

Revue suisse de viticulture arboriculture horticulture

Juillet-Août 2004 - Vol. 36 - N° 4

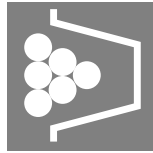
Prix: 12.-

Publiée par la Station fédérale de recherches agronomiques de Changins, l'Ecole d'ingénieurs de Changins, le Service romand de vulgarisation agricole et avec l'appui de l'Association des groupements et organisations romands de l'agriculture



TERROIRS VITICOLES VAUDOIS





6 - 10 pcs. **820.-**
1 pcs. 870.-

Economique, pratique, écologique BAC A VENDANGES



Pour les vendanges à venir: optez pour notre modèle en polyéthylène, jusqu'à **25% moins cher** qu'un bac en inox!

Vos avantages:

- Grande résistance aux chocs
- Hygiène excellente
- Graduation par 50 l.
- Nettoyage au jet suffisant
- Désempilage aisé, blocage impossible
- Lot d'accessoires modulables

Matière: Polyéthylène blanc
Armature en inox

Volume: 680 litres
Poids: 38 kg
Fabrication suisse



Multi-usages résistant, compact BAC MÉLANGEUR



Pour toutes vos tâches de la cave: sucrage, collage, transvasage, etc. Matériau de pointe jusqu'à **50% moins cher** qu'un bac en inox!

Vos avantages:

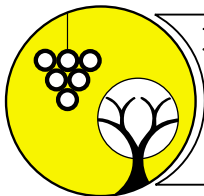
- Vidange centrale totale
- Hygiène excellente
- Recyclable
- Nettoyage au jet suffisant
- Brasseur amovible, arbre en inox
- Grande résistance aux chocs

Matière: Polyéthylène blanc
+ 4 roulettes pp

Volume: 500 litres
Fabrication suisse
1 an de garantie

Appelez-nous!
021 - 946 33 34

1070 PUIDOUX • Fax 021 946 33 86



Sommaire



Photo de couverture:

Une étude des terroirs viticoles a pu être réalisée de 2000 à 2004 sur l'ensemble du vignoble vaudois. Elle a permis de cartographier les sols et le climat et de valider les méthodes utilisées par l'analyse du comportement de la plante.

Voir le dossier «Terroirs viticoles vaudois» encarté dans ce numéro.

Photos Agroscope RAC Changins

Editoriaux

- Quelle maturité pour les raisins de cuve? – Ch. GUYOT et Ph. DUPRAZ 188
Le terroir, véritable identité des vins suisses – F. MURISIER 189

Agroscope RAC Changins

- Efficacité larvicide de différents insecticides incorporés au milieu artificiel d'élevage contre les vers de la grappe. 2. Tests sur cochylis *Eupoecilia ambiguella* et comparaison avec les tests sur eudémis *Lobesia botrana* 191

P. J. CHARMILLOT, D. PASQUIER et Stéphanie VERNEAU

- Diagnostic immuno-enzymatique des maladies du bois strié du pommier et du jaunissement des nervures du poirier à l'aide d'anticorps monoclonaux 207

Maria-Elena RAMEL, P. GUGERLI, L. BOURQUIN et J. DE MEYER

- La mouche *Scatella tenuicosta* Collin, commensale des cultures sous abri 215
S. FISCHER et Pauline GROS

Défeuillage et éclaircissement des grappes en viticulture.

- Essai sur Chasselas dans le bassin lémanique. 2. Influence sur la qualité du raisin et du vin 223
D. MAIGRE

En collaboration avec l'Institut de recherches de l'agriculture biologique

- Applications de soufre en automne: une nouvelle manière de lutter contre l'ériophyde à galles du poirier 199

Claudia DANIEL, E. WYSS et Ch. LINDER

En collaboration avec Prométerre, le Bureau d'études SIGALES (F) et l'EPFL

DOSSIER «ÉTUDE DES TERROIRS VITICOLES VAUDOIS»

- | | |
|---|----|
| 1. Méthodologie, organisation, perspectives – F. MURISIER et C. BRIGUET | 2 |
| 2. Caractérisation des sols – Isabelle LETESSIER et C. FERMOND | 4 |
| 3. Modélisation des paramètres climatiques – Karine PYTHOUD | 10 |
| 4. Comportement physiologique et agronomique de la vigne – V. ZUFFEREY et F. MURISIER | 14 |

Ecole d'ingénieurs de Changins

- Déguster les baies pour suivre la maturité du raisin 231

Ch. GUYOT et Ph. DUPRAZ

- Suivi de la maturation des raisins de cépages rouges: phase 1 Gamaret 235

Simone de MONTMOLLIN, Ph. DUPRAZ, Ch. GUYOT et J.-M. SIEFFERMANN

Nouveautés de l'Ecole d'ingénieurs de Changins

- Nouvelle formation modulaire à l'Ecole spécialisée de Changins: qu'en est-il des employeurs? 243

Chronique

- Le «Munder Safran» est enregistré comme AOC 205

- Actualités d'Agroscope FAW Wädenswil 244

Informations agricoles

- Vinitech: du 30 novembre au 3 décembre 2004 à Bordeaux 246

Revue suisse de Viticulture, Arboriculture et Horticulture et/ou Revue suisse d'Agriculture

ÉDITEUR: AMTRA (Association pour la mise en valeur des travaux de la recherche agronomique). Case postale 516, CH-1260 Nyon 1 (Suisse)
www.amtra.ch

RÉDACTION: André Maillard (directeur et rédacteur en chef)
Eliane Rohrer (tél. 022 363 41 54, fax 022 363 41 55, e-mail: eliane.rohrer@rac.admin.ch)

COMITÉ DE LECTURE: A. Stäubli (directeur), Ch. Darbellay, N. Delabays, P. Gugerli, F. Murisier et O. Viret (RAC)
J.-Ph. Mayor (directeur) EIC
Dominique Barjolle (directrice) SRVA

PUBLICITÉ: PRAGMATIC SA, 9, av. de Saint-Paul, 1223 Cologny, tél. (+41) 22 736 68 06, fax (+41) 22 786 04 23

PRÉPRESSE: inEDIT Publications SA, 1025 Saint-Sulpice

IMPRESSION: Courvoisier-Attinger Arts graphiques SA

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

SERVICE DES ABONNEMENTS

Vous pouvez obtenir soit un abonnement **combiné** à nos deux Revues (12 numéros), c'est-à-dire *Revue suisse de Viticulture, Arboriculture et Horticulture* et *Revue suisse d'Agriculture* à **un prix très favorable**, soit un abonnement **simple** à l'une ou à l'autre (6 numéros).

ABONNEMENT ANNUEL (2004)

	SIMPLE (6 numéros)	COMBINÉ (12 numéros)
SUISSE:	CHF 41.–	CHF 60.–
FRANCE:	€ (Euros) 32.–	€ (Euros) 45.–
AUTRES PAYS:	CHF 47.–	CHF 68.–

RENSEIGNEMENTS ET COMMANDES: Pierre-Alain Nussbaum, Agroscope RAC Changins, CH-1260 Nyon 1
Tél. (+41) 22 363 41 52 ou fax (+41) 22 363 41 55
E-mail: pierre-alain.nussbaum@rac.admin.ch

CCP 10-13759-2 ou UBS Nyon, compte CD-100 951.0 ou chèque

Quelle maturité pour les raisins de cuve?

Une tendance générale dans la consommation actuelle du vin montre que les bouteilles qui ont la préférence du marché sont celles qui offrent des vins colorés, aux parfums soutenus mais simples, avec des impressions en bouche charnues et soyeuses, voire sucrées. Ce type de vins demande des raisins très mûrs à surmûrs. Pourtant, certains consommateurs montrent déjà une certaine lassitude pour ces vins «lourds» et un retour à des vins plus fins, plus complexes, semble se dessiner.

Les goûts des consommateurs évoluent donc sans cesse et la diversité de l'offre en vins doit en tenir compte. Dans ce contexte, les vigneron·ne·s font preuve d'une grande diversité dans leur manière d'élaborer les vins.

Personne ne contestera que la maturité du raisin est un facteur essentiel de qualité dans l'élaboration du vin, mais la question qui se pose précisément ici est: quelle maturité?

Pour beaucoup, le critère décisif de la maturité des raisins est sa teneur en sucre. Le millésime 2003 est exemplaire à cet égard: «sondages exceptionnels = qualité extraordinaire!». La teneur en acidité des raisins complète traditionnellement l'appréciation de la maturité des raisins: par exemple, un excès d'acidité associé à une faible teneur en sucre signale clairement une maturité insuffisante.

Il n'y a pas lieu ici de contester la place importante des sucres et de l'acidité dans les critères de qualité. Cela d'autant plus qu'ils figurent parmi les principaux constituants du futur vin. Toutefois, il paraît nécessaire d'élargir la palette des paramètres pris en compte pour appréhender la maturité du raisin. Pour illustrer cette nécessité, prenons l'exemple du Pinot noir et du Muscat. Dans certains vignobles très exposés, il arrive fréquemment que les vins de Pinot noir soient alcooleux, peu tanniques, de couleur tuilée et que leurs caractères olfactifs révèlent des notes de «cuit», dépourvues de finesse. Pour les

cépages aromatiques comme le Muscat, la teneur en sucres est contestée depuis longtemps comme premier marqueur de la qualité de la vendange, car l'incompatibilité entre l'expression potentielle des arômes des raisins et leur surmaturité est notoire.

Les arômes et les polyphénols sont des composants essentiels de la qualité des vins. Ils sont localisés dans les structures cellulaires proches de la pellicule du raisin. De l'évolution morphologique et physiologique de ces cellules dépendent la nature, la concentration et l'extractibilité de ces composants essentiels. Or, ce facteur échappe totalement à la mesure des taux de sucre et d'acidité des raisins.

Le suivi analytique de la teneur en anthocyanes libres des raisins au cours de la maturation représente une tentative de mieux comprendre l'évolution quantitative et qualitative des polyphénols dans les raisins rouges (voir à ce sujet l'article de DE MONTMOLLIN et al., en p. 235). Parallèlement, et cette autre approche est également valable pour les raisins blancs, le suivi méthodique des propriétés sensorielles (vue, toucher, goût, odorat) des raisins et de leurs constituants (pulpe, pellicule, pépins) durant la maturation permet d'apporter des compléments essentiels à l'obtention d'une vue complète et claire de l'état de maturité d'un raisin (voir l'article de GUYOT et DUPRAZ, en p. 231).

En conclusion, on constate qu'il n'y a pas de réponse simple à la question de la maturité du raisin. En effet, chacun de ces indicateurs potentiels de maturité évoluant à sa façon, on devrait davantage parler des maturités du raisin. Ainsi, en fonction du vin à élaborer, il convient de choisir la maturité optimale, soit la maturité la mieux adaptée au produit souhaité.

Christian Guyot et Philippe Dupraz

 E-mail: christian.guyot@eic.vd.ch

Le terroir, véritable identité des vins suisses

Face à la concurrence des vins étrangers, encore stimulée par la nouvelle ouverture du marché, la viticulture suisse s'organise. Une Interprofession suisse du vin s'est constituée, regroupant les différentes familles de l'économie vitivinicole du pays. Un organe de promotion des vins suisses a été mis sur pied avec le soutien de l'ensemble des régions viticoles, non seulement pour l'exportation mais également pour le marché indigène. L'observatoire des marchés du vin, récemment créé, commence à fournir les premières tendances sur la commercialisation et la consommation des vins suisses. Diverses initiatives fédérant l'ensemble des régions sont actuellement en cours, comme l'élaboration d'un guide des vins suisses dont la parution est prévue pour octobre 2004, couplée avec l'organisation d'un concours national des vins. Toutes ces démarches visent à promouvoir la qualité du vin suisse et à soutenir les efforts considérables entrepris par la vitiviniculture suisse pour faire face aux exigences du marché.

Mais le vin suisse possède-t-il une identité, en dehors du fait de provenir du territoire helvétique? La diversité des vins produits en Suisse est un cas unique au monde. On y cultive plus de cinquante cépages différents, même si quatre d'entre eux occupent à eux seuls 83% de la surface. A cette diversité de cépages s'ajoutent une grande variété de climats et de sols qui vont, à leur tour, fortement marquer la typicité des produits.

La chance des vins suisses ne résiderait-elle pas précisément dans leur diversité, à condition de leur trouver une identité commune? Le terroir – et sa valorisation au travers des appellations d'origine – peut être à même de donner une véritable identité aux vins suisses. Le nom d'un cépage, aussi prestigieux soit-il, ne suffit pas à lui seul à donner au vin une notoriété durable, s'il n'est pas associé à une origine, à un terroir.

La mise en valeur des terroirs est déjà très ancienne en viticulture. Elle a permis de donner naissance à des crus prestigieux, mondialement connus. L'acquisition de connaissances scientifiques sur les facteurs spécifiques du terroir intéresse actuellement de nombreuses régions viticoles, pas seulement dans les vignobles traditionnels mais également dans les pays du Nouveau Monde. La viticulture suisse réalise des efforts importants dans ce domaine. Grâce au soutien de la Confédération et à celui de toute la profession, un grand projet d'étude du terroir a pu être réalisé sur l'ensemble du territoire viticole vaudois. Les sols et les climats ont pu être identifiés et cartographiés. Les méthodes de caractérisation ont pu être validées par une étude de comportement de la plante. La synthèse des résultats au niveau des sols, du climat et de la plante est publiée dans le présent numéro (voir le dossier encarté). D'autres cantons viticoles suisses s'intéressent aujourd'hui à réaliser des études de terroir. Des travaux de caractérisation des sols sont ainsi en cours à Neuchâtel, à Genève et en Valais.

Les perspectives offertes par les études des terroirs sont très diverses. Elles peuvent fournir au viticulteur un outil de gestion en vue de choisir les techniques les mieux adaptées à chaque type de terroir. Elles permettent aussi d'identifier la meilleure combinaison entre sol, climat et cépage. Elles représentent également un élément important de communication et de marketing pour les consommateurs, toujours plus intéressés à connaître l'identité et l'origine des produits qu'ils achètent.

François Murisier

 E-mail: francois.murisier@rac.admin.ch

Viticulture

Emballage

Vinicole

Services

VINITECH BORDEAUX

30 nov./3 déc. 04



Pas de grand vin sans grande technique

Le plus grand rendez-vous mondial

- accéder au meilleur de l'innovation technologique et découvrir les dernières nouveautés
- rencontrer les fournisseurs et spécialistes d'envergure internationale
- trouver des conseils, des idées auprès des meilleurs experts
- participer ou assister à des conférences de haut niveau...

www.vinitech-bordeaux.com

PROMOSALONS Sàrl
Stauffacherstrasse 149
CH - 8004 ZÜRICH
Tél.: +41/1/291 09 22
Fax: +41/1/242 28 69
e-mail: switzerland@promosalons.com

AIR FRANCE
LE MONDIAL DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION VITIVINICOLE
Numéro d'agrément
AXZE VINITEC

MONDIAVITI
LE MONDIAL DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION VITIVINICOLE
BORDEAUX



YSA Océan Linigè


LE SALON MONDIAL DES ÉQUIPEMENTS ET TECHNIQUES DE LA VIGNE, DU VIN ET DES SPIRITUEUX

e-mail: vinitech@bordeaux-expo.com

Efficacité larvicide de différents insecticides incorporés au milieu artificiel d'élevage contre les vers de la grappe

2. Tests sur cochylys *Eupoecilia ambiguella* et comparaison avec les tests sur eudémis *Lobesia botrana*

P. J. CHARMILLOT, D. PASQUIER, Stéphanie VERNEAU, Agroscope RAC Changins, case postale 254, CH-1260 Nyon 1

 E-mail: pierre-joseph.charmillot@rac.admin.ch
Tél. (+41) 22 36 34 379.

Résumé

Neuf insecticides sont incorporés à différentes concentrations dans le milieu artificiel pour déterminer leur efficacité sur des larves du ver de la grappe cochylys *Eupoecilia ambiguella*, provenant de l'élevage d'une souche originaire du bassin lémanique. Une première évaluation est effectuée après 14 jours et les survivantes sont élevées jusqu'à l'émergence du papillon. Des courbes d'efficacité en fonction du dosage ont ainsi été établies. L'efficacité diffère considérablement selon les insecticides. Sept produits sur les neuf testés possèdent un bon potentiel de lutte contre cochylys, leurs LC_{50} s'étalant entre 0,02 et 1 ppm: méthoxyfénozide, spinosad, flufénoxuron, tébufénozide, indoxacarbe, chlorpyrifos-méthyl et téflubenzuron. En ce qui concerne le chlorpyrifos-éthyl (Pyrinex), sa LC_{50} très élevée d'environ 100 ppm peut être attribuée à sa formulation micro-encapsulée qui ne permet probablement pas une bonne diffusion de la substance active dans le milieu. Le diflubenzuron ne présente aucun intérêt pour la lutte contre cochylys. Le méthoxyfénozide et le tébufénozide sont potentiellement un peu plus efficaces contre cochylys que contre eudémis. Le spinosad se montre nettement plus actif sur cochylys tandis que le téflubenzuron est nettement plus efficace contre eudémis.

saire contre la seconde génération. Différentes préparations à base de *Bacillus thuringiensis* (BT) ainsi que le spinosad sont des insecticides biologiques couramment utilisés (SCALCO *et al.*, 1997; DUTTON *et al.*, 2003). Les produits de synthèse sélectifs le plus fréquemment appliqués sont des régulateurs de croissance d'insectes (RCI) tels que le fénoxycarbe, le tébufénozide, le méthoxyfénozide, des inhibiteurs de croissance d'insectes (ICI) comme le téflubenzuron, ainsi que l'indoxacarbe, un insecticide qui agit sur le système nerveux du ravageur en bloquant les canaux de sodium (LINDER *et al.*, 2002). Quelques esters phosphoriques, tels que le chlorpyrifos-éthyl ou le chlorpyrifos-méthyl, sont aussi homologués, mais ils sont plus toxiques pour la faune utile.

