncé) et les teneurs en anthocyanines et en phénols totaux et la capacité antioxydante (TE: Trolox équivalent) dans les tissus internes (■) et externes (◆) du fruit. Les symboles correspondent à la moyenne de quatre répétitions. Des lettres différentes indiquent des différences significatives (test de Tukey, $p < 0,05$). (adapté selon Andrianjaka-Camps *et al.*, 2017).

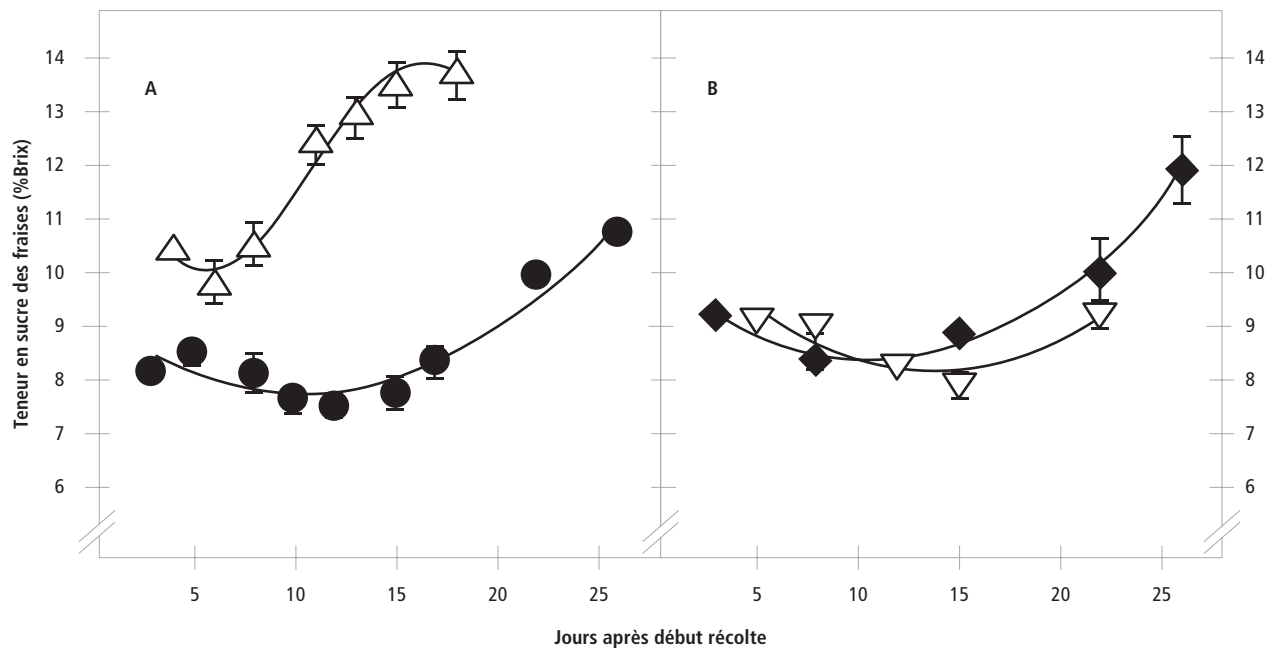


Figure 5 | Relations entre le nombre de jours après début de la récolte et la teneur en sucre des fraises (%Brix) pour les variétés de fraises Marmolada (A, ●) et Ciflorette (A, △), ainsi que Darselect (B, ◆) et Cley (B, ▽). Les symboles correspondent à la moyenne de quatre répétitions. Les barres verticales représentent l'erreur standard (\pm) (adapté selon Carlen *et al.*, 2005).

nettement moins la qualité gustative et nutritionnelle des fraises que les variétés.

- Au sein d'une même variété, le stade de maturité influence fortement la qualité nutritionnelle et gustative des fraises, notamment les arômes en fin de maturation. Cependant, la période de récolte a influencé principalement la qualité gustative et non pas la qualité nutritionnelle des fraises. ■

Remerciements

Les auteurs adressent leurs remerciements au groupe de recherche «Baies et Plantes médicinales» pour ses précieuses contributions.

Bibliographie

- Andrianjaka-Camps Z. N., Crespo P., Ançay A. & Carlen C., 2015. Strawberry 'Cley' Fruit Quality Evolution during Harvest. *Acta Horticulturae* **1099**, 225–232.
- Andrianjaka-Camps Z. N., Héritier J., Ançay A., Andlauer W. & Carlen C., 2017. Evolution of the taste-related and bioactive compound profiles of the external and internal tissues of strawberry fruits (*Fragaria x ananassa*) cv. 'Cley' during ripening. *Journal of Berry Research* **7**(1), 11–22.
- Carlen C., Ançay A., Terretaz R., Azodanlou R. & Tschabold J.-L., 2001. Mesure de la qualité gustative des fraises. *Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture* **33** (2), 81–86.
- Carlen C. & Ançay A., 2003. Measurement of the sensory quality of strawberries. *Acta Horticulturae* **604**, 353–360.
- Carlen C., Potel A.-M., Bellon C. & Ançay A., 2005. Qualité des fraises: effets de la variété, du rapport feuille/fruit, de la période de récolte et du stade de maturité. *Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture* **37**(2), 87–93.
- Carlen C., Potel A.-M. & Ançay A., 2007. Influence of leaf/fruit ratio of strawberry plants on the sensory quality of their fruits. *Acta Horticulturae* **761**, 121–26.
- Carlen C. & Krüger E., 2009. Berry Production in Changing Climate Conditions and Cultivation Systems: Further Research Requirements. *Acta Horticulturae* **838**, 225–228.

- Carlen C., Potel A.-M. & Ançay A., 2009. Photosynthetic response of strawberry leaves to changing temperatures. *Acta Horticulturae* **838**: 73–76.
- Carlen C. & Crespo P., 2012. Genotype, environment and cultivation: what will berry production be like in the future? *Acta Horticulturae* **926**, 381–386.
- Carlen C. & Ançay A., 2017. Fertilisation des cultures de baies. *Recherche Agronomique Suisse* **8** (6), publication spéciale, 1–14.
- Crespo P., Ançay A., Carlen C. & Stamp P., 2009. Strawberry cultivar response to tunnel cultivation. *Acta Horticulturae* **838**: 77–81.
- Crespo P., Bordonaba J. G., Terry L. A. & Carlen C., 2010. Characterization of major taste and health-related compounds of four strawberry genotypes grown at different Swiss production sites. *Food Chem.* **122**(1): 16–24.
- Crespo P., 2010. Variability of health and taste promoting compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits. Diss. ETH Zürich, 19164: 85 p.
- Giampieri F., Forbes-Hernandez T. Y., Gasparri M., Alvarez-Suarez J. M., Afrin S., Bompadre S., Quiles J. L., Mezzetti B. & Battino M., 2015. Strawberry as a health promoter: an evidence based review. *Food Funct.* **6** (5):1386–1398.
- Henriot C., Carlen C. & Ançay A., 2002. Influence de la photosynthèse, de la surface foliaire et du rendement sur la qualité gustative des fraises. *Revue suisse Viticulture, Arboriculture, Horticulture* **34**(2), 125–130.
- Josuttis M., Carlen C., Crespo P., Nesby R., Toldam-Andersen T. B., Dietrich H. & Krüger E., 2012. A comparison of bioactive compounds of strawberry fruit from Europe affected by genotype and latitude. *Journal of Berry Research* **2**, 73–95.
- Krüger E., Josuttis M., Nestby R., Andersen T. B., Carlen C. & Mezzetti B., 2012. Influence of growing conditions at different latitudes of Europe on strawberry growth performance, yield and quality. *Journal of Berry Research* **2**, 143–157.
- Krüger E., Carlen C. & Mezzetti B., 2009. Workshop on Berry Production in Changing Climate Conditions and Cultivation Systems. *Acta Horticulturae* **838**, ISHS (eds), 228 p.
- Michalska A., Carlen C., Héritier J. & Wilfried Andlauer W., 2017. Profiles of bioactive compounds in fruits and leaves of strawberry cultivars. *Journal of Berry Research* **7**(2), 71–84.
- Potel A. M., 2003. Le fraisier: Influence de la charge en fruits et de la surface foliaire sur la capacité photosynthétique et la qualité des fruits. Travail de diplôme DESS, Agroscope et ENITA, 37 p.
- Steffek R., Bylemans D., Nikolova G., Carlen C., Faby R., Daugaard H., Tirado L., Pommier J.-J., Tuovinen T., Nyerges K., Manici L., MacNaedhe F., Trandem N., Wander J. & Evenhuis B., 2004. Status of sustainable strawberry production within Europe. *Acta Horticulturae* **649**, 247–250.

Summary ■ **Factors of variation in the taste and nutritional quality of strawberries.**

The Swiss production of strawberries is aimed exclusively at the local fresh market. Significant fluctuations in the taste and nutritional quality of strawberries have been observed by consumers. The objective of these studies was to analyse the factors of variation of these two quality parameters. These studies have shown the essential role of the variety on the taste and nutritional quality of strawberries. The leaf/fruit ratio is probably an essential element to be considered to explain varietal differences and improve the quality of strawberries. Environmental effects such as altitude, latitude and plastic tunnel are very important for the formation of fruit yield, but influenced not very much the taste and nutritional quality of the strawberries. Within the same variety, the stage of ripeness strongly influences the nutritional and taste quality of the strawberries, especially the aromas at the end of ripening. However, the harvest period has mainly influenced the taste quality and not the nutritional quality of the strawberries.

Key-words: Anthocyanins, flavour, sugars, total polyphenols, vitamin C.

Zusammenfassung ■ **Variationsfaktoren der geschmacklichen und ernährungsphysiologischen Qualität von Erdbeeren.**

Die Schweizer Produktion von Erdbeeren ist ausschliesslich auf den lokalen Frischmarkt ausgerichtet. Schwankungen im Geschmack und in der ernährungsphysiologischen Qualität von Erdbeeren wurden von den Konsumentinnen und Konsumenten beobachtet. Ziel dieser Studien war es, die Variationsfaktoren der geschmacklichen und ernährungsphysiologischen Qualität von Erdbeeren zu analysieren. Diese Studien haben die hohe Bedeutung der Sorte für den Geschmack und die Ernährungsqualität von Erdbeeren aufgezeigt. Das Blatt/Frucht-Verhältnis ist wohl ein wesentliches Element, das die Sortenunterschiede erklärt und das für die Verbesserung der Qualität von Erdbeeren zu berücksichtigen ist. Umwelteinflüsse wie Höhenlage, Breitengrad und Plastiktunnel Einfluss beeinflussen die Bildung des Fruchtertrags stark, den Geschmack und die ernährungsphysiologische Qualität der Erdbeeren aber weit weniger. Innerhalb ein und derselben Sorte beeinflusst der Reifegrad die Nährwert- und Geschmacksqualität der Erdbeeren stark, insbesondere die Aromen am Ende der Reifezeit. Die Ernteperiode hat dagegen hauptsächlich die geschmackliche und nicht die ernährungsphysiologische Qualität der Erdbeeren beeinflusst.

Riassunto ■ **Fattori di variazione della qualità gustativa e nutrizionale delle fragole.**

La produzione svizzera di fragole si rivolge esclusivamente al mercato fresco locale. Grandi fluttuazioni nella qualità gustativa e nutrizionale delle fragole sono state osservate dai consumatori. Degli studi, condotti con l'obiettivo d'analizzare i fattori di variazione della qualità gustativa e nutrizionale delle fragole, hanno dimostrato il ruolo essenziale della varietà. Il rapporto foglia/frutta è verosimilmente un elemento chiave da considerare per spiegare le differenze varietali e migliorare la qualità delle fragole. Gli effetti ambientali come l'altitudine, la latitudine e il tunnel di plastica sono molto importanti per la formazione del carico produttivo in frutti, ma influenzano molto meno i fattori oggetto di questo studio. All'interno della stessa varietà, lo stadio di maturazione influenza fortemente la qualità nutrizionale e gustativa delle fragole, in particolare gli aromi a fine maturazione. Tuttavia, il periodo di raccolta ha influenzato principalmente la qualità gustativa e non quella nutrizionale.