Au cours de ces dernières années, la lutte par la technique de confusion a fortement progressé et actuellement elle est appliquée sur plus de 40% de la surface viticole du pays. En général, son efficacité est telle qu'elle permet de renoncer à tout traitement complémentaire. Toutefois, dans les vignobles où la pression initiale des vers de la grappe est très élevée, un traitement complémentaire localisé peut s'avérer nécessaire (CHARMILLOT et PASQUIER, 2000 et 2004a; EMERY et SCHMID, 2001). Pour l'instant, la cochylys n'a pas développé de résistance aux insecticides. Cependant, il nous a paru important d'établir des courbes de référence concernant l'efficacité larvicide des principaux insecticides, homologués ou en développement, en fonction du dosage dans le

Introduction

L'aire de distribution de la cochylys (*Eupoecilia ambiguella*) dépasse largement vers le nord celle de la vigne cultivée. On la rencontre des rives de la Méditerranée jusqu'au sud de la Grande-Bretagne et de la Scandinavie, en Europe centrale et balkanique, au sud de la Russie, dans le Caucase ainsi qu'au Kazakhstan et en Ouzbékistan. Elle est également présente plus à l'est en Asie, notamment en Chine et au Japon. La cochylys se développe encore très bien dans des climats relativement frais et humides, contrairement à l'autre ver de la grappe eudémis (*Lobesia botrana*)

qui préfère les régions chaudes et sèches (BOVEY, 1996).

Dans la plupart des vignobles suisses, ces deux ravageurs cohabitent dans des proportions qui varient selon les lieux et qui fluctuent au cours des années en fonction des conditions météorologiques (SCHMID *et al.*, 1977). La cochylys évolue en deux générations annuelles tandis que, dans les régions les plus chaudes, l'eudémis peut amorcer un troisième vol, normalement sans conséquences économiques. La lutte contre les vers de la grappe peut généralement être évitée en première génération car le seuil de tolérance est élevé; elle est en revanche presque partout néces-

milieu artificiel d'élevage. Ces données nous permettent actuellement de comparer les potentialités des différents produits pour la lutte contre cochylys et eudémis (CHARMILLOT, 2004b). Dans l'avenir, elles serviront de référence pour dépister rapidement d'éventuels foyers de résistance.

Matériel et méthode

Les larves néonates de cochylys utilisées pour cet essai proviennent de l'élevage permanent de la Station fédérale de recherches agronomiques Agroscope RAC Changins, constitué d'une souche prélevée dans des

vignes du bassin lémanique. L'élevage des larves est effectué sur un milieu nutritif artificiel dans lequel sont incorporés les insecticides à tester. Pour chaque concentration de produit, le milieu est préparé en mélangeant soigneusement 12,5 g de milieu sec «Manduca-Heliothis Premix» (Stonefly Industries, USA) à 37,5 ml de solution aqueuse d'insecticide, de façon à obtenir 50 g de milieu contaminé à la concentration souhaitée. Un peu de milieu ainsi traité (1-2 g) est appliqué avec une spatule dans 30 petites boîtes en plastique, puis une larve néonate est déposée au pinceau dans chaque boîte. L'élevage est ensuite effectué en cellule climatisée à 25 °C. Un premier contrôle est réalisé après 14 jours pour dénombrer les larves mortes, puis l'élevage des survivantes se poursuit jusqu'au stade de papillon.

L'essai porte sur neuf produits, dosés à 3-10 concentrations allant de 0,005 ppm (mg de matière active par kg) à 300 ppm, avec un ou deux témoins pour chaque produit (tabl.1). L'efficacité larvicide des produits est calculée par rapport au témoin correspondant. Les paramètres de la relation «dose-effet» sont calculés, pour la période larvaire de 14 jours ainsi que pour la durée complète jusqu'à l'émergence du papillon, au moyen du programme POLO-PC qui met en équation le logarithme des doses exprimées en ppm avec la proportion des individus morts, transformée en probit (LeOra Software, 1987).

Résultats

Elevage des larves durant 14 jours

Le taux de survie dans les neuf témoins varie entre 93,3 et 98,3%; il est en moyenne de 94,8% (tabl. 2).

Comparaison des LC₅₀

Le méthoxyfénozide est nettement le produit le plus efficace, avec une concentration létale pour 50% des larves (LC₅₀) s'élevant à 0,03 ppm (fig. 1). Les LC₅₀ sont situées entre 0,09 et 0,17 ppm pour le spinosad, le tébufénozide et le flufénoxuron et entre 0,9 et 1,5 ppm pour le chlorpyrifos-méthyl, l'indoxacarbe et le téflubenzuron. Enfin,

Tableau 1. Liste des produits testés dans le milieu d'élevage pour leur efficacité sur cochylys *Eupoecilia ambiguella*.

Matière active	Nom commercial	Formulation	Type de produit
Tébufénozide Méthoxyfénozide	Mimic Prodigy (RH-2485)	SC 240 g/l SC 240 g/l	RCI, agoniste de l'écdysone
Diflubenzuron Téflubenzuron Flufénoxuron	Dimilin Nomolt Cascade	SC 480 g/l SC 150 g/l EC 100 g/l	ICI, inhibiteur de formation de la chitine
Chlorpyrifos-méthyl Chlorpyrifos-éthyl	Reldan Pyrinex	EC 400 g/l ME 250 g/l	Ester phosphorique
Indoxacarbe	Steward	WG 300 g/kg	Oxadiazine (Na)
Spinosad	Audienz	SC 480 g/l	Spinosyne A+B

SC = suspension concentrée; EC = concentré émulsionnable; ME = microcapsules; WG = granulés solubles.

Tableau 2. Efficacité des produits incorporés au milieu artificiel d'élevage sur les chenilles de cochylys *Eupoecilia ambiguella*. Paramètres de description des courbes d'efficacité-dose suite à une évaluation après 14 jours ou après l'élevage jusqu'à l'émergence du papillon.

Produit	Concentrations		Larves		Stade contrôlé	Survie témoin (%)	Pente	Ordonnée à l'origine	G	LC ₅₀		LC ₉₀	
	testées (n)	plage (ppm)	traitées (n)	témoin (n)						ppm	Intervalle de confiance	ppm	Intervalle de confiance
Méthoxyfénozide	8	0,005 - 3	240	60	14 jours papillons	90,0 86,7	3,3 3,5	5,1 5,8	0,3 0,1	0,03 0,02	0,01 - 0,04 0,01 - 0,03	0,07 0,05	0,05 - 0,14 0,04 - 0,07
Flufénoxuron	9	0,03 - 3	270	60	14 jours papillons	95,0 90,0	4,3 35,7	3,3 35,6	0,2 >1000	0,17 0,10	0,13 - 0,22	0,33 0,11	0,23 - 1,04
Indoxacarbe	8	0,03 - 3	240	60	14 jours papillons	96,7 93,3	72,0 3,0	-0,3 2,5	>1000 0,1	1,01 0,14	0,10 - 0,19	1,05 0,38	0,29 - 0,57
Tébufénozide	10	0,03 - 3	510	60	14 jours papillons	94,4 91,1	3,4 5,5	2,7 5,1	0,2 0,1	0,16 0,12	0,12 - 0,20 0,10 - 0,13	0,38 0,20	0,28 - 0,63 0,17 - 0,26
Téflubenzuron	7	0,03 - 10	210	60	14 jours papillons	98,3 96,7	2,4 2,5	-0,4 0,3	0,2 0,1	1,47 0,76	0,99 - 2,11 0,53 - 0,98	5,11 2,46	2,70 - 50,6 1,80 - 4,14
Spinosad	5	0,03 - 3	150	60	14 jours papillons	93,3 90,0	3,2 3,5	3,4 3,8	0,1 0,2	0,09 0,08	0,06 - 0,12 0,06 - 0,10	0,22 0,19	0,15 - 0,55 0,13 - 0,36
Chlorpyrifos-méthyl	5	0,3 - 3	150	60	14 jours papillons	96,7 93,3	7,2 13,4	0,0 -0,3	0,2 0,3	0,99 1,05	0,84 - 1,11 0,94 - 1,13	1,49 1,31	1,29 - 2,12 1,21 - 1,65
Chlorpyrifos-éthyl	8	0,03 - 300	240	60	14 jours papillons	93,3 91,7	4,3 3,1	-7,6 -5,3	0,2 0,2	59,5 52,1	47 - 72 37 - 66	118,6 134,7	93 - 194 100 - 257
Diflubenzuron (n.s.)	3	1 - 10	90	60	14 jours papillons	96,7 96,7	1,2 0,8	-2,2 -1,1	1,6 1,0	53,4 24,5		566,3 1083,2	

G: index de signification => si G > 0,5 au seuil de 5%, les intervalles de confiance ne peuvent être calculés.

Elevage jusqu'à l'émergence des papillons

Le taux de survie dans les neuf témoins varie entre 86,7 et 96,7%; il est en moyenne de 91,9% (tabl. 2).

Comparaison des LC_{50}

Le méthoxyfénozide est le produit le plus efficace, avec une LC_{50} située à 0,02 ppm (fig. 2). Les LC_{50} de six autres produits sont situées entre 0,08 et 1,05 ppm. Il s'agit dans l'ordre du spinosad, du flufénoxuron, du tébufénozide, de l'indoxacarbe, du téflubenzuron et du chlorpyrifos-méthyl. La LC_{50} du diflubenzuron à 25 ppm est sensiblement plus élevée que celle des autres produits.

Comparaison des LC_{90}

Pour les LC_{90} , le classement des produits par ordre d'efficacité est presque identique. Les produits flufénoxuron, chlorpyrifos-méthyl et chlorpyrifos-éthyl, dont les courbes ont des pentes un peu plus raides, sont légèrement favorisés dans le classement.

Comparaison de l'efficacité des produits après 14 jours ou à l'émergence des papillons

Si les deux courbes d'efficacité en fonction de la dose, après 14 jours ou après l'émergence des papillons, sont très proches l'une de l'autre, cela signifie que le produit agit rapidement. Lorsque le produit agit lentement, les deux courbes sont éloignées et cela se traduit par des LC_{50} et LC_{90} nettement différentes.

Ainsi, les ICI flufénoxuron, téflubenzuron et diflubenzuron, qui n'agissent que lors des mues en bloquant la synthèse de la chitine, ont un mode d'action assez lent. Une partie des larves ne meurent qu'après le premier contrôle effectué après 14 jours (fig. 3). Cette mortalité tardive pourrait aussi traduire une sensibilité à ces produits plus élevée aux derniers stades larvaires qu'aux premiers. Dans le cas de l'indoxacarbe, les deux courbes sont très éloignées mais, d'une part, la relation pour le contrôle à 14 jours n'est pas assurée et, d'autre part, il est connu que ce produit provoque rapidement un arrêt de la nutrition mais que les larves peuvent malgré tout survivre assez longtemps. Tous les autres produits, soit les régulateurs de croissance d'insectes (RCI) tébufénozide et méthoxyfénozide qui sont des agonistes de l'hormone de mue, les

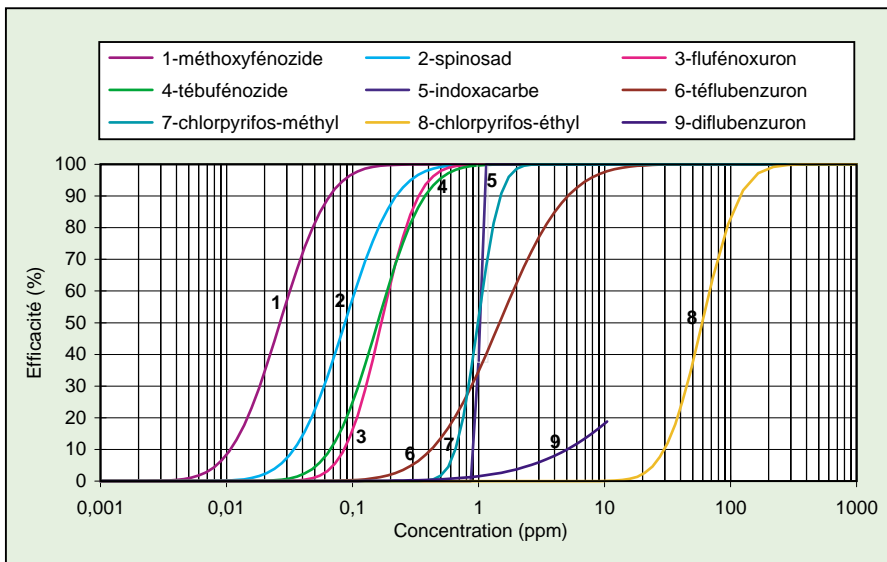


Fig. 1. Efficacité sur cochylys *E. ambiguella* des produits incorporés au milieu en fonction de la concentration. Contrôle de l'efficacité après 14 jours d'élevage.

le diflubenzuron, qui n'a été testé qu'à trois concentrations, n'a pratiquement pas d'efficacité, même à 10 ppm, mais ce produit est bien connu pour son inefficacité contre les vers de la grappe.

Dans cet essai, l'efficacité du chlorpyrifos-éthyl a surpris par sa médiocrité, car la LC_{50} de ce produit, située à 59 ppm, ne reflète pas les relativement bonnes performances enregistrées dans l'application pratique en vignoble. Ce résultat contradictoire pourrait provenir de la formulation en microcapsules (ME) qui, dans le tractus digestif des larves, libérerait trop lentement la matière active alors qu'après un traitement en vignoble, l'insecticide émis est absorbé par le végétal et devient alors disponible pour l'insecte.

Comparaison des LC_{90}

Avec les LC_{90} , le classement des produits par ordre d'efficacité est presque identique du fait que les pentes des courbes sont assez similaires.

Paramètre de la relation dose-effet

Pour le diflubenzuron et l'indoxacarbe, l'index G (*index of significance for potency estimation G*) est supérieur à 0,5, ce qui implique qu'il n'est pas possible de définir de manière sûre les intervalles de confiance de la relation. Pour les sept autres produits testés dans cet essai, les paramètres de la relation et les intervalles de confiance sont définis, l'index G étant inférieur à 0,5 (tabl. 2).

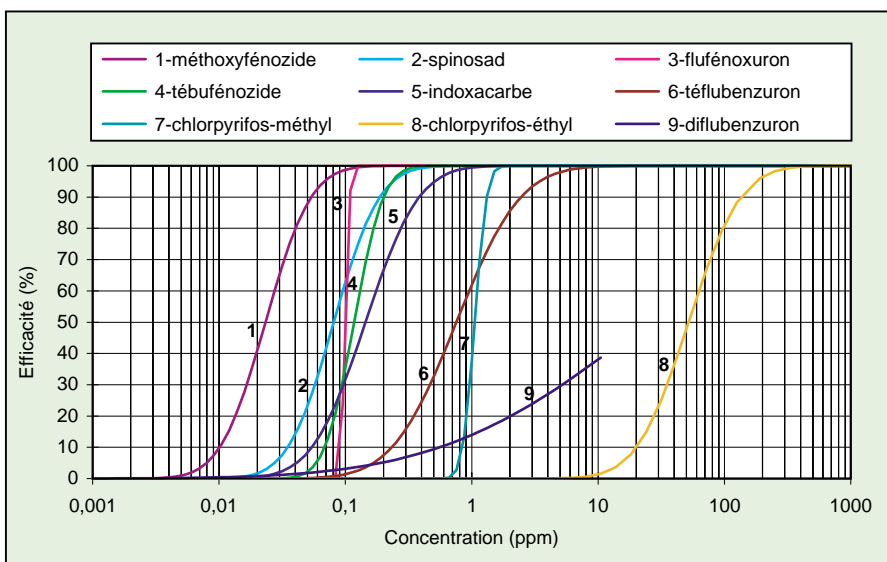


Fig. 2. Efficacité sur cochylys *E. ambiguella* des produits incorporés au milieu en fonction de la concentration. Contrôle de l'efficacité après l'élevage jusqu'à l'émergence des papillons.

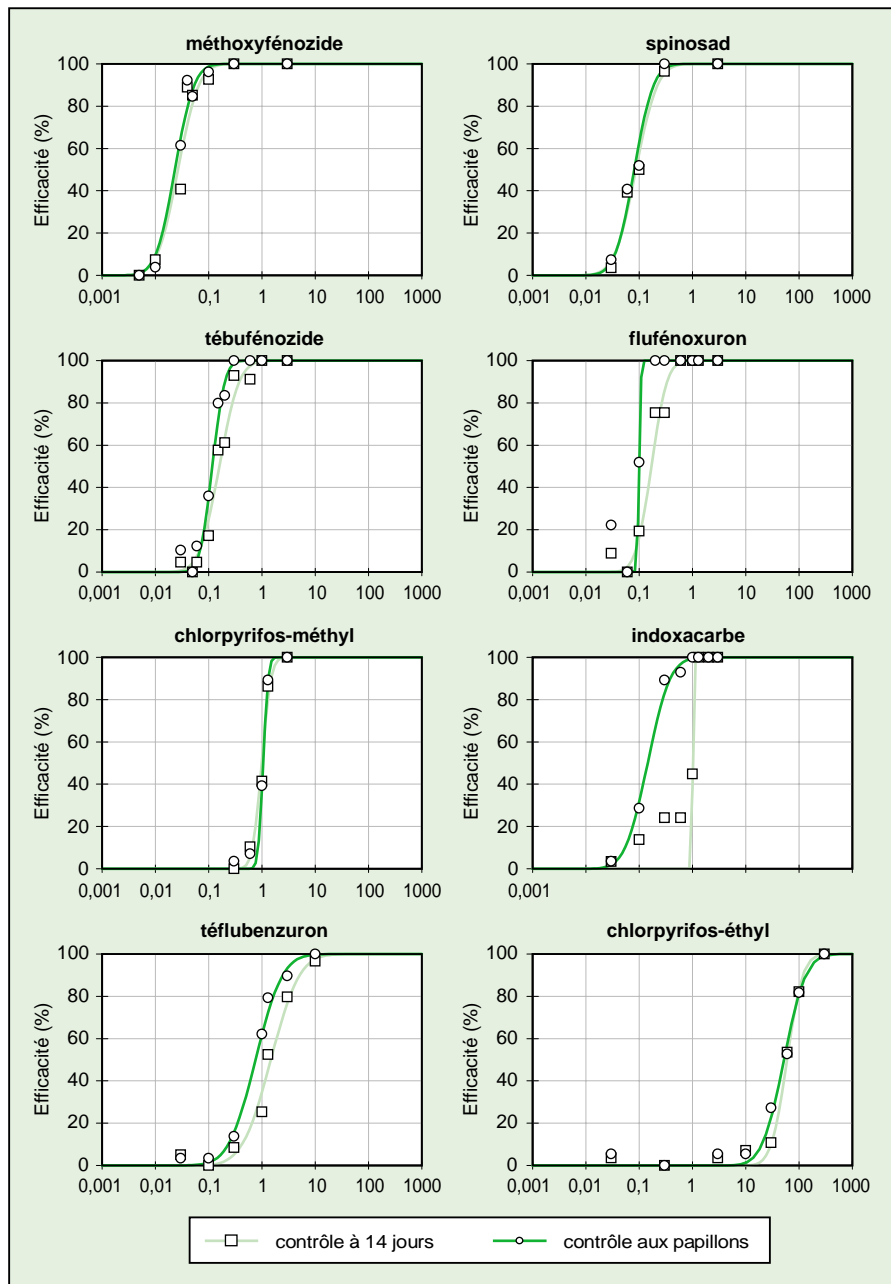


Fig. 3. Comparaison de l'efficacité des produits testés sur cochylis *E. ambiguella*, déterminée après 14 jours ou après l'élevage jusqu'à l'émergence des papillons.

Tableau 3. LC_{50} des produits incorporés au milieu artificiel déterminées après 14 jours d'élevage pour cochylis *Eupoecilia ambiguella* et eudémis *Lobesia botrana*. Efficacité relative sur les chenilles de chaque espèce.

Produit	LC_{50} cochylis	LC_{50} eudémis	Rapport d'efficacité en faveur de cochylis	Rapport d'efficacité en faveur d'eudémis
Méthoxyfénazide	0,03	0,05	1,7	–
Tébufénazide	0,16	0,23	1,4	–
Flufénoxuron	0,17	0,17	1,0	1,0
Indoxacarbe	1,01	0,21	–	4,8
Téflubenzuron	1,47	0,33	–	4,5
Spinosad	0,09	0,44	4,9	–
Chlorpyrifos-méthyl	0,99	0,65	–	1,5
Diflubenzuron	53	46	–	1,2
Chlorpyrifos-éthyl	59	63	1,1	–

deux esters phosphoriques chlorpyrifos-éthyl et chlorpyrifos-méthyl qui sont des poisons nerveux, de même que le spinosad qui affecte les transmissions nerveuses, agissent très rapidement sur cochylis.

Comparaison de l'efficacité des produits contre cochylis et eudémis

Les neuf produits testés sur cochylis l'ont également été sur eudémis (CHARMILLOT et PASQUIER, 2004b) et les LC_{50} obtenues pour l'élevage durant 14 jours sont consignées dans le tableau 3. Les rapports des LC_{50} permettent de juger de l'efficacité relative pour chaque espèce. Les rapports de 1,7 et 1,4 obtenus avec les RCI méthoxyfénazide et tébufénazide indiquent que ces deux produits sont potentiellement un peu plus efficaces sur cochylis que sur eudémis (fig. 4). Le spinosad est sensiblement plus actif sur cochylis que sur eudémis avec un rapport de 4,9. Par contre, le ICI téflubenzuron est nettement plus efficace sur eudémis et ce n'est pas un hasard si ce produit n'est pas homologué contre cochylis. Lorsque son efficacité est évaluée après 14 jours, l'indoxacarbe agit nettement plus sur eudémis, par contre, avec les individus élevés jusqu'au stade d'adulte, son effet devient pratiquement identique pour les deux espèces (tabl. 2). Le chlorpyrifos-méthyl est légèrement plus efficace contre eudémis. Les autres produits testés agissent de manière comparable sur les deux espèces. Les résultats sont similaires si l'on calcule les rapports des LC_{90} .

Remerciements

Nous remercions très vivement M^{mes} M. Rhyn et S. Tagini pour leur précieuse collaboration technique ainsi que M^{me} M. Thorimbert et M. Th. Degen pour la traduction des résumés.

Bibliographie

- BOVEY P., 1996. La cochylis de la vigne: 461-486. In: Entomologie appliquée à l'agriculture. Tome II: Lépidoptères, vol. 1. A. S. Balachowsky (Ed.). Masson et Cie, Paris, 1057 p.
- CHARMILLOT P. J., FAVRE R., PASQUIER D., RHYN M., SCALCO A., 1994. Effet du régulateur de croissance d'insectes (RCI) tébufénazide sur les œufs, les larves et les papillons des vers de la grappe *Lobesia botrana* DEN. & SCHIFF. et *Eupoecilia ambiguella* HB. Mitt. Schweiz. Ent. Ges. **67**, 393-402.
- CHARMILLOT P. J., PASQUIER D., 2000. Vers de la grappe: technique de confusion, lutte clas-

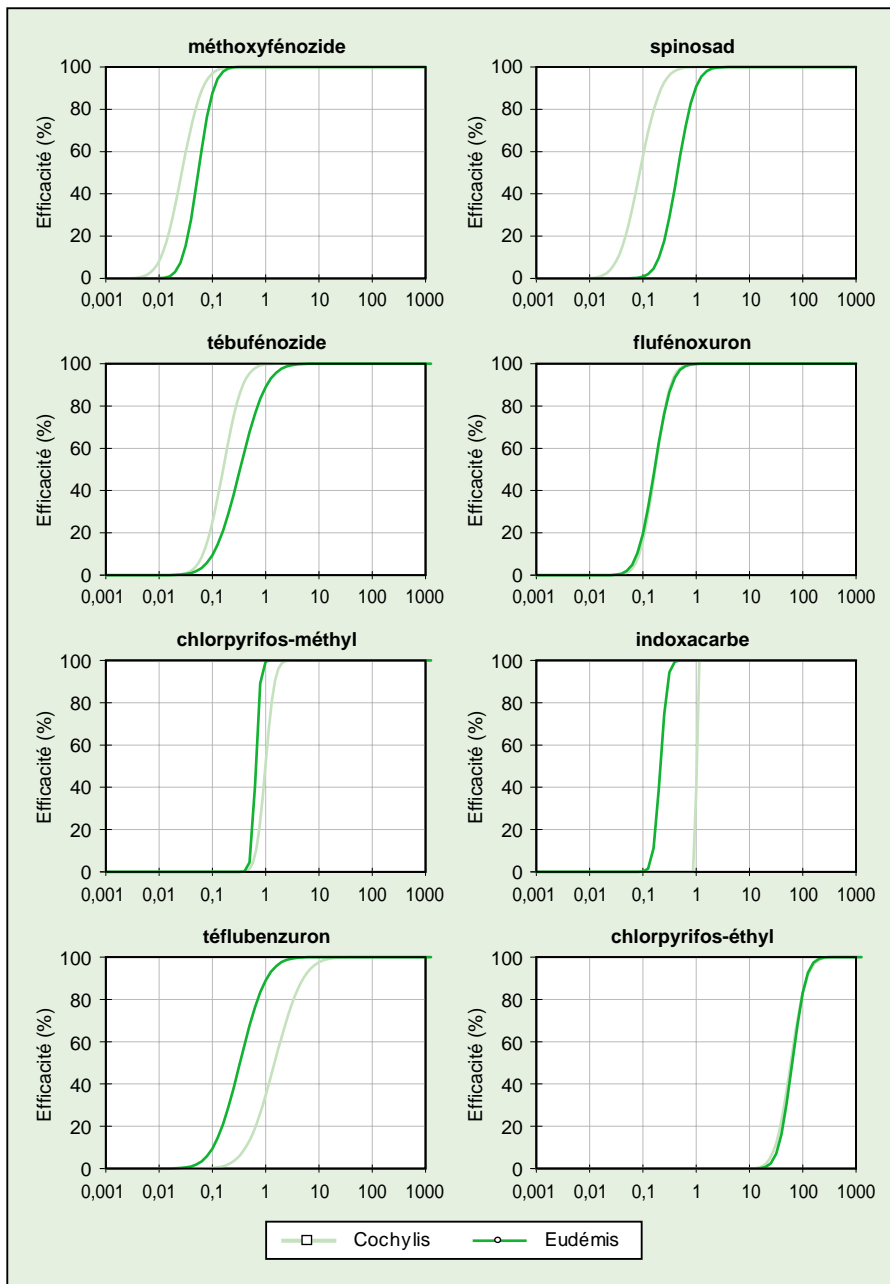


Fig. 4. Comparaison de l'efficacité des produits testés sur cochylis *E. ambiguella* et eudémis *L. botrana*, déterminée après 14 jours d'élevage.

sique et dynamique des populations. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **32** (6), 315-320.

CHARMILLOT P. J., PASQUIER D., 2004a. Iso-net: une nouvelle gamme de diffuseurs pour la lutte par confusion contre les vers de la grappe. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **36** (2), 95-100.

CHARMILLOT P. J., PASQUIER D., S. VERNEAU., 2004b. Efficacité larvicide de différents insecticides incorporés au milieu artificiel d'élevage contre les vers de la grappe. 1. Tests sur eudémis *Lobesia botrana*. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **36** (3), 141-145.

DUTTON R., MAVROTAS C., MILES M., VERGOLAS P., 2003. Spinosad, a non-synthetic, naturally derived insect control agent. *IOBC wprs Bulletin* **26** (1), 205-208.

EMERY S., SCHMID A., 2001. Lutte contre les vers de la grappe dans des secteurs à forte population initiale: confusion

sexuelle combinée à un traitement au régulateur de croissance (RCI). *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **33** (2), 101-105.

LeOra Software, 1987. A user's guide to probit or logit analysis. Berkeley, CA. LeOra Software.

LINDER Ch., CHARMILLOT P. J., Pasquier D., 2002. Principaux ravageurs de la vigne. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **34** (1), 66-72.

SCALCO A., CHARMILLOT P. J., PASQUIER D., ANTONIN Ph., 1997. Comparaison de produits à base de *Bacillus thuringiensis* dans la lutte contre les vers de la grappe: du laboratoire au vignoble. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **29** (6), 345-350.

SCHMID A., ANTONIN P., RABOUD G., 1977. Effet des conditions météorologiques particulières de 1976 sur l'évolution des vers de la vigne. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **9**, 131-135.

Conclusions

□ Pour la plupart des produits testés dans cet essai, les relations entre la concentration et l'efficacité s'ajustent au modèle log-probit. Seuls les résultats obtenus avec le diflubenzuron, avec l'indoxacarbe dans le contrôle à 14 jours et avec le flufénoxuron dans le contrôle au stade de papillon ne permettent pas de définir les intervalles de confiance, leur index de signification G étant inférieur à 0,5.

□ Sept des neuf insecticides testés, le méthoxyfénoside, le spinosad, le flufénoxuron, le tébufénoside, l'indoxacarbe, le chlorpyrifos-méthyl et le téflubenzuron, présentent une bonne potentialité de lutte contre les larves de cochylis. Leur efficacité est toutefois assez différente, puisque leurs LC_{50} respectives s'étalent entre 0,02 et 1 ppm et leurs LC_{90} entre 0,05 et 2,5 ppm. Ces différences ne sont pas liées au mode d'action des produits. En effet, les courbes d'efficacité des ICI s'intercalent entre celles des RCI et des produits agissant par différentes voies sur le système nerveux.

Quant au chlorpyrifos-éthyl (Pyrinex), sa LC_{50} située à environ 100 ppm est surprenante car ce produit est très efficace en vignoble. Sa mauvaise performance dans cet essai particulier pourrait être attribuée à la formulation ME, les microcapsules ne libérant vraisemblablement pas bien la matière active dans le milieu artificiel d'élevage ou dans le tractus digestif de la larve, alors qu'après un traitement en vignoble, l'insecticide émis est absorbé par le végétal, devenant ainsi disponible pour l'insecte.

□ Le diflubenzuron quant à lui ne présente pas d'intérêt pour la lutte contre les vers de la grappe.

□ Les efficacités déterminées dans cet essai ne représentent pas que l'activité sur les néonates. En effet, les larves déposées au stade L1 sur le milieu contaminé passent par quatre stades ultérieurs avant la nymphose, puis la métamorphose en papillon. L'efficacité mesurée illustre par conséquent la sensibilité du stade le plus susceptible.

□ Rappelons enfin que les LC_{50} et LC_{90} ne sont pas les seuls paramètres à considérer pour juger des produits. Dans la pratique, une efficacité potentielle relativement faible peut être compensée par un dosage plus élevé et la rémanence est également un élément primordial à prendre en considération. D'autre part, en plus de leur efficacité larvicide, certains de ces produits sont dotés d'une activité ovicide plus ou moins marquée et sont éventuellement susceptibles de perturber la fécondité, la fertilité ou le comportement des adultes (CHARMILLOT *et al.*, 1994).

Zusammenfassung

Wirksamkeit verschiedener dem künstlichen Nährmedium beigefügter Insektizide gegen Traubenwicklerlarven. 2. Versuche mit dem einbindigen Traubenwickler *Eupoecilia ambiguella* und Vergleich mit Resultaten, die für den bekreuzten Traubenwickler gefunden wurden

Neun Insektizide wurden in verschiedenen Konzentrationen dem künstlichen Nährmedium beigefügt, um ihre Wirksamkeit gegen Larven des einbindigen Traubenwicklers zu bestimmen. Die Tiere stammten aus einer Zucht, die mit Individuen aus einer Population vom Genferseebecken begonnen wurde. Eine erste Kontrolle der Mortalität wurde 14 Tage nach Testbeginn durchgeführt. Überlebende Individuen wurden bis zum Schlüpfen der Falter aufgezogen. So konnten Dosis-Wirkungskurven erstellt werden. Die Insektizide unterschieden sich beträchtlich ihrer Wirksamkeit. Sieben der neun getesteten Produkte wiesen ein gutes Potenzial für die Bekämpfung des einbindigen Traubenwicklers auf. Ihre LC_{50} -Werte lagen zwischen 0.02 und 1 ppm: Methoxyfenozid, Spinosad, Flufenoxuron, Tebufenozid, Indoxacarb, Chlorpyrifos-methyl und Teflubenzuron. Der sehr hohe LC_{50} -Wert von ungefähr 100 ppm, der für Chlorpyrifos-ethyl (Pyrinex) gefunden wurde, kann der mikroenkapsulierten Formulierung zugeschrieben werden, die es wahrscheinlich nicht erlaubt, dass die aktiven Substanzen das Nährmedium gut durchdringen. Diflubenzuron ist von keinerlei Interesse für die Bekämpfung des bekreuzten Traubenwicklers. Methoxyfenozid und Tebufenozid sind potentiell ein wenig wirksamer gegen den einbindigen Traubenwickler als gegen den bekreuzten Traubenwickler. Spinosad ist merklich aktiver gegen den einbindigen Traubenwickler, während Teflubenzuron deutlich wirksamer gegen den bekreuzten Traubenwickler ist.

Summary

Larvicidal efficacy of different insecticides incorporated in the artificial diet on grape moths. 2. Tests on grape berry moth *Eupoecilia ambiguella* and comparison with the results obtained for grapevine moth *Lobesia botrana*

Nine insecticides were incorporated at different concentrations in artificial diet to determine their larvicidal effectiveness on grape berry moth *Eupoecilia ambiguella* from a laboratory strain originally collected in the region along the Lake of Geneva. A first evaluation was made after 14 days of rearing. Surviving individuals were then kept until adult emergence. Dose-mortality curves have been established. Efficiency varied widely among the tested insecticides. Seven out of nine products had a good potential to control grape berry moth as their LC_{50} values ranged from 0.02 to 1 ppm: methoxyfenozide, spinosad, flufenoxuron, tebufenozide, indoxacarb, chlorpyrifos-methyl and teflubenzuron. Concerning chlorpyrifos-ethyl (Pyrinex), its high LC_{50} of approximately 100 ppm can be attributed to the microencapsulated formulation that probably does not allow a good diffusion of active ingredients into the diet. Diflubenzuron does not present any interest for controlling grape berry moth. Methoxyfenozide and tebufenozide are potentially a little more effective on grape berry moth than on grapevine moth. Spinosad is appreciably more active on grape berry moth whereas teflubenzuron is clearly more effective on grapevine moth.