Authenticité des vins suisses par analyse isotopique

Johannes ROESTI³, Elmar PFAMMATTER⁴, Valérie MAURY⁴, Christian ABBET⁴, Pierre STUDER⁵, Martin HALLER⁶,
Hélène GONNET⁶, Jean-Christophe KÜBLER⁷, Laurent AMIET¹, Fabrice LORENZINI¹, Philippe Duruz² et Gilles BOURDIN¹

¹ Agroscope, case postale 1012, 1260 Nyon 1, Suisse

² Agroscope, centre de recherche de Pully, avenue de Rochettaz 21, 1009 Pully, Suisse

³ Station viticole cantonale, 2012 Auvernier, Suisse

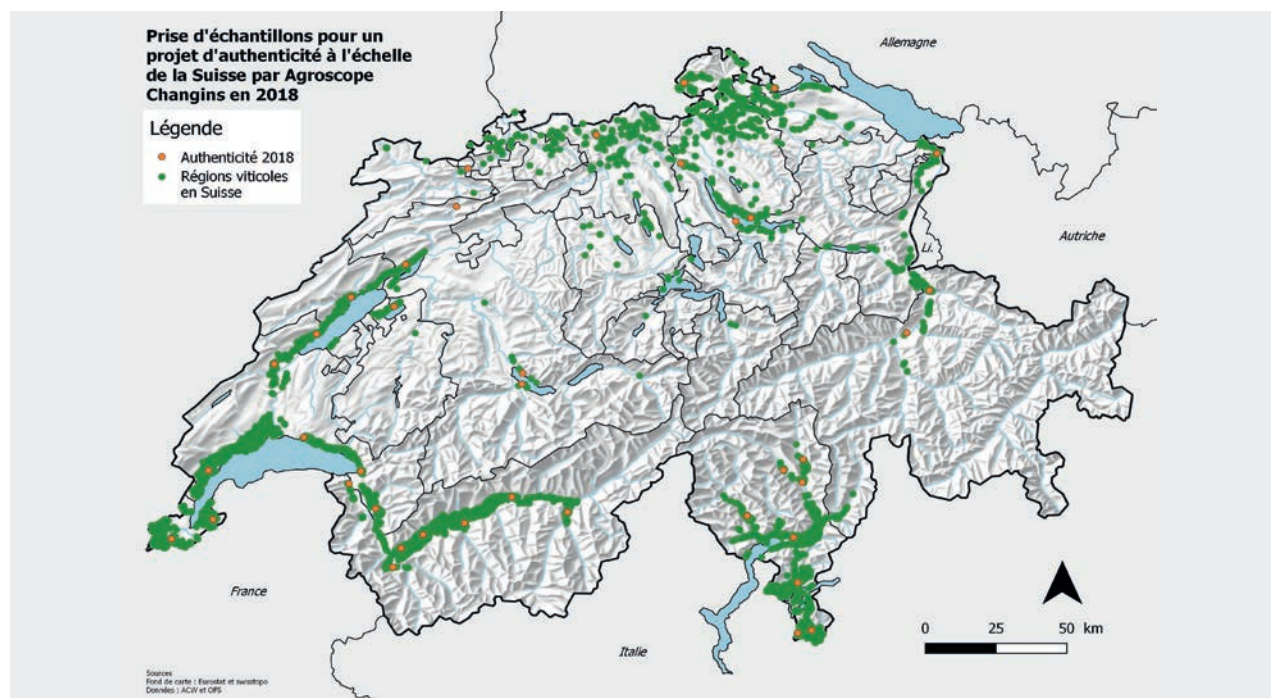
⁴ Service de la consommation et affaires vétérinaires du Valais, 1950 Sion, Suisse

⁵ Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires, 3003 Berne, Suisse

⁶ Office fédéral de l'agriculture, 3003 Berne, Suisse

⁷ Contrôle suisse du commerce des vins, Stettbachstrasse 6, 8600 Dübendorf, Suisse

Renseignements: Gilles Bourdin, tél. +41 58 481 00 47, e-mail: gilles.bourdin@agroscope.admin.ch



Introduction

Dans cette étude, nous avons pris l'option d'apporter un éclairage sur la méthodologie, la mise en œuvre et les perspectives de l'utilisation de l'analyse isotopique pour authentifier les vins suisses.

La contrefaçon est un problème très important. Toutes sortes de produits sont contrefaits, et pas seulement les produits de luxe. C'est un réel danger pour les consommateurs. Selon un rapport de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), de 2013, le marché de la contrefaçon atteignait en 2013 2,5% du commerce mondial. C'était même plus en Europe, où la contrefaçon et la piraterie

avoisinaient les 5% des importations. Une publication récente de l'Office de Propriété Intellectuelle de l'Union européenne pour la propriété intellectuelle (EUIPO) rapporte que pour l'industrie des vins et spiritueux, le total de la contrefaçon représente 4,4% de la consommation de spiritueux et 2,3% de la consommation de vins, avec un coût total qui avoisinerait les 1,3 milliards d'euros.

La lutte contre ce genre de fraude n'est pas simplement une question de propriété intellectuelle, un problème de *supply chain* ou un problème technologique. Les solutions résident très probablement dans un contrôle renforcé de la traçabilité, l'identification et l'authentification.

La traçabilité repose sur la capacité à stocker des informations tout au long de la vie d'un produit. Pour avoir confiance dans un système de traçabilité, il faut que les données enregistrées soient parfaitement fiables. Pour le vin, la chaîne de traçabilité va du vignoble jusqu'à la bouteille, jusqu'au point de vente et si possible jusqu'au consommateur.

Afin d'assurer une cohérence du système de traçabilité, l'identité d'un produit est le point d'entrée indispensable. C'est le lien qui permet d'accéder à toutes les données relatives à un produit.

La solution d'authentification doit également être étudiée en fonction de qui réalisera les opérations de contrôle. La connaissance des informations à vérifier sera différente entre un consommateur, un douanier, un agent de la marque ou un organe de contrôle.

En conclusion, les solutions doivent être flexibles et évolutives, car le fraudeur progresse dans sa capacité d'imiter ou de contourner ces solutions.

Matériel et méthodes

Méthode de référence européenne

L'exigence de contrôle des produits alimentaires en ce qui concerne l'authenticité, la pureté et la conformité à une norme, ont conduit le chimiste analyste à utiliser de nouvelles techniques et de nouveaux paramètres, afin de répondre à ces exigences.

Dans ce contexte, depuis quelques années, des outils pour déterminer la composition naturelle en isotopes stables de différents produits ont été développés, étant donné qu'il y a une relation claire entre la distribution isotopique d'une molécule spécifique et son origine botanique ou géographique.

Ces méthodes se concentrent sur l'étude des éléments qui se trouvent dans la matière organique, c'est-à-dire C, H et O. Ceux-ci se présentent sous différentes formes isotopiques, l'une de ces formes étant très prédominante. Il existe par ailleurs une relation spécifique stable entre les isotopes dans les aliments, qui est la clé pour leur caractérisation.

Des différences dans le rapport isotopique pour une même molécule sont dues aux fractionnements isotopiques survenant au cours de sa formation, et dues principalement à des causes physiques, chimiques ou biochimiques.

Un marqueur isotopique est une molécule produite par différentes espèces, mais qui ont des rapports isotopiques différents. En outre, les mêmes espèces selon la région géographique de production peuvent aussi se distinguer par leurs différents rapports isotopiques.

Résumé Cet article découle du mandat du 12 décembre 2016 entre la Confédération et le Contrôle suisse du commerce des vins (CSCV) relatif au contrôle de l'authenticité des vins. Il est composé de contributions d'Agroscope, du Service de la consommation et des affaires vétérinaires du Valais (SCAV) et du CSCV. Il comporte la synthèse de prélèvements effectués en 2016, 2017 et 2018 auprès de 40 vigneron-encaveurs de toute la Suisse et l'analyse de ces échantillons par le SCAV. L'authentification de l'origine des vins se base sur le rapport isotopique de l'oxygène ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$), lié au cycle mondial de l'eau. La caractérisation et la comparaison des compositions isotopiques naturelles de différentes espèces de plantes et leurs zones de production ont permis de vérifier la conformité des origines de certains produits agricoles. La méthode «Mesure du rapport isotopique $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ pour des échantillons sous forme liquide avec le Gasbench» décrite dans ce rapport est une méthode très stable et bien maîtrisée au SCAV. Les résultats de cette méthode (valeurs $\delta\text{-}^{18}\text{O}$) aident à surveiller l'indication de provenance sur l'étiquette d'un vin. Un mouillage de vins peut également être contrôlé selon ces bases de données et méthode analytique. Une base de données utile doit comporter chaque millésime ($\delta\text{-}^{18}\text{O}$ authenticité des vins suisses), vu les variations annuelles. Le rapport aborde les méthodes d'échantillonnage, de vinification et d'analyse, ainsi que les aspects futurs du projet.

Ainsi, dans le cas du carbone, le rapport $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ des isotopes est semblable sur n'importe quel point du globe, mais les plantes contiennent du ^{13}C , en fonction du cycle métabolique suivi pour la biosynthèse des hydrates de carbone. Si le processus d'assimilation du CO_2 suit le cycle photosynthétique de Calvin (C3), le rapport $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ est inférieur (‰) à celui des plantes qui suivent le cycle photosynthétique de Hatch-Slack (C4).

En revanche, le rapport isotopique de l'oxygène et de l'hydrogène dépend dans une large mesure du cycle de l'eau mondial. Dans le cas de l'hydrogène, c'est l'eau, la seule source de cet élément, qui participe à la synthèse de substances organiques, tandis que, dans

le cas de l'oxygène, cela vient dans les deux-tiers du CO₂ atmosphérique et un pour un tiers de l'eau.

Dans la dernière décennie, la caractérisation et la comparaison des compositions isotopiques naturelles de différentes espèces de plantes ou d'animaux et leurs zones de production ont permis de vérifier les origines de certains produits agricoles et leur adultération avec des produits naturels ou synthétiques de faible coût.

Pour faciliter la caractérisation isotopique des vins et des produits vitivinicoles dérivés, la Commission européenne a organisé la création d'une base de données isotopique avec des échantillons authentiques. Cette base de données a pour principal objectif d'améliorer le contrôle de l'augmentation du titre alcoométrique naturel des produits vitivinicoles, de mettre en évidence l'addition d'eau à ces produits et, avec les résultats de l'analyse d'autres caractéristiques isotopiques de ceux-ci, de contribuer à la vérification de la conformité de l'origine indiquée dans sa désignation (règlement (CE) n° 555/2008).



Figure 1 | Pressurage des baies à l'aide d'un pigeur, puis d'un pressoir 0,68 hl à piston vertical (TomPress).

L'analyse isotopique est donc une méthode d'analyse utilisée pour le contrôle officiel et la lutte contre la fraude dans le secteur vitivinicole, dont l'objectif principal est la protection des droits du consommateur.

Echantillonnages et vinifications

Afin de pouvoir représenter toutes les régions vitivinicoles ainsi que les régions géographiques reflétant les différences d'altitudes et climatiques de la Suisse, entre 37 et 45 échantillons (10 kg de vendange) ont été prélevés auprès de vigneron des neuf régions vitivinicoles suivantes: Valais, Vaud/Bas-Valais, Tessin, région des Trois-Lacs, Grisons/Saint-Gall, Genève, Zurich/Schaffhouse, Jura et Berne. Des répétitions ainsi que des points d'échantillonnage supplémentaires aux extrémités de ces régions ont été pris sur les millésimes 2016, 2017 et 2018 (annexes).

Les pressurages et les vinifications ont ensuite été réalisées dans la cave expérimentale de Changins dans des bouteilles en verre de 10l chacune en s'assurant d'être exempt de tout apport d'eau hors de celle présente dans les baies elles-mêmes pour ne pas fausser le résultat de l'analyse isotopique (fig. 1 et 2 + détails du procédé, annexes).

Analyses isotopiques

Principe de la méthode analytique utilisée

«Mesure du rapport isotopique ¹⁸O/¹⁶O pour des échantillons sous forme liquide avec le Gasbench»

Le principe

Le rapport isotopique des isotopes ¹⁸O/¹⁶O est déterminé dans les liquides (jus de fruits, légumes, vins, etc.) par équilibration de l'oxygène 18 (¹⁸O) de l'eau (H₂O) présent dans la phase aqueuse et de l'oxygène du CO₂ (gaz d'équilibration) présent dans la phase gazeuse.



Figure 2 | Fermentations en cours pour les multiples échantillons du projet authenticité des vins suisses.