Key words: grape berry moth, insecticides, artificial diet, *Eupoecilia ambiguella*.

Riassunto

Efficacia larvicida di vari insetticidi incorporati al substrato nutrizionale artificiale per l'allevamento delle larve della tignoletta e della tignola della vite. 2. Prova sulla tignola della vite *Eupoecilia ambiguella* e paragone con i risultati ottenuti sulla tignoletta della vite *Lobesia botrana*

Nove insetticidi sono stati incorporati a varie concentrazioni al substrato nutrizionale artificiale per determinarne l'efficacia sulle larve della tignola della vite *Eupoecilia ambiguella*. Le larve derivano dall'allevamento di un ceppo originario dal bacino lemánico. Una prima valutazione eseguita dopo 14 giorni e l'allevamento delle larve sopravvissute fino allo sfarfallamento dell'adulto hanno permesso di stabilire delle curve di efficacia in funzione del dosaggio. L'efficacia si differenzia considerevolmente a seconda degli insetticidi. Sette prodotti sui nove testati presentano un buon potenziale di lotta contro la tignola della vite e la loro LC_{50} varia tra 0,02 e 1 ppm: methoxyfenozide, spinosad, flufenoxuron, tebufenozide, indoxacarbe, chlorpyrifos-methyl e teflubenzuron. Chlorpyrifos-ethyl (Pyrinex) presenta una LC_{50} di 100 ppm. Questo valore molto elevato può essere dovuto alla formulazione microcapsulata del prodotto, la quale, probabilmente, non permette una buona diffusione del principio attivo nel substrato. Diflubenzuron non presenta alcun interesse nella lotta contro la tignola della vite. Methoxyfenozide e tebufenozide sono potenzialmente un po' più efficaci sulla tignola rispetto alla tignoletta. Spinosad è sensibilmente più attivo sulla tignola mentre teflubenzuron è nettamente più efficace sulla tignoletta.

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



PÉPINI...RES VITICOLES
CLAUDE & JACQUES LAPALUD

PLANTATION À LA MACHINE

1163 ÉTOY

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

 **Indagro**

Concentrateurs de moûts
par osmose inverse

- Préservation des arômes de la vendange
- Extraction d'une eau très pure
- Utilisation facile grâce à un automate
- Membranes spécifiquement conçues pour l'usage œnologique
- Large gamme de 50 l/h à 1500 l/h d'eau extraite
- Grande mobilité et faible encombrement



NOUVEAU !
Petites capacités
50 l/h et 100 l/h
d'eau extraite

VASLIN  BUCHER

Votre réussite est notre priorité.

Philippe Besse, responsable commercial CH 1787 MUR/VULLY
Tél. 026 673 90 90 - Fax 026 673 90 99 - e-mail : besse@vaslin-bucher.com

Nos
concessionnaires
agréés :

AVIDOR

AVIDOR
1029 VILLARS-STE-CROIX
Tél. 021 632 92 22

AVIDOR VALAIS
3960 SIERRE
Tél. 027 456 33 05

100

DUVOISIN Puidoux

HOLDER



HOLDER A5.58

Moteur Deutz 58 ch, nouvelle boîte avec inverseur, 12 vitesses AV + 12 AR, même empattement que A50/A550, mais 30 cm plus court, équipement hydraulique vigne complet.

Importateur - Vente - Réparation - Pièces détachées

DUVOISIN & Fils SA - 1070 Puidoux-Gare
Machines viticoles et agricoles

Tél. 021 946 22 21 - Fax 021 946 30 59

Le principe est simple -

C'est le détail qui fait la différence.

SIHA-Levactif 8
pour les vins rouges corsés, de couleur stable.

VINIFLORA® OENOS
pour la gestion naturelle des acides du vin rouge.

SIHA CRYAROME®
pour la fraîcheur et l'élégance lors de la fermentation à froid.

VINIFLORA® CH 35
Fermentation malo-lactique plus facile pour le vin blanc.

Passez votre commande directement à
schneider dämmtechnik®
Im Hölderli 26 - 8405 Winterthur

*ligne directe pour
votre commande*

Mme E. Saxer
Tél.: 05 22 33 18 21
Fax: 05 22 32 80 78

www.begerow.com

BEGEROW

Nouveauté

RAVAS

Balance mobile

Transport de marchandise rationnel avec capacité jusqu'à 2200 kg. Durant le transport, vous pouvez aussi peser avec une divergence max. de 0,1%.

Avec plus de 1500 clients satisfaits – le transpalette-peseur le plus vendu en Suisse.

Exécutions spéciales:

- version INOX
- version antidéflagrante EX
- imprimant intégré

Demandez une démonstration dans votre entreprise pour vous convaincre des avantages.



Prix à partir de **frs. 3950.-** hors TVA

DS-Technik Handels AG
produits pour véhicules et l'industrie
8174 Stadel, Tél. 01 858 21 01, Fax 01 858 24 89
info@ds-technik.ch, www.ds-technik.ch



Landini

Mistral America



4 modèles de 37 à 55 CV avec transmission hydrostatique

Samuel Stauffer & Cie
Tél. 021 908 06 00
info@stauffer-cie.ch

1607 Les Thioleyres
Fax 021 908 06 00
www.stauffer-cie.ch

Pépinières Ph. Borioli

Partenaire de votre réussite

Planter c'est prévoir!

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



Nouvel encépagement?

Vinifera ou Interspécifique, demandez nos conseils et services



Raisins de table: votre nouvelle culture fruitière!

Choix de variétés adaptées à vos labels



CH-2022 BEVAIX

Tél. 032 846 40 10

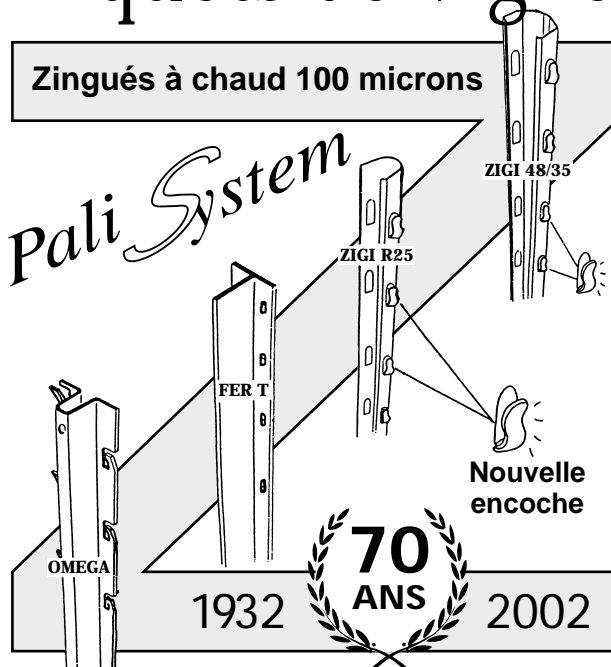
Fax 032 846 40 11

E-mail: info@multivitis.ch www.multivitis.ch

Piquets de vigne

Zingués à chaud 100 microns

Pali System



F. ZIMMERMANN SA
1268 BEGNINS
Fax 022 366 32 53

Fabrique d'articles pour la viticulture
Tél. 022 366 13 17

Applications de soufre en automne: une nouvelle manière de lutter contre l'ériophyide à galles du poirier

Claudia DANIEL et E. WYSS, Institut de recherches de l'agriculture biologique, Ackerstrasse, CH-5070 Frick
Ch. LINDER, Agroscope RAC Changins, case postale 254, CH-1260 Nyon 1

@ E-mail: claudia.daniel@fibl.ch
Tél. (+41) 62 865 72 72.

Résumé

L'ériophyide à galles du poirier *Eriophyes pyri* (Pagenstecher) peut occasionner localement de très gros dégâts. Grâce à la protection des galles qu'il engendre sur son hôte, l'acarien reste à l'abri des traitements phytosanitaires. Un traitement de printemps à l'huile minérale, lors de la migration des ériophyides des bourgeons vers les jeunes feuilles et fleurs, est actuellement le seul moyen de lutte autorisé en production biologique. Le but de l'essai décrit ici était de tester l'efficacité de traitements effectués lors de la migration automnale de l'acarien vers ses lieux d'hivernage. Les différents produits (soufre, huile minérale, Surround®WP) ont été appliqués juste après la récolte afin de profiter des températures favorables du mois de septembre. Les contrôles de bourgeons effectués au laboratoire en automne et au printemps de l'année suivante ont montré d'excellents résultats pour toutes les variantes testées. Cependant, cette efficacité n'a pas été confirmée dans tous les cas par les contrôles visuels effectués à la floraison. Seuls les arbres traités au soufre étaient pratiquement sans symptômes au printemps suivant. Avec des efficacités de 95% (une application) à 100% (trois applications), la maîtrise de l'acarien a été excellente et un assainissement des parcelles fortement attaquées peut même être envisagé.



Fig. 1. Dégâts typiques d'*Eriophyes pyri* sur rosettes florales et foliaires au printemps.

Introduction

En Suisse, les vergers commerciaux de poires sont d'ordinaire peu sujets aux attaques d'acariens tels que *Panonychus ulmi* (Koch) ou *Tetranychus urticae* Koch. Dans les cultures conventionnelles, l'usage relativement fréquent d'insecticides à action acaricide pour lutter contre les psylles du poirier limite

fortement les pullulations d'acariens. Dans les cultures biologiques, l'utilisation de traitements à base de soufre mouillable pour lutter contre les maladies fongiques contribue également à freiner le développement des tétranyques. Il n'est cependant pas rare d'observer régulièrement des dégâts dus à d'autres acariens: *Epitrimerus pyri* (Nalepa), l'ériophyide libre des poires,

et *Eriophyes pyri* (Pagenstecher), l'ériophyide à galles du poirier. La lutte contre l'ériophyide libre a été étudiée par BAILLOD *et al.* (1991) et les traitements à l'huile minérale à 3,5% durant le repos hivernal ont donné, en règle générale, de très bons résultats. Il en va de même pour le soufre mouillable appliqué trois ou quatre fois durant la saison (H. Höhn, comm. pers.). Ces méthodes,

applicables dans les vergers conventionnels et biologiques, ne permettent cependant pas une bonne maîtrise de l'ériophyide à galles. Si l'utilisation d'huiles insecticides règle en général le problème dans les cultures conventionnelles, en revanche, aucune alternative valable n'est actuellement disponible pour les producteurs biologiques. C'est dans le souci d'apporter une solution à ces arboriculteurs que l'Institut de recherches en agriculture biologique (FiBL) et Agroscope RAC Changins, la station fédérale de recherches agronomiques, ont mis en place un essai de lutte contre *E. pyri* durant la saison 2003-2004. Les résultats de ces expérimentations sont présentés ici, après un bref rappel de la biologie, des dégâts et des moyens de lutte conventionnels disponibles.

Biologie d'*Eriophyes pyri*

Selon EASTERBROOK (1996), on distingue deux souches différentes d'*E. pyri*. L'une occasionne les dégâts typiques observés dans notre pays (galles sur les feuilles et les fruits), tandis que l'autre, moins fréquente, s'attaque directement aux bourgeons et n'a été signalée qu'en Afrique du Sud et en Californie. L'acarien hiverne sous forme de femelles sous les écailles des bourgeons (JEPPSON *et al.*, 1975). Quelques jours après le débourrement, les piqûres des femelles induisent l'apparition des premiers dégâts visibles sous la forme de petites galles roses parallèles à la nervure principale (BAILLOD et HÖHN, 1991). Ces cellules végétales hypertrophiées se dessèchent et vont ainsi créer un petit orifice permettant à une femelle de pénétrer à l'intérieur de la galle et de se multiplier dans cet abri. Une femelle peut pondre de 7 à 14 œufs, qui évolueront en adultes en 10 à 30 jours selon la période de l'année. On peut compter ainsi deux ou trois générations annuelles qui se développeront à l'intérieur des galles. Dès la mi-été, les femelles quittent leurs abris pour gagner leurs quartiers d'hiver. Selon JEPPSON *et al.* (1975), ces acariens ont besoin d'une importante humidité pour se développer et quittent les galles en cours de saison si le climat est trop sec pour trouver de nouveaux habitats. Ils ne survivent pas plus de quatre jours en dehors des galles. Signalons encore qu'une autre espèce morphologiquement très proche, *Eriophyes pseudoinsidiosus* Wilson, se présente en association avec *E. pyri* dans des vergers d'Amérique du Nord et d'Italie (WILSON, 1965; DE LILLO, 1988).

Dégâts

Sur la face supérieure des jeunes feuilles, les premiers symptômes ont l'aspect de petites pustules verdâtres, passant progressivement au rose, puis au rouge (fig.1). Les galles sont généralement parallèles à la nervure principale mais en cas de fortes attaques, elles confluent et donnent à la feuille un aspect taché. Les tissus marginaux de cette dernière peuvent parfois se déchirer. Les feuilles attaquées jaunissent et, en vieillissant, les galles prennent une coloration brune, puis noirâtre, en fin de saison. A la face inférieure des feuilles, on observe de petites protubérances liégeuses et l'orifice de pénétration de l'acarien. Dans les cas graves, une défoliation prématurée de l'arbre peut être observée. Des galles rougeâtres peuvent également être observées sur les calyx des jeunes fruits, ce qui peut entraîner la formation de craquelures et de roussissures et empêcher un développement normal des organes fructifères. Dans les cas extrêmes, les infestations d'*E. pyri* peuvent provoquer une chute prématurée des fruits (JEPPSON *et al.*, 1975; BAILLOD et HÖHN, 1991; EASTERBROOK, 1996).

Lutte

En Suisse, la lutte contre *E. pyri* se base essentiellement sur les dégâts de l'année précédente. Elle s'effectue précocement, au débourrement des poiriers (stade C, BBCH 53), avec des huiles insecticides. L'application de ce type de produit donne généralement de très bons résultats. L'utilisation d'acaricides à l'ouverture des bourgeons a été testée par LAFFI et ERMINI (1998). A ce stade, une application de dicofol, bromopropylate ou azocyclotin réduit considérablement les attaques, mais ne permet pas l'élimination des infestations. Ces auteurs conseillent ainsi de répéter les interventions précoces sur plusieurs années consécutives pour venir à bout du ravageur. Concernant les produits compatibles avec la production biologique, LAFFI et ERMINI (1998) ont également testé l'huile minérale à 3%, appliquée une fois au débourrement. Les efficacités ainsi obtenues varient de 34 à 93%. EASTERBROOK (1996), dans une revue des moyens de lutte publiés, souligne l'intérêt du soufre appliqué tôt (72 à 87% d'efficacité), mais la réussite de ce traitement dépend fortement du moment d'application et probablement des températures souvent défavorables au printemps. Le rôle des typhlodromes et autres acariens prédateurs sur les popu-

lations d'*E. pyri* n'est pas documenté. D'une manière générale, et quel que soit le produit utilisé, la lutte se concentre sur la période de débourrement au moment de l'ouverture des bourgeons. Une fois les galles formées, les ériophyides sont en effet très difficiles à détruire. C'est pourquoi une stratégie visant les acariens au moment de leur migration vers les lieux d'hivernage, après la récolte, pourrait également constituer une alternative intéressante aux traitements de printemps, d'autant plus que, sous notre climat, les conditions météorologiques sont plus favorables à cette époque. C'est pour étudier l'intérêt d'une telle technique qu'un essai a été mis en place en 2003, dans un verger de la Côte vaudoise. Dans le souci d'offrir plus de possibilités techniques aux producteurs biologiques, seuls des produits compatibles avec ce type de production ont été testés.

Matériel et méthodes

L'essai a été conduit en automne 2003 dans une parcelle fortement infestée d'une exploitation biologique de la Côte vaudoise (Aubonne). Dans le but de contrôler les populations migrantes d'*E. pyri*, trois matières actives au mode d'action très différent ont été testées: ① le soufre mouillable qui bloquerait la respiration cellulaire, ② l'huile minérale à l'action asphyxiante et ③ l'argile kaolin à l'effet répulsif. Les différentes variantes testées sont données dans le tableau 1. Peu après la récolte, les arbres (variétés Conférence et Packam's) ont été traités jusqu'au ruissellement pour les procédés huile minérale et soufre mouillable et juste avant ce point pour les variantes kaolin. Cinq répétitions par variante ont été mises en place, chacune étant constituée de trois arbres séparés du procédé voisin par un arbre tampon. Les contrôles des populations d'ériophyides ont toujours été réalisés sur l'arbre médian.

Avant le début de l'essai, des bourgeons ont été examinés afin d'estimer les populations d'acariens ayant déjà regagné les lieux d'hivernage et d'apprécier leur distribution sur les pousses. Ces contrôles ont été réalisés les 2 et 8.09 et ont porté sur 5 × 10 bourgeons par variante, analysés par trempage et filtration au laboratoire.

Les effets des traitements ont été suivis le 6.11.03 et le 17.02.04, en analysant 10 bourgeons par répétition (cinq bourgeons successifs prélevés sur deux pousses). Enfin, un contrôle final a été réalisé durant la floraison (21.04.04). Il a porté sur 25 rosettes foliaires et florales par répétition, dont les dégâts ont été estimés selon l'échelle donnée dans le tableau 2.