En détail

Un aliquot de 0,5 ml est mis dans un vial. Les échantillons sont placés dans un bloc chauffant à une température de 26,8°C. Pour remplacer l'air contenu dans les vials, on «rinçe» les échantillons pendant cinq minutes avec un mélange CO₂/Helium (He): 0,4% CO₂ dans l'He.

Après ce «rinçage», on laisse équilibrer l'eau de l'échantillon avec le CO₂ pendant 18 heures. A la fin de l'équilibration, le H₂O et le CO₂ ont totalement échangés leurs oxygènes selon la réaction suivante.

Equation 1: Equilibre entre l'eau et le CO₂ après rinçage

$$C^{16}O^{16}O + H_2^{18}O \leftrightarrow C^{16}O^{18}O + H_2^{16}O$$

La phase gazeuse (le CO₂) est transférée avec «l'aide» d'hélium vers le Gasbench, après avoir passé par une trappe pour enlever les traces d'eau encore présentes dans la phase gazeuse.

Le gaz entre ensuite dans un Valco, qui permet de l'acheminer soit vers la boucle d'échantillonnage (*sampling loop*) avec un volume de 100 µl (mode «load»), soit à la sortie de ventilation où le gaz s'échappe (mode «inject») (fig. 3)

La colonne de chromatographie du Gasbench (GC-Column) mesure 25 m, avec un diamètre de 0,32 mm, et est remplie de la substance «Poraplot Q». Le chromatographe est maintenu à 50°C pour bien séparer le CO₂, le N₂ et l'O₂. A la sortie du GC, une autre trappe à eau (Nafion) enlève encore une fois les dernières traces de l'eau (fig. 4).

Après la purification de gaz par la «GC-Column» le gaz est amené dans le spectromètre de masse, qui mesure constamment les intensités des différentes masses du gaz.

Pour l'analyse isotopique du CO₂, les masses atomiques considérées par le spectromètre sont fixées à 44, 45 et 46. La mesure simultanée de ces trois masses atomiques permet d'obtenir la valeur de δ-¹⁸O du CO₂ selon l'équation (ci-après). Le résultat est indiqué en ‰.

Equation 2: Formule de calcul de la valeur δ-¹⁸O du CO₂ en ‰.

$$\delta^{18}O = \left(\frac{\left(\frac{^{18}O}{^{16}O} \right)_{standard}}{\left(\frac{^{18}O}{^{16}O} \right)_{sample}} - 1 \right) \times 1000‰$$

La calibration du système s'effectue par une série de standards dont les valeurs sont connues. Il s'agit de standards de laboratoire qui ont été préalablement calibrés par rapport au Vienna Standard Mean Ocean Water (VSMOW).

L'exactitude des résultats délivrés est vérifiée année après année, notamment via la participation à de nombreux essais collaboratifs. Lors d'analyses, des standards internes validés sont intégrés dans la séquence et indiquent le bon fonctionnement de l'appareil. Les résultats liés à la méthode de la mesure du rapport isotopique ¹⁸O/¹⁶O ont une incertitude de ±0,3‰.

Résultats

Valeurs mesurées (δ-¹⁸O) dans les trois millésimes 2016, 2017 et 2018

Les vins suisses issus des prélèvements des raisins faits par Agroscope Changins étaient analysés avec la méthode isotopique mentionnée par le Service de la consommation et des affaires vétérinaires du Valais (SCAV). Au total 38, 36 et 46 vins, ont été analysés en

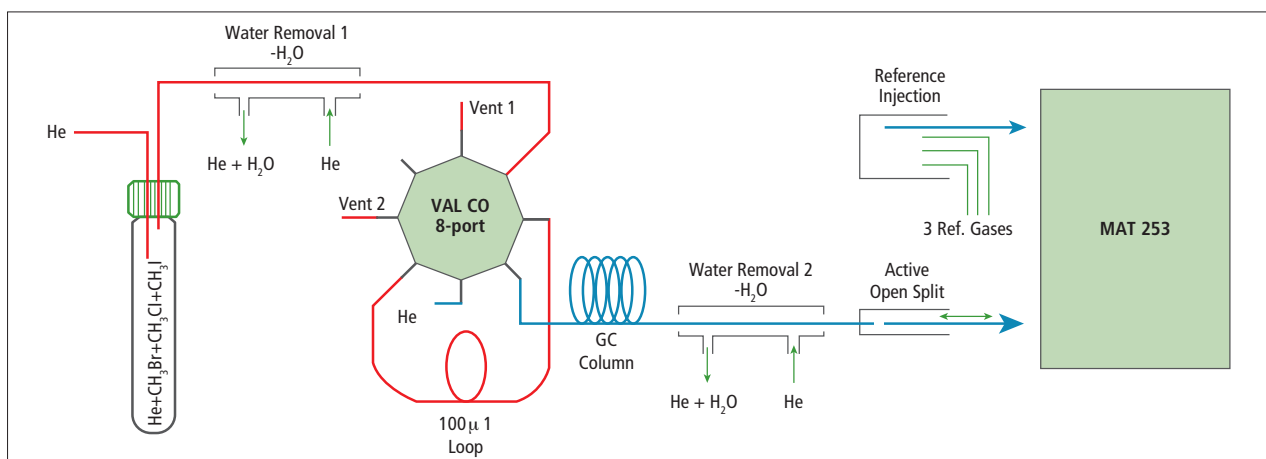


Figure 3 | Schéma du chromatographe en phase gazeuse utilisé pour purifier le gaz avant la mesure par spectrométrie de masse. Gasbench avec autosampler, trappe d'eau et le détecteur MS.

2016, 2017 et 2018 respectivement. Les valeurs analytiques ont fait l'objet d'un rapport effectué par le SCAV

Pour les millésimes 2016 et 2017 la distribution des valeurs sont comparables. En gros, on peut faire une différence entre les vins issus de la Suisse alémanique et les vins provenant de la Romandie. Si on regarde le millésime 2018, la situation change, les valeurs reflètent un climat chaud et des faibles précipitations durant l'été et l'automne. Ces résultats démontrent que les valeurs $\delta\text{-}^{18}\text{O}$ sont dépendantes du climat et des précipitations et que par conséquent la base de données d'une année à l'autre change et doit être refaite chaque année.

Trois échantillons issus de la même parcelle du millésime 2018 ont été vinifiés en parallèle pour montrer que les procédures de prélèvement et de vinification n'interfèrent pas dans les résultats. Pour ces échantillons, les résultats sont semblables. Ces valeurs restent très bien dans le rang pour les valeurs $\delta\text{-}^{18}\text{O}$ de la Suisse.

Intervention à la suite d'une analyse montrant des valeurs $\delta\text{-}^{18}\text{O}$ non-conformes à la base de données

La base de données établie est utile pour différencier les vins étrangers des vins suisses et vérifier si les indi-

cations de la provenance sur les étiquettes des vins sont correctes. Si une valeur $\delta\text{-}^{18}\text{O}$ pour un vin suisse est en dehors de la base de données officielle, d'autres vins de la cave concernée seront prélevés et évalués. Ces prélèvements nous confirment si les valeurs isotopiques d'autres vins de cette cave sont conformes ou non à la base de données suisse ou si les raisins des vins vinifiés de cette cave viennent d'un endroit climatique vraiment très spécifique.

Si les valeurs sont différentes (entre la base de données et l'échantillon prélevé sur le marché), le cas est transmis au CSCV pour bien contrôler la traçabilité du vin en question.

Exemples de la pratique

La base de données créée en 2016 a permis au Laboratoire de rapidement contrôler la provenance des rosés commercialisés en Valais et fabriqués en Suisse à la suite du scandale médiatique des faux rosés français. Sans la création de la base de données au préalable, cette campagne n'aurait pas pu être réalisée. Vingt échantillons de rosés issus du millésime 2016 (n=13) et 2017 (n=7) ont été analysés. Ces échantillons ont des valeurs isotopiques correspondant aux valeurs

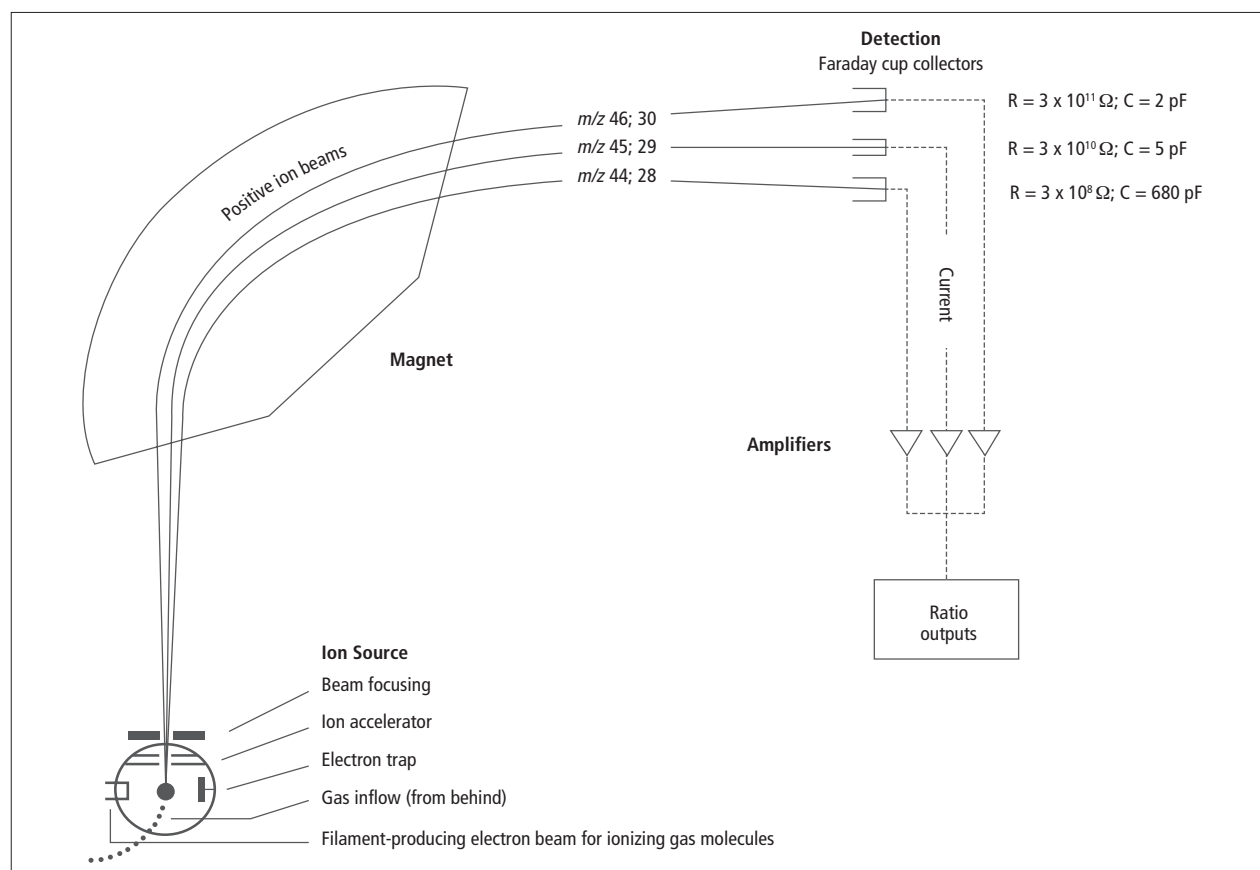


Figure 4 | Schéma du spectromètre de masse Finnigan Delta Plus XL.

isotopiques suisses de la base de données. Les vins peuvent être considérés comme conformes d'un point de vue de l'authenticité selon le paramètre analysé. La base de données des vins de référence effectuée en amont est indispensable pour une réalisation rapide d'une telle campagne.

Discussion

Perspectives

La méthode «Mesure du rapport isotopique $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ pour des échantillons sous forme liquide avec le Gas-bench» décrite ci-dessus est une méthode très stable et bien maîtrisée au SCAV. Les résultats de cette méthode (valeurs $\delta\text{-}^{18}\text{O}$) aident à surveiller l'indication de la provenance sur l'étiquette d'une bouteille de vin. Dans un futur proche, des vins de toute la Suisse seront contrôlés sur cet aspect. Jusqu'à présent, les vins provenant du Valais étaient régulièrement contrôlés.