Toutes les données ont été analysées à l'aide du programme JMP (Version 5.0.1). Les données des analyses effectuées par trempage-filtration ont été transformées en $\log(x+1)$. Après analyse de variance, un test de Tukey ($\alpha = 0,05$) a été conduit.

Tableau. 1. Variantes de l'essai pratique d'Aubonne 2003.

Traitements	Produits (matière active)	Concentrations	Nombre d'applications	Dates d'application
Témoin	–	–	–	–
Surr 1x	Surround® WP (kaolin)	30 kg / 1000 l	1	10.09.2003
Surr 3x	Surround®WP (kaolin)	30 kg / 1000 l	3	10.09.2003, 17.09.2003, 26.09.2003
Huile 1x	Mineralöl Omya (huile minérale)	2%	1	10.09.2003
Huile 3x	Mineralöl Omya (huile minérale)	2%	3	10.09.2003, 17.09.2003, 26.09.2003
Soufre 1x	Thiovit Jet (soufre)	2%	1	10.09.2003
Soufre 3x	Thiovit Jet (soufre)	2%	3	10.09.2003, 17.09.2003, 26.09.2003

Résultats et discussion

Juste avant la récolte, début septembre, des ériophyides ont déjà gagné les lieux d'hivernage. On remarque à la figure 2 que les bourgeons de la variété Packam's sont nettement plus colonisés que ceux de la variété Conférence et que ce sont surtout les bourgeons médians et inférieurs qui présentent les densités les plus élevées. Les bourgeons de la base des pousses ont ainsi été retenus pour les contrôles ultérieurs.

La première estimation de l'efficacité des différents traitements à l'automne 2003 a montré une différence significative entre les variantes et les variétés, Conférence abritant d'importantes densités d'*E. pyri*. Tous les traitements se distinguent du témoin à cette date (fig. 3).

Lors du contrôle du 17.02.04, deux types d'acariens différents sont observés. Les deux appartiennent au genre *Eriophyes* mais n'ont pas encore été déterminés jusqu'à l'espèce. Ces deux types de populations sont cumulés dans la figure 3. Tous les traitements se distinguent à nouveau du témoin. En revanche, aucune différence entre les variétés n'apparaît lors de ce contrôle.

Lors du contrôle visuel du printemps 2004, les poiriers sont en pleine floraison (stade F2, BBCH 65). A cette période, les dégâts sur les rosettes foliaires et florales sont clairement visibles: dans le pire des cas, les feuilles restent enroulées et les calyx des fruits sont couverts de galles rouges. Aucune différence n'est observée entre les variétés

Fig. 3. Nombre moyen d'ériophyides par > bourgeon et écart-type. Résultats des analyses des 6.11.03 et 17.02.04. Données transformées en log(x+1): 6.11.03 Anova à deux voies avec p < 0,0003; 17.02.04: Anova à une voie avec p < 0,0001; les lettres différentes indiquent une différence significative: test de Tukey.

Tableau. 2. Classes de dégâts d'*E. pyri* utilisées lors du contrôle du 21.04.04.

Classes	Symptômes
0	Sain, sans galles
1	5-15% de la surface foliaire et/ou des calyx avec galles
2	15-40% de la surface foliaire et/ou des calyx avec galles
3	> 40% de la surface foliaire et/ou des calyx avec galles, feuilles étalées
4	Jeunes feuilles complètement rouges, crispées et non étalées, fleurs fortement attaquées et non ouvertes

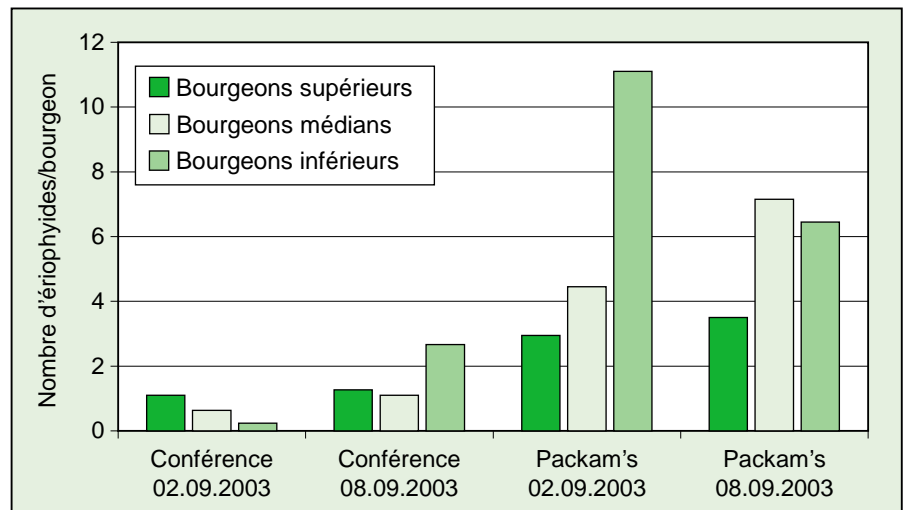
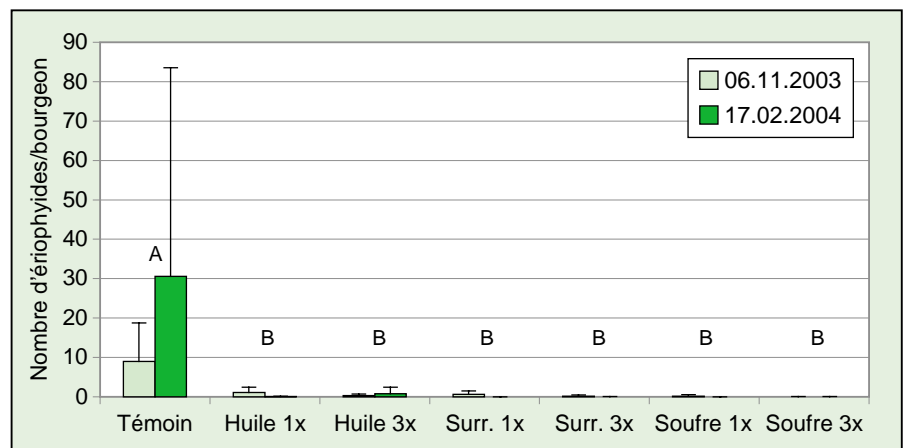


Fig. 2. Nombre moyen d'ériophyides par bourgeon et écart-type en fonction de la variété et de la position des bourgeons sur la pousse. Résultats des contrôles des 2.09.03 et 8.09.03.



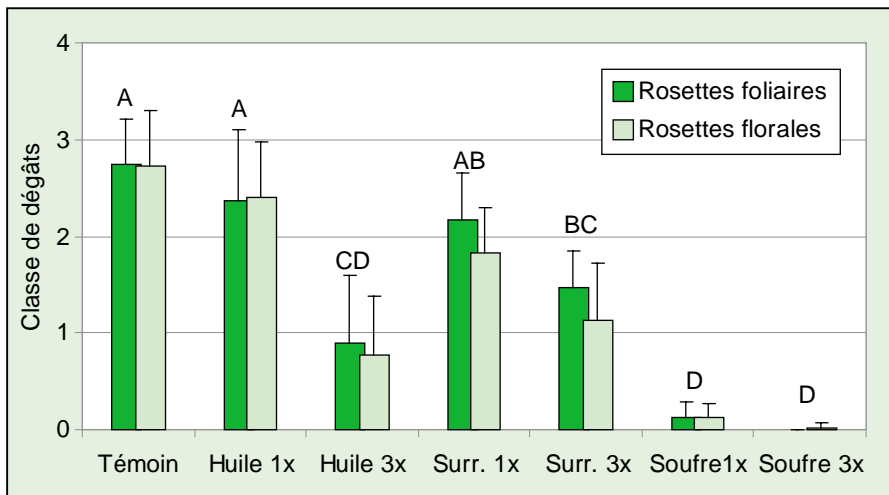


Fig. 4. Dégâts moyens d'*E. pyri* sur les rosettes foliaires et florales dans les diverses variantes et écart-type. Résultats du contrôle visuel du 21.04.04 (Anova une voie à $p < 0,0001$; les lettres différentes indiquent une différence significative: test de Tukey).

tés. L'efficacité des différents traitements sur les symptômes foliaires et floraux est présentée dans la figure 4. A la différence des contrôles de bourgeons par trempage-filtration, on observe d'importantes différences entre les variantes. Ainsi, l'huile minérale 1x et le Surround®1x ne se distinguent pas du témoin non traité. Appliqués trois fois, ces mêmes produits montrent une efficacité significative mais toutefois insuffisante. Le soufre mouillable a une excellente efficacité, appliqué une ou trois fois. L'efficacité des diverses variantes de traitements est détaillée dans le tableau 3. Alors que les arbres témoins montrent des symptômes très marqués (feuillage pratiquement entièrement enroulé), ceux de la variante soufre mouillable 3x sont pratiquement sans symptômes. Les résultats sont si probants que l'on peut pratiquement parler d'assainissement de la parcelle. L'application post-récolte de soufre mouillable représente ainsi une stratégie de lutte très prometteuse, non seulement pour les producteurs biolo-

Tableau 3. Efficacité (selon Abbott) des divers traitements lors du contrôle du 21.04.04.

Traitements	Efficacité Abbott (%) Dégâts foliaires	Efficacité Abbott (%) Dégâts floraux
Huile 1x	13,95	11,73
Huile 3x	67,73	71,55
Surround 1x	21,22	32,84
Surround 3x	46,51	58,36
Soufre 1x	95,34	95,31
Soufre 3x	100,00	99,12

giques, mais également pour les arboriculteurs pratiquant la production intégrée. L'action acaricide bien connue du soufre (acariose en viticulture, ériophyide des ronces, etc.) trouve ici une nouvelle application intéressante. Comme ces résultats ne se basent que sur un seul essai, il conviendra cependant encore de préciser le moment et le nombre optimal d'applications.

L'analyse des bourgeons en automne ou en hiver ne semble pas un moyen fiable de prévoir les dégâts pour le printemps suivant (tabl. 4). Les contrôles pratiqués à cette période menés dans le cadre de cet essai ont donné une image très hétérogène de la parcelle et, dans la majorité des cas, n'ont pas coïncidé avec les résultats obtenus au printemps. Ainsi, à cette époque et avec une classe d'attaque moyenne de 2,66, la variété Packam's ne se distingue pas de la variété Conférence (2,86). Ces résultats correspondent à ceux qu'ont obtenus HÖHN et HÖPLI (1990) avec l'ériophyide libre du pommier.

Tableau 4. Densités moyennes d'*E. pyri* hivernants dans les bourgeons des variétés Conférence et Packam's. Résultats des contrôles des 2.09, 8.09, 6.11.03 et 17.02.04.

Variété/Date	02.09.2003	08.09.2003	06.11.2003	17.02.2004
Conférence	0,23	2,67	19,15	9,35
Packam's	11,10	6,45	2,23	44,76

Conclusions

- ❑ Une à trois applications de soufre mouillable (2%) après la récolte permettent une bonne maîtrise de l'ériophyide à galles du poirier *Eriophyes pyri*, voire d'assainir les vergers fortement attaqués par ce ravageur.
- ❑ L'Office fédéral de l'agriculture a homologué cette application post-récolte dans le courant de l'été 2004 pour une durée d'une année en attendant les résultats d'études complémentaires en 2005
- ❑ Ces résultats ne s'appuient que sur les observations de la saison 2003-2004. Le moment ainsi que le nombre optimal d'applications doivent encore être précisés.
- ❑ L'analyse des bourgeons en hiver ou juste avant le débournement ne semble pas être une méthode de prévision d'attaque fiable.

Remerciements

Nous adressons nos plus vifs remerciements à M. Christophe Suter pour la mise à disposition des parcelles d'essai. Nous remercions également la firme Engelhard Corporation pour la fourniture du produit Surround®WP.

Bibliographie

- BAILLOD M., HÖHN H., 1991. Eriophyides des fruits à pépins (pommier, poirier). *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **23** (1), 39-40.
- BAILLOD M., OPPIKOFER A., ANTONIN Ph., 1991. Roussissure des poires causée par l'ériophyide libre du poirier, *Epirimerus pyri* (Nalepa), en Valais. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **23** (2), 87-92.
- DE LILLO E., 1988. Acari Eriofidi (*Acari: Eriophyoidea*) nuovi per l'Italia. *Entomologica* **23**, 13-46.
- EASTERBROOK M. A., 1996. Damage and control of Eriophyoid mites in apple and pear. In: Eriophyoid Mites. Their biology, natural enemies and control. Ed. Helle W., Elsevier, 527-541.
- HÖHN H., HÖPLI H. U., 1990. Die Apfelrostmilbe: oft überschätzt, aber kaum prognostizierbar! *Schweiz. Z. Obst-Weinbau* **126**, 259-266.
- JEPPSON L. R., KEIFER H. H., BAKER E. W., 1975. Mites injurious to economic plants. University of California Press, 614 p.
- LAFFI F., ERMINI P., 1998. Prove di lotta nei confronti di *Eriophyes pyri* ed *E. pseudoinsidiosus* in pereti dell'Emilia-Romagna. *Informatore Fitopatologico* **12**, 55-58.
- WILSON N. S., 1965. A new species of blister-forming eriophyid mite on pear. *Ann. Entomol. Soc. Am.* **58**, 327-330.

Summary

Autumn applications of sulphur: a new approach to control the pear leaf blister mite *Eriophyes pyri*

The pear leaf blister mite can cause severe damage to pear leaves and young fruits in some regions. Due to hidden living inside leaf blisters, the mites are largely protected against the impact of plant protecting agents. Until now, treatments with mineral oil in early spring, during the time when the mites leave their hibernation sites under the bud scales to invade the young leaves and blossoms, were the only possibility to control these mites in Swiss organic fruit growing. The aim of this study was to examine the effects of sulphur, mineral oil and Surround®WP applied after harvest, at the time when the mites leave their blisters and migrate to their hibernation sites. These different treatments were applied shortly after harvest to benefit of mild temperatures of September. Counting the number of mites after dissection of the buds in laboratory in autumn and spring showed a good efficacy for all treatments. But at visual spring control during bloom, these results could not be verified for all treatments. Only the sulphur-treated trees were virtually free of blisters at spring time. With an efficacy of 95% (one application) or 100% (three applications), even heavily infested orchards may be cleaned-up.

Key words: organic orchards, pest management, fruit growing, Pear leaf blister mite, *Eriophyes pyri*, sulphur.

Zusammenfassung

Herbstapplikationen mit Schwefel: eine neue Möglichkeit zur Bekämpfung der Birnenpockenmilbe *Eriophyes pyri*

Die Birnenpockenmilbe kann gebietsweise sehr starke Schäden verursachen. Durch ihre verborgene Lebensweise im Inneren der Blattpocken ist die Milbe weitgehend vor dem Einfluss von Pflanzenschutzmitteln geschützt. Im biologischen Obstbau ist bisher eine Bekämpfung nur im zeitigen Frühjahr mit Mineralöl möglich, wenn die Milben ihre Winterverstecke unter den Knospenschuppen verlassen und die jungen Blätter und Blüten besiedeln. Ziel dieses Versuches war es, zu prüfen, ob eine Bekämpfung der Milben bei ihrer Wanderung in die Winterverstecke möglich ist. Die verschiedenen Verfahren (Schwefel, Mineralöl, Surround®WP) wurden dazu kurz nach der Ernte behandelt, um noch von den milden Temperaturen im September zu profitieren. Die im Labor vorgenommenen Knospenauswaschungen und Auszählungen der Milben im Herbst und im zeitigen Frühjahr zeigten für alle Verfahren sehr gute Wirkungen an, die jedoch bei den visuellen Bonituren zur Blütezeit nicht in allen Fällen bestätigt werden konnten. Einzig die mit Schwefel behandelten Bäume waren im Frühjahr praktisch befallsfrei. Bei Wirkungsgraden des Schwefels von 95% (einmalige Applikation) bzw. 100% (dreimalige Applikation) ist nicht nur eine Bekämpfung der Birnenpockenmilbe, sondern auch eine Sanierung stark befallener Bestände möglich.

Riassunto

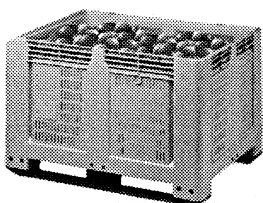
Applicazioni di zolfo in autunno: un nuovo metodo di lotta contro *Eriophyes pyri*, l'eriofide vescicoloso del pero

L'eriofide vescicoloso del pero *Eriophyes pyri* (Pagenstecher) può provocare localmente importanti danni. Grazie al suo modo di vivere, protetto all'interno delle galle da lui prodotte, l'acaro resta al riparo dall'influsso dei trattamenti fitosanitari. Un trattamento primaverile all'olio minerale, al momento della migrazione degli eriofidi dalle gemme verso giovani foglie e fiori, è il solo metodo di lotta attualmente autorizzato nella produzione biologica. La prova aveva lo scopo di valutare l'efficacia di trattamenti eseguiti all'epoca della migrazione autunnale dell'acaro

verso i suoi luoghi di svernamento. I vari prodotti (zolfo, olio minerale, Surround®WP) sono stati applicati subito dopo la raccolta per approfittare delle temperature favorevoli del mese di settembre. I controlli delle gemme, eseguiti in laboratorio in autunno e alla primavera dell'anno seguente, hanno mostrato degli eccellenti risultati per tutte le varianti testate. Ciò nonostante, quest'efficacia non è stata confermata in tutti i casi dai controlli visivi eseguiti alla fioritura. Solo le piante trattate con zolfo erano praticamente senza sintomi alla primavera seguente. Questa tecnica, con un'efficacia dal 95% (un'applicazione) al 100% (tre applicazioni), ha permesso un eccellente controllo dell'acaro e può pure essere presa in considerazione per il risanamento delle parcelle fortemente attaccate.

www.palettes.ch

Les meilleurs
prix du marché



Le MAX est la nouvelle caisse palette ajoutée qui offre le plus grand volume intérieur utile (680l), destinée à la manutention, au transport et au stockage sur grande hauteur de l'ensemble des produits non conditionnés tels que les fruits et les légumes.

- Gerbable en toute sécurité.
- Protège vos fruits et légumes grâce à ses surfaces intérieures lisses et parfaitement ajourées.

PLS Palettes Logistiques Services Sàrl
Route de l'Aérodrome
CH-1730 Ecuwillens
Tél. +41 (0)26 411 06 66
Fax +41 (0)26 411 06 69
E-mail: pls@palettes.ch

Les petits détails ont toute
leur importance

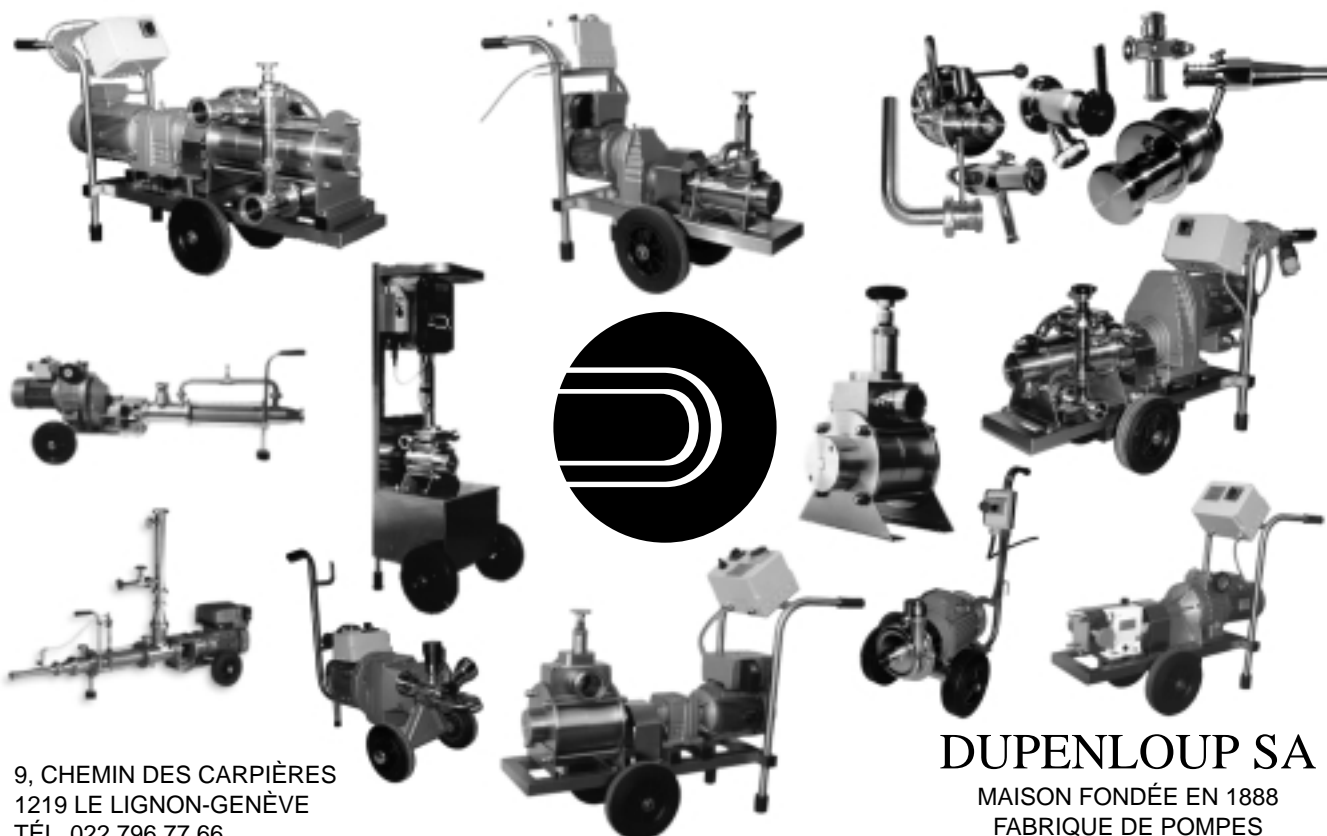


Rue Antoine-Jolivet 7
Case postale 1212
1211 GENEVE 26
www.gaud-bouchons.com

Tél. 022 343 79 42
Fax 022 343 63 23

gaudbouchon@bluewin.ch

JEAN-PAUL GAUD
BOUCHONS • CAPSULES • ARTICLES DE CAVE



9, CHEMIN DES CARPIÈRES
1219 LE LIGNON-GENÈVE
TÉL. 022 796 77 66
TÉLÉFAX 022 797 08 06

FAITES CONFIANCE AU SPÉCIALISTE

DUPENLOUP SA

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

Cuves inox de fabrication suisse

Comparez!



Alain Zufferey

CP 173 - 3965 Chippis - Tél. 027 455 72 28
Natel 078 602 72 28 - Fax 027 456 21 34
E-mail: zuffereyalain@bluewin.ch



ISO IEC 17025
STS No 344

Laboratoire d'essais accrédité pour des
analyses chimiques
et physiques des vins

Notre laboratoire vous offre:

- ▶ Compétence professionnelle maximale et infrastructure de pointe
- ▶ Méthodes d'analyse diversifiées
- ▶ Indépendance et intégrité
- ▶ Promptitude
- ▶ Rapport prix/prestations intéressant

Contactez-nous - nous vous conseillerons avec plaisir!

Bataillard SA

Hasenmoosstrasse 33 6023 Rothenburg
Tél. 041 289 61 61, Fax 041 289 61 00, labor@bataillard.ch

Bouchons en liège
Capsules de surbouchage
Capsules à vis · Bouchons couronne
Bouchons synthétiques · Tire-bouchons *Pulltap's*
LIÈGE RIBAS S.A.

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

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

e-mail: ribas@bouchons.ch

www.bouchons.ch

Le «Munder Safran» est enregistré comme AOC

L'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) a inscrit le «Munder Safran» au registre des appellations d'origine contrôlées (AOC) et des indications géographiques protégées (IGP). Méconnu en dehors du Valais, le safran de Mund est la première épice suisse à bénéficier d'une appellation d'origine contrôlée.

Le safran est, dit-on, fils du Soleil et de la Poésie, il évoque l'exotisme. Il est pourtant produit en Suisse. Le safran provient des stigmates (parties du style) des fleurs de *Crocus sativus* L. récoltées à l'automne. La culture de safran en Valais remonte au Moyen Age, mais seuls les habitants de la commune de Mund dans le Haut-Valais en perpétuent la culture. Les conditions climatiques et les aptitudes pédologiques de Mund s'avèrent propices et sont uniques en Suisse à tel point que le Munder Safran est très apprécié des connaisseurs.

Au village, tous les membres des familles de planteurs participent aux différents travaux pour produire cette précieuse épice. Les tâches sont exigeantes et exclusivement manuelles. Il faut par exemple récolter plus de 120 000 fleurs

pour obtenir un kilo de safran séché. Pour cette raison, le safran est plus cher que l'or et, malgré cela, aucun planteur de Mund ne vit aujourd'hui de cette seule production. Culture de tradition séculaire, le safran fait partie intégrante de la vie culturelle, sociale et économique des habitants de cette région. On retrouve le safran de Mund dans l'élaboration de brioches, de pâtes et d'alcools. Il est mis en valeur dans des plats traditionnels par les restaurateurs de la région.

Le registre des appellations d'origine et des indications géographiques permet de protéger les noms géographiques traditionnels désignant des produits agricoles dont l'identité et les principales caractéristiques sont déterminées par leur origine. Quant au registre des ap-

pellations des vins, il relève de la compétence des cantons. L'utilisation d'un nom protégé est réservée aux producteurs de l'aire géographique définie qui respectent un cahier des charges précis. La publication des demandes d'enregistrement est soumise à une enquête publique. Toute personne justifiant d'un intérêt ainsi que les cantons peuvent s'opposer à l'enregistrement pendant un délai de trois mois.

Le registre fédéral des appellations d'origine et indications géographiques compte actuellement seize enregistrements dont douze AOC et quatre IGP. Ces produits comptent des fromages, des spiritueux, des saucisses, des viandes séchées, un légume, un pain de seigle et une farine de maïs. Vous en trouvez le détail sous www.blw.admin.ch (à la rubrique Appellations d'origine).

Pour de plus amples renseignements:

Philippe Herminjard,
Office fédéral de l'agriculture, Section
cultures spéciales et économie viticole,
tél. 031 322 25 26

Isabelle Pasche, Office fédéral
de l'agriculture, Division principale
production et affaires internationales,
tél. 031 322 25 39

LIXION

LE SÉCATEUR ÉLECTRONIQUE PELLENC NOUVELLE GÉNÉRATION
LA HAUTE TECHNOLOGIE AU SERVICE DE LA TAILLE

- BEAUCOUP PLUS D'AUTONOMIE AVEC BATTERIE PLUS LÉGÈRE
- PUISSANCE, CAPACITÉ DE COUPE ET PROGRESSIVITÉ ACCRUES
- MEILLEURE ERGONOMIE
- LÉGÈRETÉ DU SÉCATEUR

NOUVEAU



DISTRIBUTION - VENTE - SERVICE

CHAPPOT SA

E-mail: etchapsa@omedia.ch

www.chappotmachines.com

1906 CHARRAT
Tél. 027 746 13 33
Fax 027 746 33 69



JACQUES ISELY

MATÉRIEL VITICOLE ET ARBORICOLE

Le spécialiste de l'armature



- Piquets métalliques
- Piquets bois
double imprégnation, toutes dimensions
- Fil nylon, BAYCO
(ne se tend qu'une seule fois)
- Amarres

Chemin de Jorattez 3
1052 Le Mont-sur-Lausanne

Tél. 021 652 07 34
Fax 021 652 20 24



Tracteur Viti-plus équipé d'une cisailleuse

LOEFFEL

- Tracteurs à roues et à chenilles hydrostatiques, adaptables à la largeur de vos vignes, pentes jusqu'à 70%
- Construction et recherche mécanique viticole

Les Conrardes 13 - 2017 Boudry
Tél. 032 842 12 78 - Fax 032 842 55 07

Découvrez notre large assortiment sous www.loeffel-fils.com

ÉPOUVANTAIL

Effets optiques et acoustiques

EFFEKTRON ET01

protection efficace avec un moindre effort

Nous vous présentons un choix d'épouvantails pour les arbres fruitiers, les vignes, les fraises, le maïs, etc.

Zuber Vogelabwehr
8873 Amden
Tél. 055 611 20 90
www.vogelabwehr.ch

CAISSES À VIN

alfaset

Un partenaire industriel et social

- En sapin massif
- Fond et couvercle en peuplier
- Séparations
- Guillotines
- Paille en bois
- Sérigraphie
- Production soignée
- Haute finition



La Chaux-de-Fonds - Neuchâtel - Couvet
Tél. 032 967 96 50 Fax 032 967 96 51 www.alfaset.ch alfaset@ne.ch

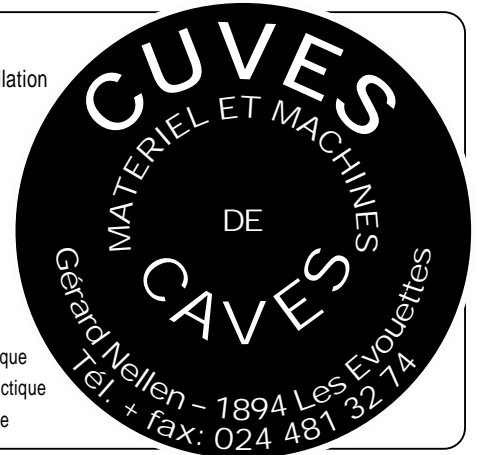
PLANTS DE VIGNES
pour une viticulture moderne couronnée de succès



PÉPINIÈRES VITICOLES ANDREAS MEIER&Co.
5303 Würenlingen | T 056 297 10 00
office@rebschule-meier.ch | www.vignes.ch

Calculs techniques
Fournitures et installation complète pour:
adéquation et pilotage des températures d'élaboration:

- débouillage
- macération à chaud
- macération à froid
- fermentation alcoolique
- fermentation malolactique
- stabilisation tartrique



TEMPÉRATURE sous gestion

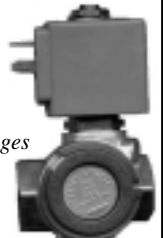
Vinification, fermentation
Grâce au régulateur de température AGT-E5CK

Appareil complet avec affichage température et valeur de programmation. – Economie d'eau. Livré avec vanne 1/2" Version pour 1, 2 ou 3 cuves.

Dès CHF 900.–

AgriTechno

Case postale 24 – CH-1066 Epalinges
Tél. 021 784 19 60
Fax 021 784 36 35
www.agritechno.ch



Diagnostic immuno-enzymatique des maladies du bois strié du pommier et du jaunissement des nervures du poirier à l'aide d'anticorps monoclonaux

M.-E. RAMEL, P. GUGERLI, L. BOURQUIN et J. DE MEYER¹, Agroscope RAC Changins, case postale 254, CH-1260 Nyon 1

E-mail: maria-elena.ramel@rac.admin.ch
Tél. (+41) 22 36 34 444.

Résumé

Des maladies importantes du pommier et du poirier sont causées par l'*apple stem pitting virus* (ASPV) et le virus apparenté *pear vein yellows virus* (PVYV). Le diagnostic rapide de ces maladies par le test immuno-enzymatique ELISA est devenu possible grâce au développement des premiers anticorps monoclonaux (AMC). La validation de la procédure s'est faite avec des échantillons de diverses espèces, variétés et organes prélevés à différents états végétatifs. Les résultats ont été comparés à l'indexage biologique et à la détection moléculaire par le test RT-PCR (*reverse transcription polymerase chain reaction*). Une très bonne concordance a été obtenue entre les résultats du test ELISA et l'indexage biologique. Par contre, le test RT-PCR n'a pas détecté toutes les origines de virus. La détection par le test ELISA est particulièrement fiable à partir d'échantillons de bois dormant. Ce type de matériel est couramment utilisé dans la commercialisation de variétés. Le contrôle virologique dans le cadre de programmes de sélection sanitaire et de production de plants est ainsi facilité. La mono-spécificité des AMC a également permis de confirmer la forte similitude sérologique entre l'ASPV et le PVYV.

Introduction

L'*apple stem pitting foveavirus* (ASPV) et le *pear vein yellows virus* (PVYV) ont été associés aux maladies du **bois strié du pommier** ou au **jaunissement du poirier** par divers auteurs (KOGANEZAWA et YANASE, 1990; GIUNCHEDI et POLLINI, 1992; JELKMANN *et al.*, 1992; PILOTTI *et al.*, 1995; RAMEL *et al.*, 1998). Les foveavirus sont caractérisés par des particules filamenteuses d'une longueur d'environ 800 nm. Ils sont principalement disséminés par le plant issu de multiplication végétative.

L'ASPV et le PVYV sont fréquemment mis en évidence par l'indexage biologique sur les variétés commerciales de pommier, poirier et cognassier. L'analyse de 35 ans de sélection sanitaire française (LEMOINE et GEOFFRION, 2000) a démontré qu'environ **60%** de clones de pommier et plus de **90%** de poirier sont infectés par ces virus. Ils peuvent



Fig. 1. Striures provoquées par l'ASP sur le bois écorcé de l'indicateur *Malus sylvestris* Virginia crab (en bas: contrôle sain).