Aussi, un mouillage de vins peut être contrôlé avec cette même base de données et méthode analytique. Plus de poids sera donné par le SCAV à cette question.

Pour avoir une base solide pour ces contrôles, la création de la base de données de chaque millésime ($\delta\text{-}^{18}\text{O}$ authenticité des vins suisses) est indispensable au vu des variations annuelles.

Conclusions

L'analyse isotopique est une méthode intéressante de contrôle. Le projet le confirme. Il s'agit d'un outil scientifique et objectif d'analyse qui permet de confronter à une base de données l'échantillon d'un vin, afin d'en confirmer ou non la provenance. Il est un outil utile dans la traçabilité du produit, en faveur du consommateur, mais aussi du producteur et de l'ensemble de la branche.

Néanmoins, cette méthode ne constitue qu'un élément, qu'un indice quant à une composition problématique d'un vin. Il ne fonde pas de certitude. Il nécessite encore une instruction complémentaire, par exemple un contrôle de la comptabilité de cave pour le confirmer ou l'infirmer. ■

Remerciements

Nous tenons à remercier chaleureusement tous les vigneron-encaveurs qui ont et contribuent encore à ce projet. Sans eux, cet exercice ne serait simplement pas possible et ces données ne seraient pas mises à disposition du CSCV.

Bibliographie

- Recueil des méthodes internationales d'analyse – OIV Détermination du rapport isotopique $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ de l'eau (OIV-MA-AS-AS2-12)
- Règlement (UE) n° 1306/2013 du Parlement européen et du conseil du 17 décembre 2013 relatif au financement, à la gestion et au suivi de la politique agricole commune et abrogeant les règlements (CEE) n° 352/78, (CE) n° 165/94, (CE) n° 2799/98, (CE) no 814/2000, (CE) n° 1200/2005 et n° 485/2008 du Conseil, article 89; règlement (CE) n° 555/2008 de la commission du 27 juin 2008 fixant les modalités d'application du règlement (CE) n° 479/2008 du Conseil portant organisation commune du marché vitivinicole, en ce qui concerne les programmes d'aide, les échanges avec les pays tiers, le potentiel de production et les contrôles dans le secteur vitivinicole, notamment articles 79 et suivants.
- Règlement (UE) n° 2729/2000 de la Commission du 14 décembre 2000 portant modalités d'application relatives aux contrôles dans le secteur vitivinicole.

Source des figures

Equation 2: d'après *Isotope Tracers in Catchment Hydrology* (1998), C. Kendall and J. J. McDonnell (Eds.). Elsevier Science B.V., Amsterdam.

Figure 3: *International Journal of Mass Spectrometry*, Vol. 338, 15 March 2013.

Figure 4: Révész, Kinga. (2006). Title Page Determination of the δC of Total Nitrogen and Carbon in Solids; RSIL Lab Code 1832.

Annexes

Protocole d'échantillonnage

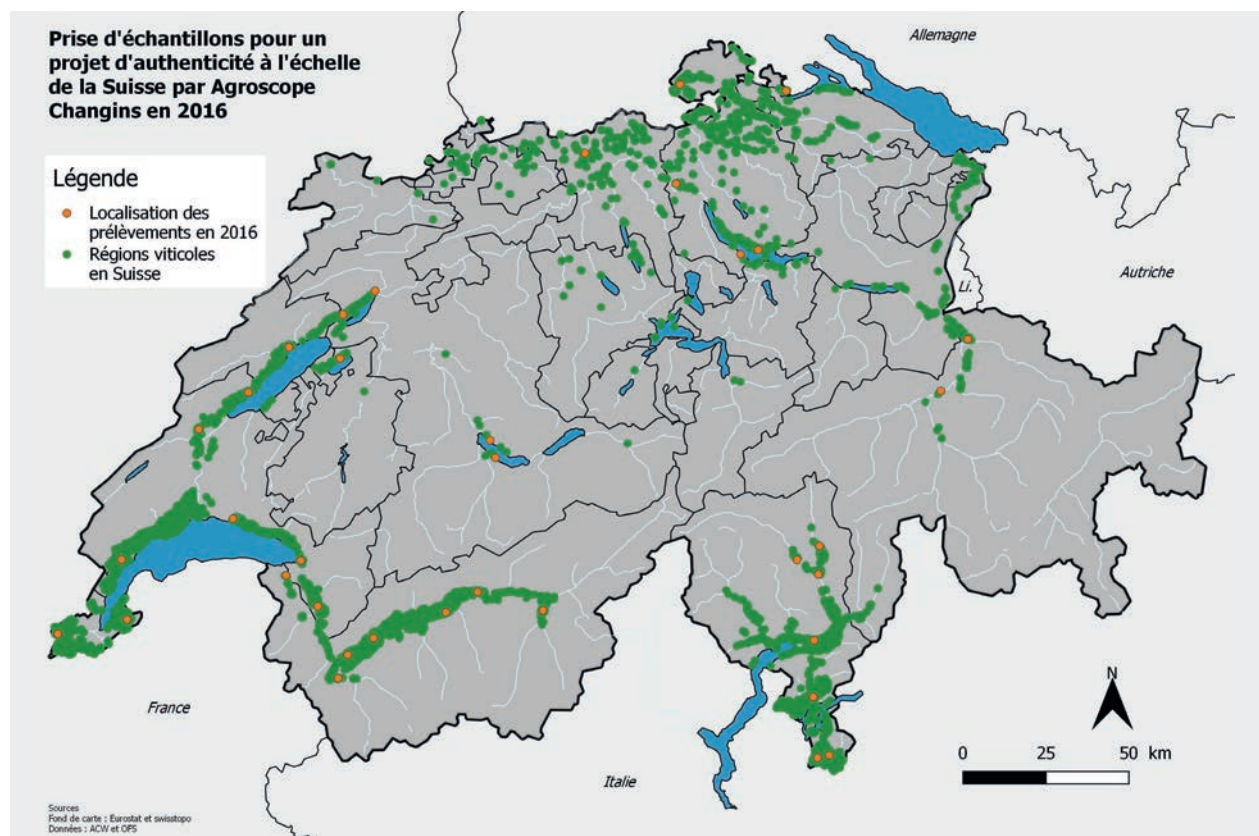
- A) Se rendre en suivant le GPS sur la parcelle à vendanger.
- B) Recueillir les données nécessaires: la situation sanitaire, l'inter-rang, l'inter-cep, le cépage, les coordonnées précises, le numéro de la caisse utilisée, etc.
- C) Un minimum de 10 kg doit être récolté. Bien pressé, cela donne environ 7 l de moûts.
- D) Peser les caisses à la cave.
- E) Si le pressurage ne s'effectue pas le jour même, mettre les caisses de raisins en chambre froide. Toujours protéger les caisses avec un film ou une bâche pour éviter toute contamination à l'eau. ➤

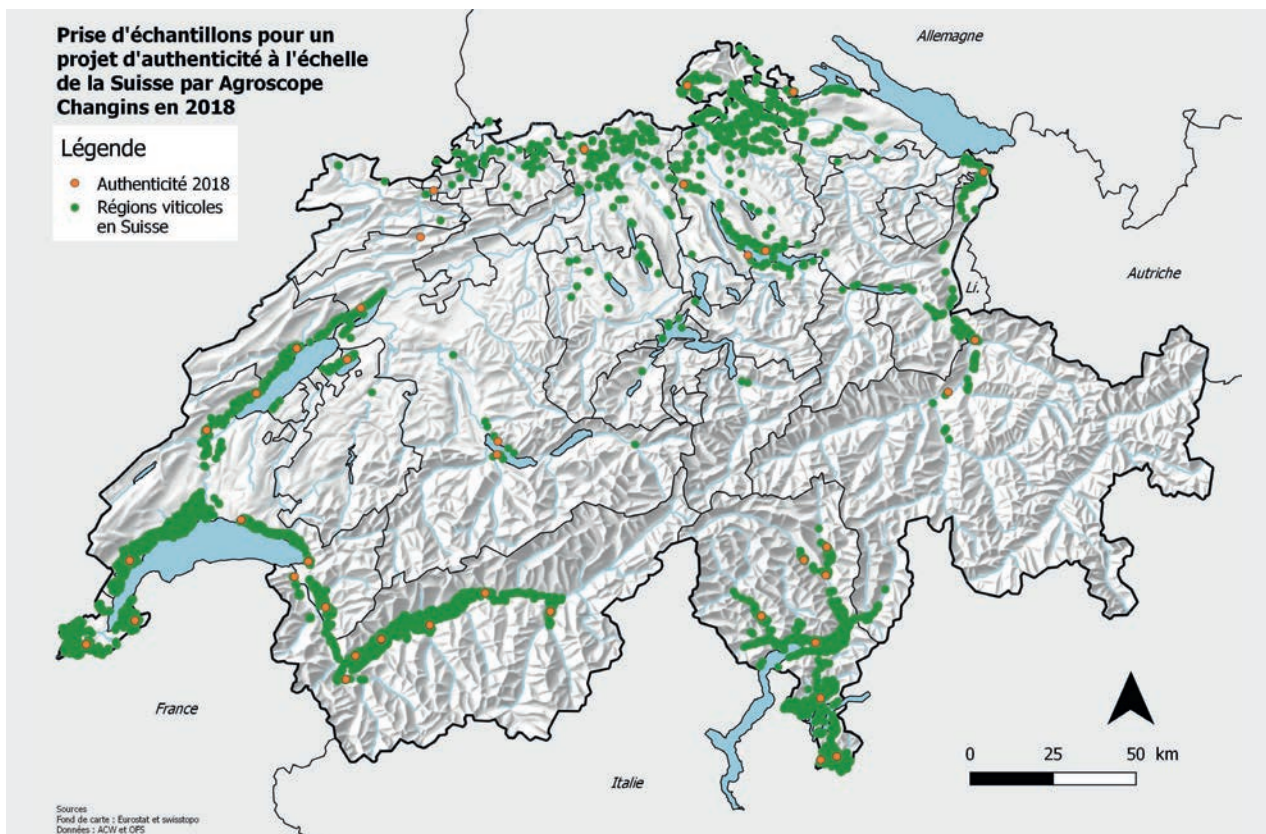
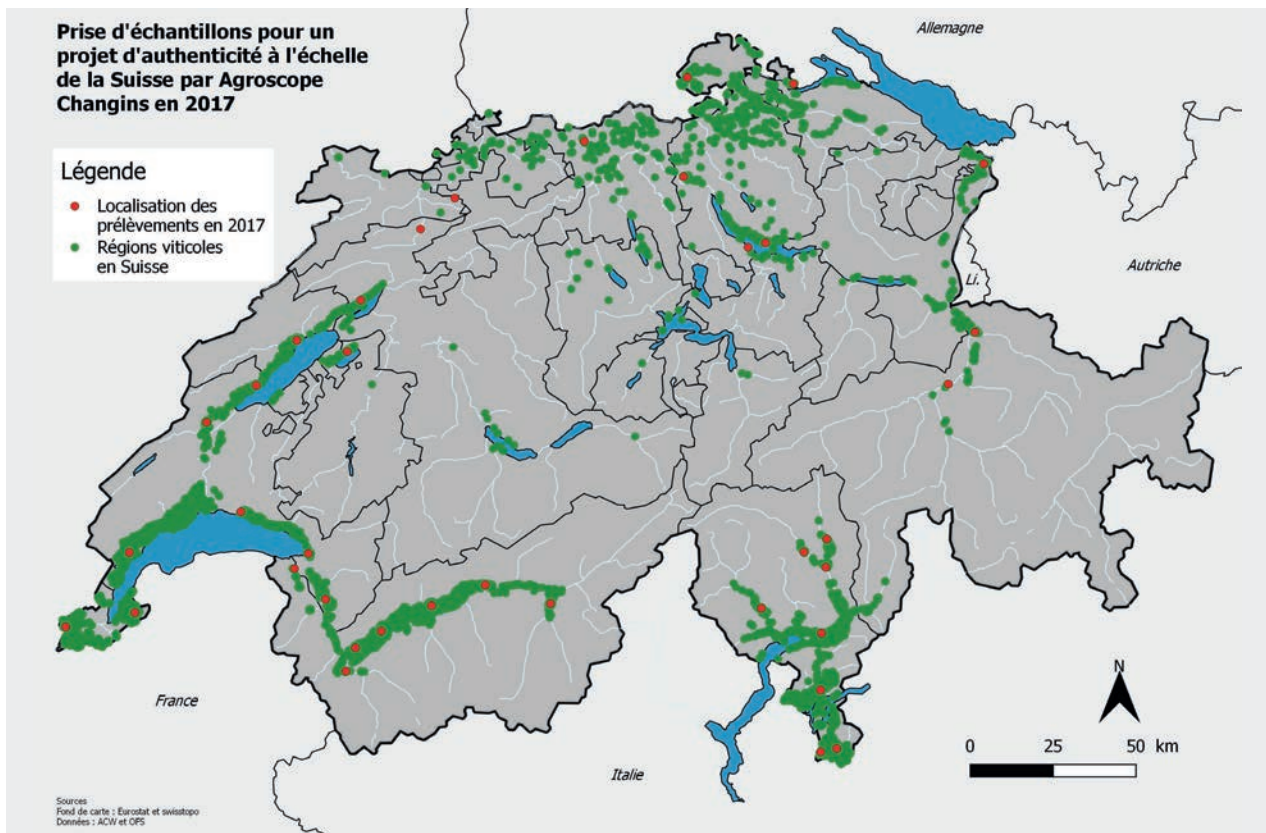
Protocole de vinification

Tableau 1 | Résumé des étapes de la récolte du raisin à la mise en bouteilles pour les échantillons du projet «Authenticité des vins suisses».