¹Avec la collaboration technique de P.-H. Crausaz et N. Dubuis.

se manifester par des symptômes caractéristiques sur le feuillage ou les fruits, mais aussi par des effets moins définis, mais fortement dommageables, notamment par rapport à la reprise au greffage, à la croissance des porte-greffe, au rendement et au calibre des fruits. Ces symptômes sont souvent renforcés par la présence d'autres viroses courantes comme la maladie des taches chlorotiques ou le bois souple du pommier (SCHMIDT, 1972; WESTWOOD et CAMERON, 1974; FRIDLUND et DRAKE, 1981; LEMOINE et MICHELESI, 1976 et 1997). Divers syndromes sont à présent associés aux virus ASPV et PVYV. Le **bois strié du pommier**, en anglais «*apple stem pitting*» (ASP), est une maladie appelée ainsi à cause des striures visibles sur le xylème de porte-greffe sensibles au virus (fig.1). Certains porte-greffe réagissent plus fortement par le dépérissement très rapide de tout le scion. Actuellement, ces porte-greffe très sensibles, comme *Malus sylvestris* Virginia crab ou *M. sylvestris* Spy 227, sont utilisés seulement comme indicateurs à des fins diagnostiques pour l'indexage biologique de la maladie. Greffées sur les porte-greffe actuellement utilisés en Europe, peu de variétés commerciales de pommier expriment ces symptômes, à l'exception de Reinette Clochard, Charden ou de variétés à cidre (DESVIGNES, 1999). Le virus est donc présent sous forme latente et les dommages se manifesteront par des effets indirects sur la production. Le jaunissement des nervures du poirier, en anglais «*pear vein yellows*» (PVY), s'exprime souvent sur des variétés commerciales comme Beurré Hardy, B. Durondeau, Conférence, Curé, Doyenné du Comice, Abbé Fettel, Passe Crassane ou Pierre Corneille. Des stries chlorotiques sont visibles sur les nervures tertiaires des feuilles. Sur certaines variétés, ces symptômes évoluent d'une couleur jaune à rougeâtre vers la fin de la saison. Cette expression de la maladie est appelée la **marbrure rouge du poirier** («*pear red mottle*» en anglais). Sur les poires, des zones avec un développement irrégulier donnent un aspect bosselé au fruit. Les tissus liégeux de ces zones ont donné le nom de **gravelle** («*stony pit*» en anglais) à cette affection, d'expression variable d'année en année. Sur cognassier, la **maladie des taches annulaires fuligineuses** («*quince sooty ring spot*» en anglais) s'exprime sur quelques porte-greffe et variétés sensibles. Cette manifestation a été associée au jaunissement de nervures du poirier et au dépérissement du Spy par DESVIGNES en 1970 déjà. La maladie se manifeste par des épinasties

ou enroulements du jeune feuillage et par des colorations noires en forme d'anneaux ou de bandes qui donnent l'aspect d'une attaque de fumagine. Des plantes atteintes peuvent produire des fruits déformés comme la gravelle du poirier. Certaines variétés de poirier japonais ou nashi sont atteintes par la **tacheture nécrotique du poirier** («*pear necrotic spot*» en anglais). YANASE *et al.* (1988) ont attribué cette maladie à une souche d'ASPV. Les symptômes débutent par des taches nécrotiques d'environ 2-3 mm de diamètre sur les feuilles, provoquant vers la fin de la saison leur chute prématurée. Les maladies du **fruit bosselé**, de la **craquelure étoilée** et des **taches liégeuses** (respectivement «*apple green crinkle*», «*star crack*» et «*rough skin*» en anglais) sont des maladies des fruits du pommier considérées comme étant d'origine virale et transmises par greffage. Leur étiologie est encore inconnue, mais leur association avec l'ASPV a été suggérée, sans être prouvée. Le diagnostic de ces maladies se fait couramment par l'**indexage biologique**. Un indicateur (*Malus sylvestris* Virginia Crab et Spy 227 ou *Pyronia veitchii*) est inoculé par double greffage avec la plante à vérifier. Réalisée au champ, l'observation des symptômes se fait pendant une à trois saisons. Plusieurs chercheurs (FRIDLUND, 1980; GILLES et BORMANS, 1986 et 1988; DESVIGNES *et al.*, 1992; RAMEL *et al.*, 1998) ont adapté cette technique aux conditions de serre, diminuant ainsi la période d'observation à quelques mois. L'indexage sur la plante herbacée *Nicotiana occidentalis* (VAN DER MEER, 1986) est aussi utilisé en serre. Néanmoins, la réussite de la transmission du virus d'un hôte ligneux à un hôte herbacé est plus irrégulière que la transmission entre espèces ligneuses et cette technique est plutôt un complément qu'un

test définitif. Actuellement, le diagnostic en laboratoire se fait essentiellement par un test moléculaire basé sur l'amplification de gènes, test **RT-PCR** voire **IC-RT-PCR** (JELKMANN, 1994; JELKMANN et KEIM-KONRAD, 1997; SCHWARZ et JELKMANN, 1998). Cette approche est cependant coûteuse et peu adaptable à l'analyse en grande série. Le diagnostic à l'aide d'anticorps polyclonaux a été étudié par GIUNCHEDI et POLLINI (1992), JELKMANN et KEIM-KONRAD (1997) et RAMEL *et al.* (1998). Par manque de spécificité, les applications ont été limitées à l'immuno-microscopie électronique, le western-blot ou l'IC-RT-PCR. L'utilisation du dosage immuno-enzymatique par le test **ELISA** est seulement devenue possible après l'obtention des premiers **anticorps monoclonaux** (AMC) (GUGERLI et RAMEL, 2003 et 2004). Dans cet article, nous démontrons la fiabilité du test ELISA à l'aide de ces anticorps monoclonaux hautement spécifiques et son utilisation à grande échelle pour le dépistage de l'ASPV et du PVYV, permettant donc le diagnostic rapide de leurs maladies associées en laboratoire. Par la monospécificité de ces AMC, nous confirmons également la forte similitude sérologique entre les deux virus.

Matériel et méthode

Matériel végétal

Les isolats de virus sur plantes herbacées font partie de la collection de références du service de virologie d'Agroscope RAC Changins et ont été maintenus sur *Nicotiana occidentalis* (tabl. 1). Les références sur plantes ligneuses, de statut viral connu ou en cours d'évaluation, ont été maintenues en serre ou en parcelle à Changins (tabl. 2).

Tableau 1. Isolats maintenus sur plante herbacée *Nicotiana occidentalis*.

N° d'identification	Origine	N° d'identification de l'origine	Etat sanitaire de l'origine*
N 953 N 974 N 1063 N 1136 N 1125 N 1137	Pommier	2118 (inoculé sur <i>Malus sylvestris</i> Spy 227) 6805 49 (inoculé sur <i>M. Platycarpa</i>) 97 2097 2094	ASP ACLS RW ApM ASP ACLS ASG ApP ASP ACLS ASP ACLS ASP ASP
N 922 N 952 N 980 N 1090 N 1141	Poirier	2225 2224 (inoculé sur <i>Pyronia veitchii</i>) 191 (inoculé sur <i>P. veitchii</i>) 1544 (inoculé sur Passe Crassane) 23145	PVY RW PVY RW PVY PVY PVY ACLS

*ASP = *Apple stem pitting* (bois strié du pommier), ACLS = *Apple chlorotic leafspot* (maladie des taches chlorotiques du pommier), RW = *Rubbery wood* (bois souple du pommier), ApMV = *Apple mosaic* (mosaïque du pommier), ASG = *Apple stem grooving* (bois rayé du pommier), ApP = *Apple proliferation* (prolifération du pommier), PVY = *pear vein yellows* (jaunissement des nervures du poirier).

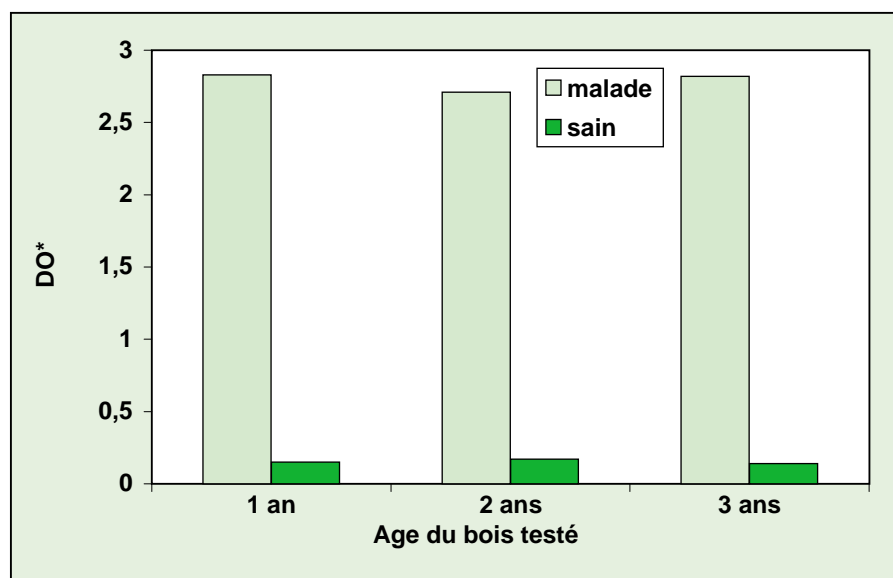
Tableau 2. Références sur hôtes ligneux pommier, poirier et cognassier.

N° d'identification	Hôte (variété)	N° d'identification	Hôte (variété)
Pommier		Pommier	
3 4 636 637 2094 2097 2901 6905 5 6 639 7 13 15 21 1559 11 27 1555 17 33 34 35 36 37 39 695 700 2111 2113 2197 2900 3999-4001 5140 5141 5143 5144 5146 5147 5148 5149 5152 5153 5155 5156 5158 5159 5161 5162 5164 5165 5167 5168 5170 5171 5173 5176 5177 5181 5182 5187 5190 5191 5194 5197 5200 5201 5203 5204 7036 41 43 45 633 2118 49 50 52 2108 2109 2110 684 51 682 683 55 671 17403 57 59 61 65 67 1551 71 2068 2127 4357 4365 4372 4409 79 710 2482 1557 89 95 Lo185-189 97 73 1339 101 2044 105 107 109	Arlét Boskoop Boskoop ordinaire Boskoop rouge Cloche Close Cox's Orange Delbard Estivale Elstar Florina Franc Roseau Gloster Golden Delicious Golden Smoothee Goro Granny Smith Gravenstein Gravenstein ordinaire Gravenstein rouge Idared Inconnue James Grieve rouge Jonagold Jonared Jonathan Watson Jonnee Karmijn Kid's Orange Red Lord Lambourne Maigold Meran Ontario (Reinette) Pomme Raisin Rouge Priam Primerouge Red Delicious Reine des Reinettes Reinette du Canada Reinette grise du Canada Rose de Berne Spartan	567 2102 2103 129 113 117 1553 119 571 123 2884 1544 155 1509 St1er 2224 2225 168 171 1506 8791 Z6 873 157 161 624 159 1455 198 167 170 1606 173 175 1547 177 179 181 1542 Lo579-572 23143 23145 165 187 185 189 1453 2203 2238 5936 5937 1451 1448 1549 1450 191 643 Lo592-596 196 1545 848 626 1459 1510	Spy Stark Earliest Starkrimson Summerred Tenroy Transparente blanche Virginia Crab Vista Bella Abbé Fettel Beurré Bosc Beurré d'Anjou Beurré Diel Beurré Giffard Beurré Hardy Champirac Clapp's Favourite Conférence Doyenné du Comice Dr Jules Guyot Général Leclerc Grand Champion Hybride Poirier Louise Bonne Pachkam's Triumph Passe Crassane Pierre Corneille Poire à Botzi Poire Curé Précoce de Trévoux Précoce Morettini Président Héron Pyrionia veitchii Pyrus betulaefolia P. serotina P. serotina Ping Ding P. ussuriensis Super Comice Swiss William's Triumph de Vienne Valérac William's
		Poirier	
		Cognassier	
		346 611 348 606 617 2233 1446	Champion Géant de Vranja Ronda Cognassier A Cognassier C- 7/1

Tableau 3. Amorces utilisées en analyse RT-PCR.

Amorce	Séquence	Taille (pb)*	Référence
C8849	5'-TGCCTCAAAGTACACCCCTCAGT-3'	316	McKENZIE (1997)
H8534	5'-CGCCAAGAAATGCCACAGC-3'	264	JELKMANN et KEIM-CONRAD (1997)
A (pos 9237-9256)	5'-ATAGCCGCCCCGGTTAGGTT-3'		
C (pos 8993-9012)	5'-CTCTTGAACCAGCTGATGGC-3'	291	MALINOWSKI <i>et al.</i> (1998)
ASPF1	5'-AGCGGTTGCCTATTTTGTCC-3'		
ASPR5	5'-GTGAGGTCAAAGATGCTGAAACC-3'		

*Nombre de paires de bases amplifiées.



Test ELISA

Le test immuno-enzymatique ELISA a été réalisé selon la méthode de CLARK et ADAMS (1977) à l'aide des AMC 4-0 ou 4-1, 4-7, voire occasionnellement l'AMC 5-4 (GUGERLI et RAMEL, 2003 et 2004). Les échantillons de divers organes (feuilles, fleurs, bourgeons ou bois) ont été broyés avec un homogénéisateur Homex de Bioreba AG (Reinach, CH). Le broyage a été réalisé dans un rapport de 1/20 dans du tampon d'extraction. 200 µl de cet extrait ont été déposés dans deux alvéoles de plaques ELISA. Au moins deux répétitions par sujet à tester ont été évaluées. L'absorbance à 405 nm a été mesurée avec un photomètre Dynex MRX (Dynex Technologies GmbH, Denkerdorf, D). Ces mesures ont été effectuées principalement après deux ou quatre heures et exceptionnellement après 18 heures d'incubation du substrat. Le blanc correspond à la lecture du tampon substrat à 0 minute. La valeur «limite sain/malade» a été calculée en additionnant la valeur moyenne des échantillons sains et trois fois leur écart-type.

Test moléculaire RT-PCR

La préparation des échantillons à partir de feuilles ou de bois a été obtenue selon la méthode d'extraction de MCKENZIE *et al.* (1997) (kit Rneasy de Quiagen, Quiagen AG Bâle, CH) en suivant les instructions du fabricant. Les protocoles de MCKENZIE *et al.* (1997) et JELKMANN et KEIM-CONRAD (1997) ont été modifiés et adaptés pour la phase de RT-PCR, en utilisant AMV RT et Tth polymerases de Promega. Les paires d'amorces choisies sont indiquées dans le tableau 3. Les cycles d'amplification ont été effectués dans un thermocycleur UNO-Thermoblock (Biometra) en utilisant les paramètres suivants: quatre cycles (90 sec/94 °C, 30 sec/56 °C, 90 sec/72 °C) suivis par 30 cycles (40 sec/94 °C, 30 sec/43 °C, 40 sec/72 °C), suivis d'une polymérisation finale de cinq minutes à 72 °C. Les produits amplifiés par PCR ont été analysés par électrophorèse sur un gel d'agarose de 1,5% et coloriés au bromure d'éthidium.

Résultats

Analyse de bois et de fleurs

La production et l'évaluation des anticorps monoclonaux contre l'ASPV ont été décrites antérieurement. La détection du virus à partir d'échantillons foliaires a bien été démontrée (GUGERLI et RAMEL, 2003 et 2004). Afin de valider plus amplement le test ELISA sur d'autres organes, des échantillons de bois de pommier de la variété Golden Delicious de 1, 2 et 3 ans ont été analysés. Des résultats typiques sont présentés dans la figure 2. Les réactions des

◁ Fig. 2. Détection du virus ASPV par le test ELISA sur des échantillons de bois de 1, 2 et 3 ans de la variété Golden Delicious. *DO = densité optique à 405 nm (moyennes de six répétitions).

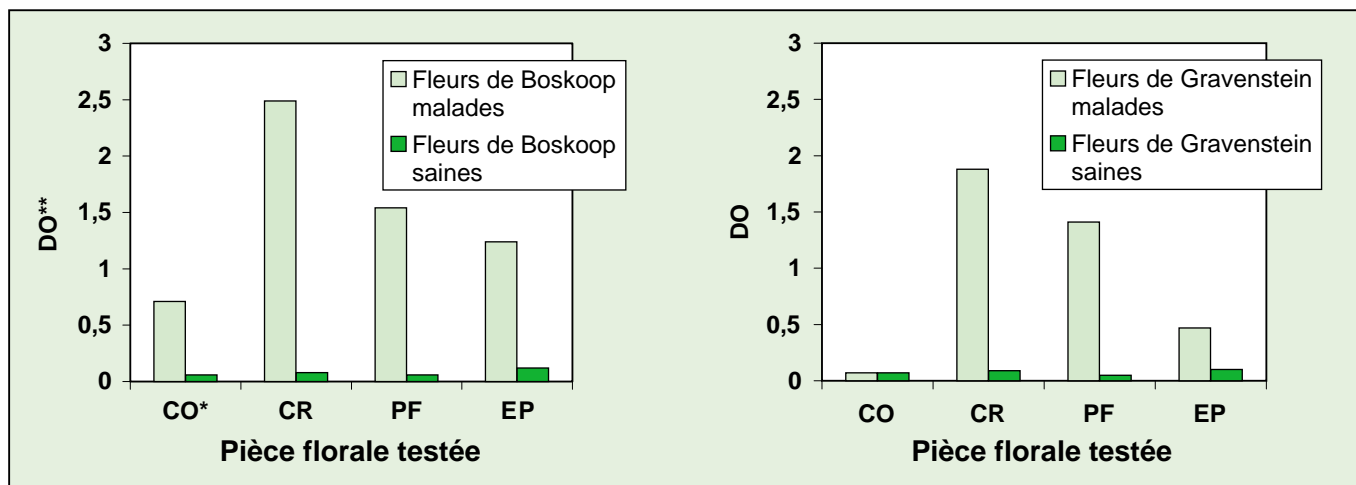


Fig. 3. Détection du virus ASPV par le test ELISA dans diverses pièces florales de deux variétés de pommier. *CO = corolle, CR = calice et réceptacle, PF = pédoncule floral, EP = étamines et pistils. **DO = Densité optique à 405 nm (moyennes de quatre répétitions).

échantillons provenant de l'arbre malade ont été comparables pour les trois âges et clairement distinctes des réactions de l'arbre sain. De même, la présence d'ASPV a été évaluée dans diverses pièces florales de deux variétés de pommier: Boskoop et Gravenstein. Comme le montre la figure 3, la répartition n'est pas la même pour les deux variétés. Le virus n'a pas été détecté dans la corolle des fleurs de Gravenstein à la différence des fleurs de Boskoop. Au contraire, les tissus du calice et du réceptacle et du pédoncule floral des deux variétés réagissent bien au test ELISA. Le virus est aussi reconnu dans les tissus de pistils et d'étamines.