Vendange	<ol style="list-style-type: none"> Vendange saine, 3–4 souches. Une caissette à vendange pleine (environ 10 kg). La vendange doit être exempte d'eau. Protéger la caissette de toute pénétration d'eau. 		
Pesée	<ol style="list-style-type: none"> Sur le terrain pour paiement + à la cave. 		
Pressurage	<ol style="list-style-type: none"> Pressoir 0,68 hl vertical à piston central (TomPress). Pressurage en raisin rond (blanc et rouge). Pressoir sec entre deux lots (nettoyage brosse + air comprimé). Echantillon moût/foulage. Relever le litrage de l'essai. Sulfitage au métabisulfite de potassium (150 mg/l de $K_2S_2O_5$). Fermer avec une bonde. Placer le lot dans une cellule à 20°C. 		
Levurage	<ol style="list-style-type: none"> Jour 1 après le pressurage, levurage direct sur moût à 20°C avec Levuline FB (40 g/hl). 		
Fermentation alcoolique	<ol style="list-style-type: none"> A 20°C. Pas de sondage intermédiaire. Jour 4 après pressurage: 40 g/hl de NH_4^+. 		
Contrôle de la fermentation	<ol style="list-style-type: none"> Jour 15 après pressurage: DMA 35. <i>Noter le résultat du DMA 35 et la température.</i> Jour 22 après pressurage: DMA 35. <i>Noter le résultat du DMA 35 et la température. Si le résultat est stable et inférieur à -8 degrés Oechsle, passer à la «stabilisation chimique».</i> 		
			<ol style="list-style-type: none"> Jour 29 après pressurage: DMA 35 (résultat et température) et passer à «stabilisation chimique».
		Stabilisation chimique	<ol style="list-style-type: none"> Jour 29 après pressurage au plus tard, au plus tôt jour 22. Echantillon fin FA (30 ml) à la pipette. Stabilisation au métabisulfite de potassium: 300 mg/l de $K_2S_2O_5$. Mise à 4°C.
		Conditionnement	<ol style="list-style-type: none"> Soutirage des lies par siphonage en surpression d'azote. Loger à 14°C. Contrôle de la teneur en SO_2 libre après minimum trois jours. Correction du SO_2 libre à 100 mg/l avec du métabisulfite de potassium. Mise de 11 bouteilles de 50 cl vissées par siphonage en surpression d'azote dans les deux semaines selon turbidité. Etiquetage. Conservation à 12°C. Une bouteille pour analyse par le laboratoire qualité des vins et une pour analyse isotopique (SCAV).

Cartes des points de prélèvement en 2016, 2017 et 2018





Summary

Determining the Authenticity of Swiss Wines by Isotopic Analysis.

This article is the result of the Mandate of 12 December 2016 between the Swiss Confederation and the Swiss Wine Trade Inspection (CSCV) concerning wine authenticity inspections. It consists of contributions from Agroscope, the Valais Consumer and Veterinary Affairs Service (SCAV) and the CSCV, and encompasses the synthesis of the samples taken in 2016, 2017 and 2018 at 40 winemakers throughout Switzerland, as well as the analysis of these samples by the SCAV. Wine origin authentication is based on the oxygen isotope ratio ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$), which is linked to the world's water cycle. The characterisation and comparison of the natural isotopic composition of different plant species and their growing areas has enabled verification of the conformity of origin of certain agricultural products. The 'measurement of the $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ isotopic ratio for liquid samples with Gasbench' method described in this report is a highly stable method which the SCAV has thoroughly mastered. The results achieved with this method ($\delta\text{-}^{18}\text{O}$ values) help monitor the indication of origin on a wine label. The same databases and analytical method can be used to inspect a watered-down wine. Because of the annual variations, a database must contain all vintages ($\delta\text{-}^{18}\text{O}$ authenticity of Swiss wines) in order to be useful. The report deals with sampling, vinification and analysis methods, as well as the future aspects of the project.

Key words: Authenticity, Swiss wines, Isotopic ratio, Oxygen, Origin, Water cycle, Vinification

Zusammenfassung

Echtheit der Schweizer Weine durch Isotopenuntersuchung.

Dieser Artikel ergibt sich aus dem Mandat des Bundes und der Schweizer Weinhandelskontrolle (SWK) zur Weinechtheitskontrolle vom 12. Dezember 2016. Er enthält Beiträge von Agroscope, der Walliser Dienststelle für Verbraucherschutz und Veterinärwesen (DVSV) sowie der SWK. Er umfasst die Synthese der 2016, 2017 und 2018 bei 40 Winzern und Einkellerern der ganzen Schweiz erstellten Erhebungen sowie die Analyse dieser Proben durch die DVSV. Die Ursprungsauthentifizierung der Weine basiert auf dem mit dem weltweiten Wasserkreislauf zusammenhängenden Sauerstoffisotopenverhältnis ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$). Die Charakterisierung und der Vergleich der natürlichen isotopischen Zusammensetzung verschiedener Pflanzenarten und ihrer Anbaugebiete ermöglichen, die Übereinstimmung mit der Herkunft gewisser landwirtschaftlicher Produkte zu überprüfen. Diese in diesem Bericht beschriebene Methode "Messung des Isotopenverhältnis $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ für flüssige Proben mit Gasbench", ist eine sehr stabile und bei der DVSV gut beherrschte Methode. Die mit dieser Methode erzielten Ergebnisse ($\delta\text{-}^{18}\text{O}$ Werte) tragen dazu bei, die Herkunftsangabe auf der Weinetikette zu überprüfen. Ein mit Wasser gestreckter Wein kann mit diesen Datenbanken und Analysemethoden ebenfalls kontrolliert werden. Eine Datenbank sollte aufgrund der jährlichen Schwankungen alle Jahrgänge ($\delta\text{-}^{18}\text{O}$ Echtheit der Schweizer Weine) enthalten. Der Bericht erläutert die Methoden der Probenahme, Weinherstellung und Analyse sowie die nächsten Projektetappen.

Riassunto

Autenticità dei vini svizzeri tramite analisi isotopica.

Frutto del mandato del 12 dicembre 2016 tra la Confederazione e il Controllo svizzero del commercio dei vini (CSCV) relativo al controllo dell'autenticità dei vini, questo articolo riassume i contributi di Agroscope, del Service de la consommation et affaires vétérinaires du Valais (SCAV) e del CSCV. In esso figurano la sintesi dei campioni prelevati nel 2016, 2017 e 2018 da 40 viticoltori-vinificatori di tutta la Svizzera e l'analisi di questi campioni svolta dallo SCAV. L'autenticazione dell'origine dei vini si basa sul rapporto isotopico dell'ossigeno ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$), legato al ciclo mondiale dell'acqua. La caratterizzazione e il confronto delle composizioni isotopiche naturali delle diverse specie vegetali e delle rispettive zone di produzione hanno permesso di verificare la conformità dell'origine di determinati prodotti agricoli. Il metodo «Misurazione del rapporto isotopico $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ per campioni liquidi con il Gasbench» descritto nel presente rapporto è molto stabile e ben consolidato presso lo SCAV. I risultati di questo metodo (valori $\delta\text{-}^{18}\text{O}$) aiutano a monitorare l'indicazione della provenienza sulle etichette dei vini. Anche l'eventuale annacquatura di un vino può essere controllata in base a queste banche dati e al metodo analitico. Per essere utile, una banca dati deve includere ogni annata ($\delta\text{-}^{18}\text{O}$ autenticità dei vini svizzeri) viste le variazioni annue. Il rapporto tratta dei metodi di campionamento, di vinificazione e di analisi nonché degli aspetti futuri del progetto.



TOP

Merci beaucoup de votre collaboration

Nous vous souhaitons de
belles vendanges



Omya Agro

www.omya-agro.ch
062 789 23 36



Pépinières de vigne

BORIOI 
pour une viticulture durable

Réservez maintenant les plants adaptés à vos projets!

- Cépages classiques
- Nouvelles variétés résistantes
- Plants bio (PIWI)
- Grand choix de porte-greffes
- Plants haute-tiges
- Plantation mécanisée

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

Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV)

Tanja SOSTIZZO, Vincent MICHEL, Matthias LUTZ, Markus BÜNTER, Olivier SCHUMPP, Agroscope
Barbara COLUCCI et Peter KUPFERSCHMIED, Office fédéral de l'agriculture

En Europe, le *Tomato brown rugose fruit virus* (ToBRFV) a été détecté pour la première fois en 2018, en Allemagne, sur des tomates. A ce jour, des foyers ont également été signalés dans des cultures de tomates en Grèce, en Italie, en Espagne, au Royaume-Uni, en France, aux Pays-Bas et en Pologne. De nombreux cas ont été rapportés ailleurs dans le monde, en Egypte, en Chine, en Israël, en Jordanie, au Mexique, aux Etats-Unis et en Turquie.

Jusqu'ici, le ToBRFV n'a pas été détecté en Suisse. Cependant, depuis le début de l'année 2020, plusieurs cas suspects ont fait l'objet de contrôles sur des sites de production de tomates de divers cantons et ont été analysés au laboratoire de virologie d'Agroscope. Deux cas ont été considérés comme alarmants en raison d'informations internationales concernant du matériel de multiplication potentiellement contaminé (plantons ou semences). Des échantillons ont été prélevés sur deux autres sites de production de tomates, les responsables d'exploitation ayant signalé des symptômes douteux sur des plants.

Dans le cadre de la surveillance du territoire vis-à-vis des organismes de quarantaine, les services phytosanitaires cantonaux (SPC) contrôlent les plants de tomates au prorata de la surface totale de cultures sous serre pour y détecter d'éventuels symptômes. Des échantillons sont prélevés sur les plants de tomates présentant des symptômes suspects et sont analysés au laboratoire d'Agroscope. La surveillance de l'année en cours dans les cultures de tomates de treize cantons s'achèvera à la fin du mois de juin. Aucun des échantillons analysés jusqu'à présent par le laboratoire de virologie d'Agroscope n'a révélé la présence du ToBRFV.

Les exploitations agricoles agréées pour la délivrance de passeports phytosanitaires sont, quant à elles, contrôlées par le Service phytosanitaire fédéral (SPF).

Origine et propagation

Le *Tomato brown rugose fruit virus*, également connu sous le nom de «virus du fruit rugueux brun de la tomate», est présent depuis 2014 en Israël. En l'absence de mesures de quarantaine, il s'y est répandu en l'espace de quelques mois dans pratiquement toutes les zones de production de tomates et jusqu'en Palestine.

Mais ce n'est qu'en 2015 que le virus a été identifié et décrit en Jordanie. En 2018, des foyers se sont déclarés en Allemagne dans plusieurs serres de tomates, mais le virus a pu être éliminé grâce à des mesures de quarantaine et d'éradication. La même année, le ToBRFV a été décelé au Mexique chez plusieurs producteurs de plants de tomates et de poivrons. En 2019, les services phytosanitaires italiens ont signalé des foyers dans plusieurs serres et chez des producteurs de jeunes plants en Sicile, ainsi qu'un foyer dans une serre de tomates du Piémont. En Grande-Bretagne, dans le Kent, une serre produisant des tomates a également été touchée. Dans l'Union européenne, durant la même année, d'autres foyers de ToBRFV ont été signalés en Grèce, en Hollande et en Espagne. De plus, la Turquie, la Chine et les Etats-Unis ont à leur tour diagnostiqué le virus sur des plants de tomates. La base de données mondiale de l'Organisation européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes (OEPP), régulièrement mise à jour et librement accessible sous <https://gd.eppo.int/taxon/TOBRFV>, permet de visualiser la situation telle qu'elle se présente dans le monde.

Tout comme d'autres maladies graves des cultures maraîchères, le nouveau virus appartient au groupe des tobamovirus. Les plus connus sont le virus de la mosaïque du tabac et celui de la mosaïque de la tomate. Les variétés de tomates actuelles possèdent deux résistances aux virus (Tm-2 et Tm-2²) et sont donc protégées contre les tobamovirus connus. Le ToBRFV est capable de briser ces résistances et représente ainsi une nouvelle menace pour les producteurs de tomates. Le virus est également capable de surmonter les résistances (L1-L4) présentes dans diverses variétés de poivrons (*Capsicum* spp.).

Symptômes et dégâts

Les tobamovirus, des particules en bâtonnets d'environ 300nm, sont visibles au microscope électronique à transmission. Ils possèdent un très petit génome à ARN (environ 6400 nucléotides), codant quatre protéines différentes. Le ToBRFV provoque des symptômes différents selon les variétés affectées. C'est pourquoi on ne peut l'identifier avec certitude sur la base des symptômes. En Jordanie, les plants de tomates infectés ne montraient que de légers symptômes sur les feuilles. Mais les fruits présentaient des taches brunes ridées

et n'étaient plus commercialisables. Presque tous les plants de la serre étaient contaminés et la perte de rendement avoisinait les 100%.

En Israël, les plants de tomates touchés présentaient des décolorations en mosaïque plus ou moins prononcées et, occasionnellement, une atrophie des feuilles (fig. 1 et 2). Sur les plants infectés, seuls 10–15% des fruits présentaient des taches jaunes (fig. 3). En Allemagne, les feuilles étaient atrophiées, chlorotiques, et présentaient des décolorations en mosaïque accompagnées de cloques sombres. Les fruits montraient des taches jaunes, principalement autour des sépales. D'autres symptômes, tels que des déformations ou une maturation irrégulière des fruits, peuvent également apparaître (fig. 4). Des essais ont montré que les tomates développent des symptômes environ 12–18 jours après l'infection.

Les plants de poivrons (*Capsicum annuum*) développent des symptômes analogues: les feuilles sont déformées et comportent des taches chlorotiques en mosaïque. Les fruits sont également déformés et présentent des taches jaunes ou brunes, ou encore des veines vertes (fig. 5).

D'autres essais ont montré que des plants de poivrons présentant une résistance à d'autres tobamovirus réagissaient de manière hypersensible et perdaient leurs feuilles quelques jours après avoir été infectés. Lors d'infections des racines, combinées à de hautes températures (> 30°C), les plants développaient des nécroses sur les racines et la tige et s'affaissaient souvent complètement.



Figure 1 | Décolorations en mosaïque sur des feuilles de tomates. (© Salvatore Davino)

De nombreuses plantes hôtes potentielles

Les pétunias (*Petunia* spp.) peuvent être infectés, mais ne développent pas de symptômes. Les pommes de terre (*Solanum tuberosum*) et les aubergines (*Solanum melongena*) ne sont par contre pas touchées par le virus. Les adventices, telles que la morelle noire (*Solanum nigrum*) et le chénopode des murs (*Chenopodium murale*), peuvent être infectées. La morelle noire demeure asymptomatique, alors que le chénopode des murs commence par réagir de manière hypersensible, avant de se révéler finalement tout aussi asymptomatique. Ces adventices peuvent donc devenir des sources d'infection pour les plantes cultivées. Le quinoa (*Chenopodium quinoa*), le chénopode couleur d'amarante (*Chenopodium giganteum*), *Nicotiana benthamiana*, *N. glutinosa*, *N. sylvestris*, *N. clevelandii* ou les hybrides de tabac (*N. tabacum*) sont également des plantes hôtes potentielles et développent parfois des symptômes. Toutefois, des infections naturelles ne sont apparues jusqu'ici que sur des plants de tomates ou de poivrons. Les autres espèces mentionnées plus haut ont été infectées en conditions expérimentales.

Diagnostic complexe

Comme le virus n'a été découvert que récemment, il n'existe pas encore de méthode de détection rapide et fiable. La combinaison de deux méthodes de biologie moléculaire (RT-PCR afin de détecter les tobamovirus en général, suivie d'un séquençage) est actuellement recommandée, ce qui rend l'établissement du diagnostic plus long et onéreux.



Figure 2 | Feuilles de tomates atrophiées. (© Raed Alkowni)

Prévention et lutte

Le virus pénètre dans les plantes par de toutes petites blessures et se reproduit en très grande quantité dans la plante hôte. C'est pourquoi il se transmet très facilement de manière mécanique par un simple contact des mains, des vêtements ou des outils, mais aussi par contact de plante à plante, par les systèmes d'arrosage, les semences contaminées ou encore la multiplication végétative des plantes. En outre, les bourdons peuvent disséminer le virus lors de la pollinisation, aussi bien à l'intérieur d'une serre qu'entre des serres (déplacement de colonies).

A plus longues distances, le virus se répand par l'intermédiaire de semences ou de jeunes plants



Figure 3 | Taches jaunes sur des tomates. (© Salvatore Davino)



Figure 4 | Les tomates mûrissent de manière irrégulière. (© Aviv Dombrovsky)

contaminés. Les tobamovirus sont très stables et peuvent survivre pendant des mois sans plantes hôtes sur divers types de surfaces, dans le sol ou sur des déchets végétaux.

Après détection de l'infection au laboratoire de virologie, les plantes contaminées et les plantes voisines doivent être enlevées et détruites de manière professionnelle conformément aux instructions du service phytosanitaire cantonal (brûler, ne pas composter!). Lors de l'évacuation, veiller à ne pas toucher d'autres plantes. Des mesures d'hygiène strictes sont par ailleurs nécessaires. Après un nettoyage minutieux, les outils et autres équipements doivent être désinfectés avec Menno Florades. Ce désinfectant a été utilisé avec succès en Allemagne pour éradiquer le virus. D'autres désinfectants sont en cours d'évaluation. Pour prévenir les risques de contamination, les producteurs doivent s'assurer qu'ils utilisent des semences et des jeunes plants sains munis d'un passeport phytosanitaire.

L'expansion rapide du ToBRFV en Israël a montré qu'il n'est pas facile de lutter contre ce virus et que des mesures de quarantaine strictes sont nécessaires pour empêcher sa propagation. En raison de son fort potentiel de nuisance, depuis janvier 2020, le ToBRFV est considéré en Suisse comme un organisme de quarantaine potentiel et doit obligatoirement être déclaré et combattu. Tout cas suspect doit être signalé au Service phytosanitaire cantonal (SPC). ■



Figure 5 | Symptômes sur des poivrons. (© Raed Alkowni)

Êtes-vous prêts pour les vendanges?

Découvrez nos outils pour les vendanges sur notre webshop.



Tél.: 026 662 44 66 - Ch. du Milieu 6 - 1580 Avenches - gvzsales@gvz-rossat.ch

PEPINIERES VITICOLES
LAPALUD
FRERES SARL



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

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

079 228 77 40
021 807 42 11
1163 ETOY

lapalud@bluewin.ch

LA VIGNE

VOLUME 3

MALADIES VIRALES ET BACTERIENNES

Jean-Sébastien Reynard, Santiago Schärer, Katia Gindro, Olivier Viret



Virus, bactéries et phytoplasmes décrit le vaste monde de pathogènes pratiquement invisibles, qui sont à l'origine de graves maladies pour la vigne au point d'en menacer parfois son existence.

278 pages | ISBN 978-3-85928-102-8

COMMANDES
www.revuevitiarbohorti.ch



Les couverts végétaux dans le vignoble: un atout pour augmenter les services écosystémiques et réduire les intrants



Essai d'enherbement en conditions sèches.

Introduction

Un couvert végétal se définit par une espèce ou une communauté d'espèces végétales recouvrant le sol de manière permanente ou temporaire. L'agriculteur a la possibilité de semer ces couverts selon un choix raisonné ou de laisser la végétation spontanée se développer (cet article résume l'article de Noceto *et al.*, 2020, récemment publié dans la Revue des œnologues).

En Europe, on distingue trois types de couverts semés avec des objectifs différents pour l'exploitant:

- le couvert hivernal, installé pour pallier l'érosion du sol, importante pendant cette période de repos végétatif;
- les engrais verts, installés dans l'objectif d'amender naturellement la parcelle; en détruisant les résidus du couvert, la matière organique est libérée puis minéralisée, permettant ainsi d'alimenter la culture au cycle suivant;
- les cultures intermédiaires pièges à nitrates, installées en automne pour capter dans le sol les nitrates en excès afin de limiter la contamination des eaux par ceux-ci.

L'intérêt des couverts en agriculture

Les espèces végétales les plus couramment utilisées dans ces couverts font essentiellement partie de trois

familles présentant chacune différents avantages quant à leur utilisation. Nous retrouvons:

- les Fabacées (féverole, luzernes, trèfles, vesces, etc.), qui sont fréquemment utilisées, seules ou en mélange, pour leur capacité à réaliser une symbiose avec certaines bactéries du sol. Celles-ci sont capables de fixer l'azote atmosphérique et de le rendre assimilable par la plante. L'azote ainsi assimilé est alors redistribué dans le sol lors de la destruction de ces plantes;
- les Brassicacées (colza fourrager, moutardes, navette fourragère, radis chinois, etc.), qui servent couramment à retenir les nitrates en excès dans le sol («piège à nitrates») et qui présentent l'avantage de s'implanter rapidement, empêchant le développement des adventices. En proportion importante, elles peuvent cependant agir comme bio-fumigateur (fig. 1) en libérant certains composés volatils et ainsi nuire à certains champignons mycorhiziens bénéfiques pour le sol;
- les Poacées (avoines, bromes, fétuques, orges, ray-grass, seigle, etc.), avantageuses par leur rapport C/N élevé, qui produisent une biomasse (fig. 1) importante, bénéfique lors de sa destruction.

Les couverts sont fréquemment utilisés entre deux cultures d'intérêt. Ceux-ci se sont développés notam-

ment pour contrer les phénomènes de battance et d'érosion des sols liés à l'exploitation des milieux agricoles et à la destruction de la couverture végétale naturelle.

De manière générale, l'installation d'une couverture végétale améliore la structure du sol (fig. 1). La présence de racines contribue à l'agrégation des particules du sol, ce qui permet une meilleure rétention de l'eau et des éléments minéraux nécessaires à la croissance de la culture d'intérêt et des plantes du couvert (fig. 2). On observe aussi que l'apport de biomasse du couvert à sa destruction entraîne une augmentation du taux de matière organique et donc une réduction des besoins en engrais.

De plus, un couvert diversifié abrite une micro- et une macrofaune diverses (fig. 1) impliquées dans différents services écosystémiques comme la décomposition, le contrôle des maladies et ravageurs et la pollinisation. Un choix de plantes spécifiques, selon leurs caractéristiques répulsives ou attractives, peut permettre de gérer certains organismes ou groupes d'organismes

(bénéfiques et/ou pathogènes) en les attirant ou les éloignant de la culture. Le couvert participe également au développement des champignons mycorhiziens ainsi qu'au maintien d'un réseau mycélien commun entre les plantes du couvert et de la culture d'intérêt (fig. 2), favorisant l'accessibilité aux nutriments du sol.

Les couvertures dans le vignoble

La couverture végétale d'une parcelle peut être permanente ou temporaire, totale ou partielle (sous le rang uniquement, un inter-rang sur deux ou couvrant tous les inter-rangs). Il existe de nombreuses associations d'espèces végétales avec leurs avantages et inconvénients. En effet, les services écosystémiques rendus par le couvert à la vigne sont directement dépendant de la présence et de l'abondance des différentes espèces de plantes appartenant aux trois familles précédemment citées. Les caractéristiques de la parcelle et les objectifs du viticulteur (lutte contre l'érosion, impact sur la structure du sol, apport de matière orga-

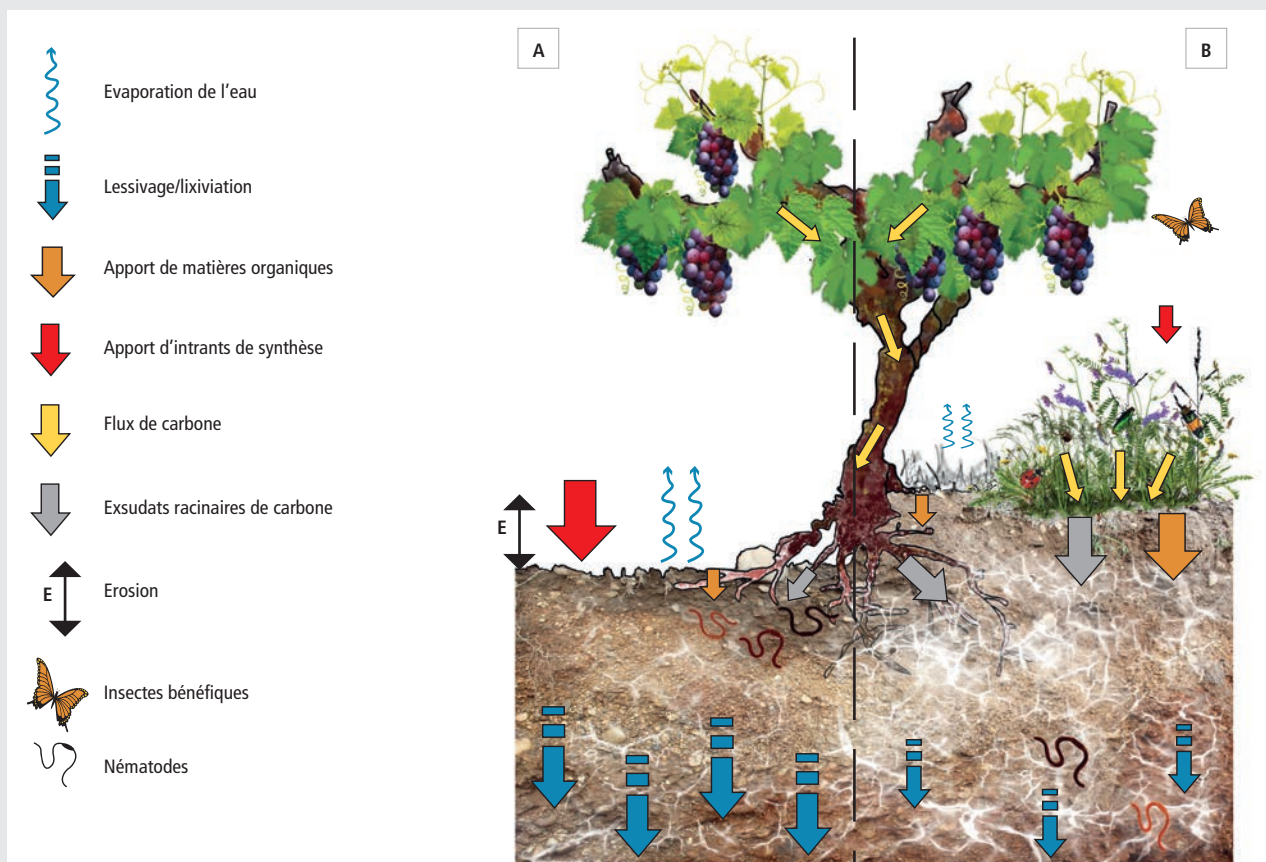


Figure 1 | Comparaison du fonctionnement de l'écosystème vignoble en absence (A) ou présence (B) d'un couvert. La présence d'un couvert permet: 1) de réduire l'érosion du sol, le lessivage des particules, la lixiviation des nitrates et les pertes d'eau par évaporation; 2) de stimuler la croissance des champignons mycorhiziens à arbuscules et du réseau mycélien commun (RMC; figure 2); 3) de diminuer l'apport d'engrais de synthèse par une meilleure circulation/mobilisation des nutriments via le RMC et par une augmentation de l'apport de matière organique; 4) de diminuer l'apport de pesticides par l'effet répulsif sur certains parasites de la vigne (par les exsudats du couvert ou via le RMC et les mycorhizes à arbuscules) et l'attraction d'insectes bénéfiques (pollinisateurs, prédateurs de ravageurs, etc.).

nique, concurrence avec les adventices, stimulation de la mycorhization de la vigne...) doivent donc être pris en compte dans la sélection des espèces végétales pour un couvert adapté.

En plus des nombreuses possibilités de couverts semés, laisser la végétation spontanée se développer est une solution d'enherbement qui peut paraître intéressante et peu coûteuse pour le viticulteur. Cette méthode est par ailleurs fortement utilisée en arboriculture. Les espèces végétales composant ce type d'enherbement sont en général adaptées aux conditions pédo-climatiques de la parcelle, mais elles ne sont pas toujours avantageuses pour la production du raisin.

Une fois le choix des espèces végétales effectué, le semis se réalise de préférence à l'automne juste après les vendanges et avant une période de pluie afin d'améliorer la germination des graines. La présence d'un couvert ne dispense pas les viticulteurs de procéder à un entretien régulier du rang et de l'inter-rang. Lorsque le couvert n'est pas entretenu, la végétation peut devenir trop importante et engendrer une concurrence pour l'eau et les nutriments vis-à-vis de la vigne, pouvant par conséquent affecter la vigueur et la



Figure 2 | Le réseau mycélien commun (RMC) est formé entre les pieds de vigne et les plantes du couvert, connectés par les hyphes des champignons mycorhiziens à arbuscules. Ce réseau permet l'échange (flèches) de nutriments et de signaux (par exemple, composés organiques volatils) entre les plantes d'une même espèce ou d'espèces différentes.

récolte. L'enherbement est généralement géré soit par la destruction du couvert, soit par des tontes régulières, ou alors un roulage ou couchage de la végétation. Dans certaines régions, le gel permet une destruction efficace du couvert, laissant alors uniquement à l'exploitant le soin de l'enfouissement des résidus. Dans le cas d'un enherbement temporaire, la destruction de la couverture végétale est réalisée fin avril pour

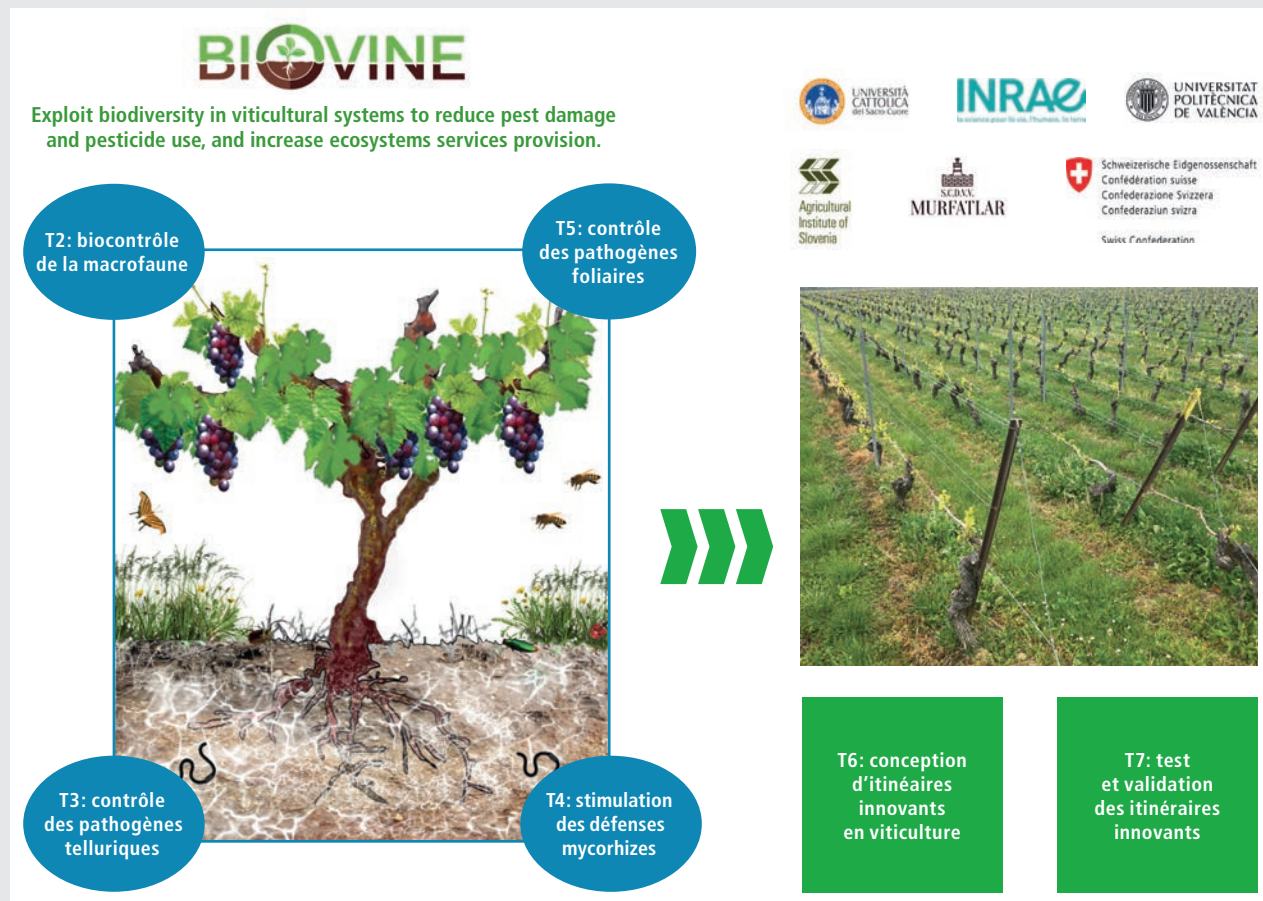


Figure 3 | Présentation schématique des actions, tâches et partenaires du projet Biovine.

les couverts hivernaux ou jusqu'au début de l'été pour des couverts plus tardifs. L'utilisation d'herbicides pour le désherbage sous le rang et dans l'inter-rang est parfois préférée.

Biovine, un projet multidisciplinaire pour l'optimisation des couverts viticoles en production biologique

Le projet européen CORE Organic Cofund Biovine (2018–2021, www.biovine.eu, fig. 3) vise à contrôler naturellement les pathogènes du sol et foliaires ainsi que les principaux ravageurs en plantant des espèces végétales sélectionnées au sein et autour des vignobles (par exemple, couverts, haies) afin de réduire la dépendance aux produits phytosanitaires. Les vignobles européens n'exploitent en effet pas encore suffisamment le potentiel de la diversité végétale. De nouveaux systèmes viticoles seront conçus suivant un cycle de conception-évaluation-ajustement, et testés en Suisse, en France, en Italie, en Espagne et en Roumanie. Ces systèmes viticoles innovants devraient améliorer la gestion des maladies et ravageurs viticoles, tout en influençant positivement la biodiversité fonctionnelle et d'autres services écosystémiques. La qualité des services rendus par ces systèmes innovants offrira des itinéraires technico-économiques plus favorables aux viticulteurs européens, car le contrôle des maladies et ravageurs est un des défis les plus importants, notamment pour la viticulture biologique. Un contrôle insuffisant peut conduire à l'abandon de la production biologique, empêchant ainsi l'accès à un marché en pleine expansion.

Pour favoriser le potentiel de la diversité végétale, le projet Biovine est structuré en différentes tâches (fig. 3). Les partenaires du projet Biovine identifieront et sélectionneront donc des plantes potentiellement intéressantes pour leurs capacités à contrôler les arthropodes nuisibles (T2), à limiter les pathogènes du sol ou foliaire (oomycètes, champignons, nématodes) (T3), à promouvoir le développement des champignons mycorrhiziens à arbuscules et valoriser leurs services rendus au vignoble (T4), et à réduire les dégâts liés aux pathogènes foliaires (T5). L'ensemble des espèces sélectionnées (sur la base des critères mentionnés dans cet article et des mélanges commerciaux existants) fera l'objet d'essais au vignoble (T6 et T7). ■

Les auteurs

Pierre-Antoine NOCETO¹, Anne-Laure FRAGNIÈRE², Patrik KEHRLI², Mathilde HÉRICHÉ¹, Jérôme FROMENTIN¹, Vittorio ROSSI³, Saša ŠIRCA⁴, Aurora RANCA⁵, Josep ARMENGOL⁶, Sophie TROUVELOT¹, Diederik VAN TUINEN¹, Pierre-Emmanuel COURTY¹ et Daniel WIPF¹

¹ Agroécologie, AgroSup Dijon, CNRS, INRAE, Université de Bourgogne Franche-Comté, 21000 Dijon, France

² Agroscope, route de Duillier 50, 1260 Nyon, Suisse

³ Università Cattolica del Sacro Cuore, Via Emilia Parmense, 8429122 Piacenza, Italie

⁴ Plant Protection Department, Agricultural Institute of Slovenia, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, Slovénie

⁵ S.C.D.V.V. Murfatlar, Calea Bucuresti nr. 2, Murfatlar, 905100 Constanta, Roumanie

⁶ Instituto Agroforestal Mediterráneo (IAM), Universitat Politècnica de València (UPV), Camino de Vera S/N, 46022 Valencia, Espagne

Renseignements: Patrik Kehrlí, tél. +41 58 460 43 16,

e-mail: patrik.kehrlí@agroscope.admin.ch

Remerciements

Les auteurs remercient les organes de financement transnationaux, partenaires du H2020 ERA-net projet, le CORE Organic Cofund et la Commission européenne pour le soutien financier du projet.

Bibliographie

- Courty P.-E., Trouvelot S., Mondy S., Adrian M., Bonneau L., Martin F., Van Tuinen D., Wipf D. & Selosse M.A. (2018). Le microbiote de la vigne: de nouveaux paradigmes et une perspective pour la vigne de demain. *Revue des œnologues* **169**, 25–27.
- Noceto P.-A., Hériché M., Fromentin J., Rossi V., Širca S., Ranca A., Kehrlí P., Armengol J., Trouvelot S., van Tuinen D., Courty P.-E. & Wipf D. (2020). Les couverts végétaux: un atout majeur pour réduire les intrants de synthèse et augmenter les services écosystémiques au vignoble. *Revue des œnologues* **175**, 14–17.

Les services rendus par les mycorhizes au vignoble

La mycorhization de la vigne est un atout majeur pour la vigueur et la santé du cep. La symbiose avec les champignons mycorrhiziens permet:

- d'améliorer l'accessibilité de la vigne aux nutriments (par exemple, azote, phosphore) et à l'eau du sol par l'augmentation du volume de sol exploré (au moins 40 fois);
 - d'augmenter la tolérance aux stress abiotiques tels que la sécheresse, la salinité, la chlorose ferrique et la toxicité des métaux lourds;
 - de protéger la vigne contre des pathogènes, notamment racinaires, comme le champignon *Armillaria* responsable du pourridié par compétition ou le nématode *Xiphinema* index vecteur du virus du court-noué par induction des défenses systémiques de la plante.
- Cette symbiose est également bénéfique pour le vignoble dans son ensemble, la présence de champignons mycorrhiziens permettant:
- d'accroître la stabilité du sol via la production de glycoprotéines et le développement d'un réseau d'hyphes très dense;
 - de réduire l'utilisation d'intrants (fertilisants et pesticides).

Pour plus d'informations cf. Courty *et al.* 2018

LA VIGNE

VOLUME 1 MALADIES FONGIQUES

OLIVIER VIRET
KATIA GINDRO



ISBN 978-3-85928-097-7

PRIX

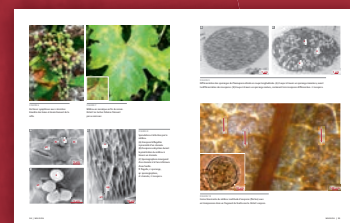
Prix CHF 70.– / dès 10 ex. CHF 67.– /
Ecoles CHF 63.–

(TVA incluse, frais de port non compris)

COMMANDES

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

Maladies fongiques est le premier volume de la collection La Vigne. Conçu pour les praticiens, les formateurs et les spécialistes, il s'adresse aussi à un public averti intéressé par la vigne. Cet ouvrage de référence fait le tour de toutes les maladies rencontrées aujourd'hui dans le vignoble, à l'aide de planches illustrées originales.





Nouveau professeur de chimie analytique

Dr Charles Chappuis est professeur de chimie analytique à la Haute école de CHANGINS depuis le 1^{er} décembre 2019.

«Notre nez est un outil d'analyse formidable, qui fut dénigré pendant trop longtemps, et à tort d'ailleurs. Tout dépend des critères employés pour évaluer notre nez. Par exemple, un chien sera probablement meilleur qu'un être humain pour établir une distinction entre des urines sur un lampadaire. En revanche, l'être humain sera probablement bien meilleur pour distinguer les odeurs d'un bon vin.»

J. P. McGann, *Science* 356, eaam7263 (2017).
DOI: 10.1126/science.aam726

Né le 20 février 1981 à Delémont, Charles Chappuis grandit dans la campagne jurassienne. Il suit toute sa scolarité obligatoire à Porrentruy. Il obtient ensuite son bachelier et son master en sciences, orientation biologie des parasites, puis son doctorat à l'Université de Neuchâtel. En 2014, il déménage à Nyon, puis à Genève, où il travaille notamment comme chercheur et responsable de laboratoire de chimie analytique durant près de six ans auprès de Firmenich. Il reste attaché au Jura, où vivent sa famille et plusieurs de ses amis.

Haute école de CHANGINS: Après plusieurs mois, comment vous sentez-vous dans ce poste à CHANGINS?

Charles Chappuis: Je m'y suis senti tout de suite très bien. L'entente avec mes collègues est excellente et l'environnement est très agréable. J'apprécie particulièrement le contact avec les étudiants, car leur regard neuf pour aborder certains sujets est très stimulant et remet en cause des certitudes. Le fait d'avoir des classes d'une moyenne de 25 étudiants est un grand privilège et favorise les échanges.

Comment concevez-vous votre enseignement?

J'ai repris le module de techniques analytiques et je n'ai pas pour le moment effectué de modifications

profondes sur les cours existants et leur contenu. Cependant, j'ai apporté une nouveauté en intégrant l'aspect chimique des arômes du vin. Certaines molécules sont dans le raisin, d'autres sont produites par les levures, d'autres encore apparaissent pendant le vieillissement du vin. Comment se forment ces odeurs présentes dans le vin? Comment peut-on les analyser? Les influencer? Ceci sans négliger les aspects sensoriels, qui sont essentiels à la compréhension des odeurs.

En ce qui concerne la recherche, menez-vous actuellement des projets?

Nouveau dans le monde du vin, je n'ai pas encore de projets. Ces prochains temps vont me permettre de m'introduire dans le milieu vitivinicole, de rencontrer des professionnels, pour comprendre les problèmes pratiques qu'ils rencontrent et développer des réponses pertinentes.

J'amène avec moi mon bagage scientifique, mais aussi des questions auxquelles je n'ai pas encore de réponses. Je suis fasciné par les mélanges complexes de composés odorants qui rendent une nourriture savoureuse, un vin délectable ou une toilette incommode. L'appréhension de ces mélanges ainsi que leur formation par des processus biologiques dans le vin, mais aussi dans d'autres boissons fermentées, sera, je pense, le thème principal de ma recherche. Je voudrais également me pencher sur les méthodes d'analyses pour en rendre certaines plus rapides, moins chères, afin que les vigneron puissent les avoir chez eux.

Quels défis majeurs identifiez-vous dans vos activités?

Je vois deux défis majeurs et passionnants, pour lesquels je suis très confiant. Le premier consiste à rendre intéressant la chimie auprès des étudiants. Cette matière peut paraître sèche et totalement abstraite, alors que les processus que cette science décrit gouvernent une bonne partie de notre vie et de la vie en général. J'adore manger et, lorsque nous cuisinons, nous provoquons toute une série de réactions chimiques qui aboutissent à un repas savoureux. Je pense que la nourriture, les boissons alcoolisées et d'autres délices sont de bonnes portes d'entrée pour l'appréhension de la chimie.

Le deuxième défi consiste à me faire une place dans le monde vitivinicole en m'imprégnant de tout ce qui existe déjà et en y apportant mes connaissances. Je souhaite en effet continuer la recherche sur les arômes produits par des organismes vivants.

Merci Charles Chappuis pour cet échange! ■



Réalisation de places de lavage et de remplissage phyto



Biobed collectif



Aire de remplissage



Biobac CCD



Osmofilm

 **ONLINE SHOP** ccdsa.ch/shop

 **CCD SA**

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

Piquets de vigne en acier galvanisé



nouvelle gamme en acier inox ZIGINOX



Fabrication suisse

www.zimmermannsa.ch 

CMZimmermann SA
1268 Begnins

Un système de palissage complet et unique

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




Invitation aux Journées de visite 2020


Vendredis 28 août et 4 septembre, 9 h à 17 h
Samedis 29 août et 5 septembre, 9 h à 17 h






Visite des vignobles
Dégustation de raisins de table
Grande Dégustation de vins:
- cépages traditionnels
- cépages résistants aux maladies (PIWI)
Collation dans la serre ombragée de vignes

Inscription:
Martin Auer Rebschulen • Pépinières Viticoles
Lisiloostrasse, 8215 Hallau / SH
auer@rebschulen.ch / Tél. 052 681 26 27

BON JOUR

Suivez votre ligne de vie,
venez donner votre sang 

 TRANSFUSION INTERREGIONALE CRS
INTERREGIONALE BLUTSPENDE SRK

 **MAVIE TON SANG**

Numéro gratuit 0800 14 65 65 | itransfusion.ch

parthénariat NOW.ch

LA VIGNE

VOLUME 2 RAVAGEURS ET AUXILIAIRES

CHRISTIAN LINDER
PATRIK KEHRLI
OLIVIER VIRET



ISBN 978-3-85928-099-1

PRIX

Prix CHF 85.– / dès 10 ex. CHF 81.– / Ecoles CHF 77.–

(TVA incluse, frais de port non compris)

COMMANDES

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

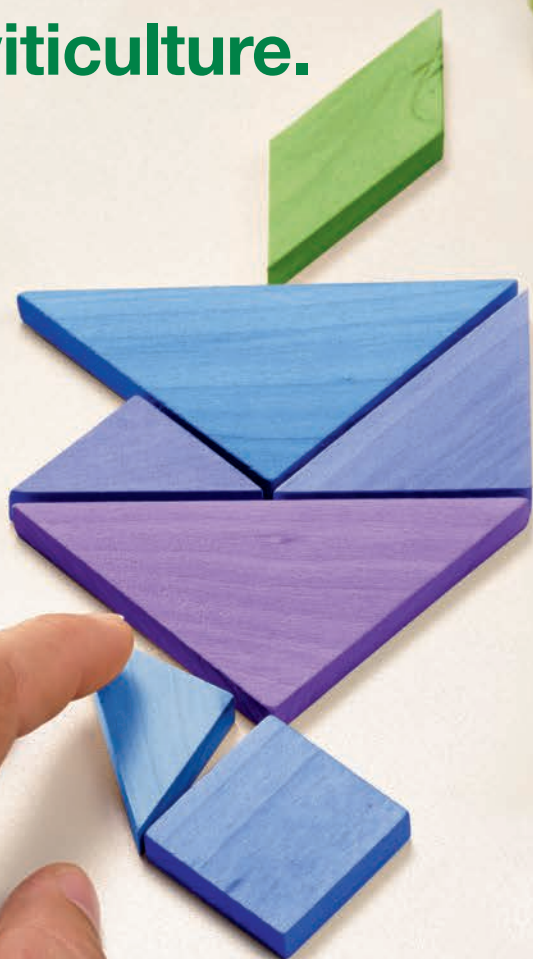
Le deuxième volume **Ravageurs et Auxiliaires** offre au lecteur un descriptif détaillé des visiteurs indésirables, mais aussi de la faune bénéfique qui réside dans nos parcelles.

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



Sercadis®

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



 **BASF**

We create chemistry

*** pour 27 Fr./ha max. en viticulture (0.0095 %, 0.15 l/ha Sercadis®) :**

- La puissance contre l'oïdium (Erysiphe n.)
- Action contre la black rot (Guidnardia bidwellii)
- Excellente sélectivité sur tout cépage/Fiable par tous les temps

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

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