Comparaison de différentes méthodes

Dans une première approche, le test ELISA a été comparé au test moléculaire RT-PCR. La comparaison s'est faite avec des échantillons de bois de pommier, de poirier et de feuilles de plantes herbacées *N. occidentalis* infectées par la même origine de virus. Le tableau 4 présente les réactions aux trois paires d'amorces. La concordance entre les résultats ELISA et RT-PCR a été partielle, particulièrement pour les échantillons provenant des plantes herbacées. Deux origines sur pommier n'ont été reconnues par aucune des trois paires d'amorces du test RT-PCR, contrairement au test ELISA qui a reconnu toutes les origines sur bois et feuille de plante herbacée. Par ailleurs, les trois paires d'amorces ont donné des résultats variables au test RT-PCR.

Deuxièmement, le test ELISA a été comparé à l'indexage biologique. Les

résultats sont présentés dans le tableau 5. La comparaison comprend d'un côté les observations faites sur le bois écorcé de l'indicateur *Malus sylvestris* V. crab et

d'autre part les réactions au test ELISA obtenues avec les échantillons homologues de la variété Golden Delicious, indicateur des maladies des fruits.

Tableau 4. Détection par tests ELISA et RT-PCR de diverses références de virus ASPV et PVYV sur hôte herbacé et ligneux.

Virus	N° d'identification	Variété	Organe	ELISA	RT-PCR		
					Paire d'amorces		
					H8534/C8849	C/A	ASPF1/ASPR5
ASPV+	49 N 1063	Gravenstein <i>N. occidentalis</i>	Bois Feuille	+ +	+ -	+ +	+ -
	2118 N 953	Granny Smith <i>N. occidentalis</i>	Bois Feuille	+ +	+ +	+ -	+ -
	97 N 1136	Priam <i>N. occidentalis</i>	Bois Feuille	+ +	+ -	+ +	+ +
	7036 N 974	Golden Delicious <i>N. occidentalis</i>	Bois Feuille	+ +	- -	+ +	- -
	2097 N 1125	Boskoop <i>N. occidentalis</i>	Bois Feuille	+ +	- -	- -	- -
	2094 N 1137	Boskoop <i>N. occidentalis</i>	Bois Feuille	+ +	- -	- -	- -
PVYV+	2224 N 952	Beurré Diel <i>N. occidentalis</i>	Bois Feuille	+ +	+ -	+ -	+ -
	1544 N 1090	Abbé Fettel <i>N. occidentalis</i>	Bois Feuille	+ +	+ +	+ +	+ +
	191 N 980	Super Comice <i>N. occidentalis</i>	Bois Feuille	+ +	+ -	+ +	+ -
	23145 N 1141	Poire à Botzi <i>N. occidentalis</i>	Bois Feuille	+ +	+ +	+ +	- -
Sain	45 36 52 159	Granny Smith Golden Delicious Gravenstein Doyenne du Comice <i>N. occidentalis</i>	Bois Bois Bois Bois Feuille	- - - - -	- - - - -	- - - - -	- - - - -
	tampon			-	-	-	-

Zone verte = concordance entre tests ELISA et RT-PCR.

Tableau 5. Comparaison des résultats obtenus par test ELISA sur bois et sur fleurs et par indexage sur indicateur ligneux.

N° d'identification	Variété	ELISA						INDEXAGE				
		Etat sanitaire selon indexage*						ASP		Autres viroses		
		Indicateur V. crab						Sévérité des striures sur l'indicateur**		Sévérité des striures à l'union (JNP)***		
		Bois		Fleurs		Feuilles		Interprétation du test	Interprétation du test	Interprétation du test	Interprétation du test	
		DO°	Interprétation du test	DO°°°	Interprétation du test	DO	Interprétation du test					
5140-5141	Golden Delicious	1,32	+ °°	1,72	+			3	0,83	ASP+	ACLS+	
5143-5144		0,06	-	0,09	-			0	0		ASG+	
5146-5147		0,04	-	0,07	-			0	0		sain	
5148-5149		0,03	-	0,09	-			0	0		ASG+	
5152-5153		0,07	-	0,07	-			0	0		ASG+	
5155-5156		0,08	-	0,08	-			0	0		ASG+	
5158-5159		0,06	-	0,10	-			0	0		ASG+	
5161-5162		0,92	+	0,97	+			3	0	ASP+	ASG+ ACLS+	
5164-5165		0,99	+	1,14	+			2,3	0	ASP+	ASG+ ACLS+	
5167-5168		1,68	+	0,41	+			2,67	0,16	ASP+	ASG+ ACLS+	
5170-5171		1,03	+	0,90	+			2,5	0	ASP+	ASG+ ACLS+ FL+	
5173		1,18	+					3	0	ASP+	ACLS+ RW+	
5176-5177		1,34	+	1,59	+			3	1,5	ASP+	ACLS+ ApM+	
5181		0,05	-	0,08	-			0	0		ACLSV+	
5182		0,32	-	0,08	-			0	0		ASG+	
5187		0,09	-					0	0		sain	
5190		0,71	+	0,43	+			0,67	3	ASP+	ACLS+	
5191		1,02	+					3	0	ASP+	ASG+ ACLS+ RW+	
5194		1,36	+					2	0,8	ASP+	ACLS+ RW+	
5197		0,14	-	0,06	-			0	0		ACLS+	
5200-5201			0,08	-	0,06	-			0	0		sain
5203-5204			0,06	-	0,05	-			0	0		sain
TÉMOINS												
2901	Boskoop	1,96	+	1,51	+					ASP+	ACLS+ ASG+	
636-637	Boskoop			0,08	-						sain	
2108-10	Gravenstein	2,28	+	0,96	+					ASP+	ACLS+ ASG+ FL+	
682-683	Gravenstein			0,08	-						ASG-	
79	Maigold	0,05	-								sain	
34	Golden Delicious	0,27	-								sain	
3999-4001	Golden Delicious			0,07	-						sain	
N 1090	<i>N. occidentalis</i>					1,15	+					
N 953						1,62	+					
N 922						2,22	+					
N 1063						2,44	+					
sain						0,14	-					

° Test sur bois: moyenne de deux; trois ou quatre répétitions, limite sain/malade = 0,39.

°° Résultats des tests: + test positif, - = test négatif, rien = non testé.

°°° Test sur fleurs: moyenne de deux; quatre ou huit répétitions, limite sain/malade = 0,10.

*ASP = *Apple stem pitting* (bois strié du pommier); ACLS = *Apple chlorotic leafspot* (maladie des taches chlorotiques du pommier), ASG = *Apple stem grooving* (bois rayé du pommier), RW = *Rubbery wood* (bois souple du pommier), ApM = *Apple mosaic* (mosaïque du pommier), FL = *flat limb* (plastomanie).

** = moyenne de notes d'évaluation (échelle 0 à 3).

***JNP = *jonction necrotic pitting* = stries concentrées sur la zone de l'union entre le porte-greffe et l'indicateur.

L'évaluation sérologique a été effectuée en hiver sur le bois et au printemps sur des fleurs. L'observation sur le bois écorcé comprenait à la fois la sévérité des striures sur l'indicateur et la focalisation des striures à l'union. L'AMC a reconnu toutes les origines qui ont provoqué des striures sur le bois, indépendamment de leur sévérité ou de leur localisation. Les autres viroses démontrées sur différents indicateurs n'ont pas interféré avec la détection de l'ASPV. Par rapport aux symptômes sur le bois, certaines origines ont produit des striures très marquées et bien réparties le

long de l'indicateur. Avec d'autres origines, les irrégularités du xylème ont été plutôt localisées sur la zone de l'union entre le porte-greffe et l'indicateur (en anglais «*jonction necrotic pitting*»). Ces expressions sont supposées être provoquées par différentes souches du virus (WELSH et UYEMOTO, 1980). La différence entre les réactions des échantillons positifs et négatifs a été très significative et comparable à celles mesurées pour les témoins ligneux et herbacés figurant au bas du tableau. La concordance entre l'indexage biologique et le test ELISA a été parfaite.

Application à large échelle

A la suite de ces résultats prometteurs, le test ELISA a ensuite été appliqué à l'analyse d'un plus grand nombre d'arbres comprenant des évaluations en cours par des indexages biologiques. 131 sujets représentant 113 variétés de pommiers, poiriers et cognassiers ont été ainsi testés à partir d'échantillons de bois récoltés en hiver. Le tableau 6 montre les résultats obtenus. La réponse du test ELISA a été comparée à l'état sanitaire connu par indexage biologique dans la majorité des cas. Pour

Tableau 6. Analyse de bois d'hiver de 131 arbres de pommier, poirier et cognassier par test ELISA.

Espèce	Etat sanitaire selon indexage*		N° d'identification	Nbre de variétés différencées	Nbre d'individus testés	Résultats du test ELISA**					
	ASP/PVY	Autres				Positifs		Négatifs		Douteux	
						Nbre	DO***	Nbre	DO	Nbre	DO
Pommier	nt	nt	3 6 633 639 1339 17043	6	6			6	0,05 à 0,20		
	ASP -	ASG -	4 5 7 11 13 17 21 27 33 35 37 39 41 51 57 59 61 65 67 71 7379 89 101 105 107 109 113 117 119 123 129 567 571 671 682 695 700 710	33	39			38	0,03 à 0,16	1	0,23
	en cours	en cours	15 43 45 1551 1553 1555 1557 1559	8	8	2	0,88 à 3,00	6	0,06 à 0,10		
	ASP -	RW +	2044 2068 2127 2884	3	4			4	0,04 à 0,08		
	ASP -	ASG +	Lo185-189 55 95 2111 2113 2197 2900	3	7			7	0,03 à 0,13		
	ASP -	ACLS +	2102 2103	1	2			2	0,03 à 0,05		
	ASP +	RW +	4409	1	1	1	1,63				
	ASP +	ACLS+ ASG+ RW	4357 4365	1	2	2	1,67 à 2,17				
	ASP +	ACLS+	47 97 684 2482 4372	4	5	5	0,31 à 2,25				
	ASP +	ACLS+ ASG+	2110 2901	2	2	2	1,08 à 1,48				
	ASP +	ACLS+ RW+ ApM+	2118	1	1	1	0,82				
Poirier	nt	nt	624	1	1			1	0,06		
	PVY -		155 157 159 161 165 167 168 170 171 173 175 179 181 185187 196 198 626	18	18			18	0,02 à 0,06		
	en cours	en cours	848 873 1448 1450 1451 1453 1455 1459 1506 1509 1510 1542 1544 1545 1547 1549 1606	17	17	2	0,64 à 3,00	14	0,03 à 0,07	1	0,08
	PVY +		177 191 643 2203 Lo579-572 Lo592-596	4	6	5	0,19 à 1,63			1	0,07
	PVY +	Gravelle +	St1er	1	1	1	2,34				
	PVY +	ACLS+	5936 5937	1	2	2	1,11 à 1,47				
	PVY +	RW +	2224 2225	1	2	2	0,98 à 1,54				
	Cognassier	nt	nt	606 611	2	2			2	0,04	
PVY -			346 348 617	3	3			3	0,03 à 0,04		
en cours		en cours	1446	1	1			1	0,06		
PVY +		RW +	2233	1	1					1	0,08
TOTAL				113	131	25		102		4	
T É M O I N S											
<i>N. occidentalis</i>	ASP+ ou PVY +		N 922 N953 N1063	1	3	3	0,99 à 3,00				
		sain	N sain		1			1	0,09		

*ASP = *Apple stem pitting* (bois strié du pommier), ASG = *Apple stem grooving* (bois rayé du pommier), RW = *Rubbery wood* (bois souple du pommier), ACLS = *Apple chlorotic leafspot* (maladie des taches chlorotiques du pommier), ApM = *Apple mosaic* (mosaïque du pommier), PVY = *Pear vein yellows* (jaunissement des nervures du poirier), nt = non testé.

**Moyenne de deux à cinq répétitions par plante.

***DO = densité optique; limite sain-malade pommier = 0,21; limite poirier et cognassier = 0,07.

26 arbres en cours d'indexage, quatre se sont révélés positifs au test ELISA. Ce résultat a ainsi précédé celui du test biologique. Des 23 arbres connus infectés par ASPV ou PVYV, 21 ont été aisément reconnus par le test ELISA. Seuls quatre, sur le total de 131 sujets testés, ont montré des réactions douteuses, nécessitant de plus amples vérifications, notamment la répétition avec un nombre accru d'échantillons.

Bibliographie

- CLARK M. F., ADAMS A. N., 1977. Characterization of a microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. *J. Gen. Virol.* **34**, 475-483.
- DESIGNES J.-C., 1970. Observations sur quelques viroses du poirier: ring mosaic, vein yellows, quince sooty ring spot. *Ann. Phytopathol.* N° Hors série, 295-304.
- DESIGNES J.-C., BOYÉ R., CORNAGGIA D., GRASSEAU N., 1992. Quick detection of the principal apple and pear virus diseases. *Acta Horticulturae* **309**, 377-384.
- DESIGNES J.-C., 1999. Maladies à virus des arbres fruitiers. CTIFL, Paris, 202 p.
- FRIDLUND P. R., 1980. Glasshouse indexing for fruit tree viruses. *Acta Phytopath. Acad. Sci. Hungaricae* **15**, 153-158.
- FRIDLUND P. R., DRAKE S. R., 1981. Effect of pear vein yellows virus and a nonviral factor on the performance of pear trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **106** (4), 412-414.
- GILLES G. L., BORMANS H., 1986. Detection of fruit tree viruses by greenhouse indexing with woody indicators. *Acta Horticulturae* **193**, 275-281.
- GILLES G. L., BORMANS H., 1988. Improvement of greenhouse and field indexing techniques for fruit tree viruses. *Acta Horticulturae* **235**, 159-168.
- GIUNCHEDI L., POGGI POLLINI C., 1992. Cytopathological, negative staining and serological electron microscopy of a clostero-like virus associated with pear vein yellows disease. *J. Phytopathol.* **134**, 329-335.
- GUGERLI P., RAMEL M.-E., 2003. Production of monoclonal antibodies for the serological identification and reliable detection of apple stem pitting and pear yellow vein viruses in apple and pear. Abstracts. In: Proceedings 19th International symposium on virus and virus-like diseases of temperate fruit crops, 21-25 July 2003, Valence, Spain, 20.
- GUGERLI P., RAMEL M.-E., 2004. Production of monoclonal antibodies for the serological identification and reliable detection of apple stem pitting and pear yellow vein viruses in apple and pear. *Acta Horticulturae* (sous presse).
- JELKMANN W., KUNZE L., VETTEN H.-J., LESE-MANN D.-E., 1992. cDNA cloning of dsRNA associated with apple stem pitting disease and evidence for the relationship of the virus-like agents associated with apple stem pitting and pear vein yellows. *Acta Horticulturae* **309**, 55-62.
- JELKMANN W., 1994. Nucleotide sequences of apple stem pitting virus and of the coat protein gene of a similar virus from pear associated with vein yellows disease and their relationship with potex- and carlaviruses. *J. Gen. Virol.* **75**, 1535.
- JELKMANN W., KEIM-KONRAD R., 1997. Immunocapture polymerase chain reaction and plate-trapped ELISA for the detection of apple stem pitting virus. *J. Phytopathology* **145**, 499-503.

Discussion et conclusions

- ❑ Pommiers et poiriers sont fréquemment atteints par les viroses associées respectivement à l'ASPV et au PVYV. Des outils de diagnostic rapides, économiques et fiables, permettant des analyses en série, directement sur du tissu ligneux, n'étaient pas disponibles.
 - ❑ Avec l'obtention d'AMC hautement spécifiques, l'utilisation du test ELISA est devenue envisageable (GUGERLI et RAMEL, 2003 et 2004). Les auteurs ont démontré que la détection des virus par ce test était possible à partir d'échantillons foliaires et de bois.
 - ❑ La présente étude a maintenant confirmé la fiabilité de détection dans divers organes, en particulier dans le bois dormant de 1, 2 et 3 ans ainsi que dans des fleurs. Le diagnostic à partir du bois facilitera le travail dans le cadre des contrôles virologiques en relation avec la certification ou les échanges de matériel végétal.
 - ❑ La détection fiable des virus dans des échantillons de fleurs permet en outre d'étendre le contrôle virologique à d'autres périodes de l'année et donc la synchronisation du dépistage de plusieurs virus (ASPV, PVYV, ACLSV, ASGV ou ApMV). Vu la répartition inégale des virus dans les différents tissus floraux, l'utilisation de la fleur entière est recommandée.
 - ❑ La comparaison du test ELISA et de l'indexage biologique a révélé une parfaite concordance. Cela prouve que l'AMC disponible reconnaît tous les isolats et souches mis en évidence par les indexages biologiques réalisés.
 - ❑ Quant au test RT-PCR, avec les trois paires d'amorces utilisées ici, la concordance a été partielle et particulièrement moins fiable avec les échantillons provenant de plantes herbacées. Deux origines sur dix n'ont pas été reconnues du tout. L'utilisation d'autres amorces et l'affinement de la technique paraissent donc nécessaires.
 - ❑ Bien que les deux procédures de laboratoires abrègent notablement la durée du diagnostic à une journée, le test ELISA a l'avantage d'être moins coûteux et plus adapté au travail en série que le test RT-PCR.
 - ❑ Vu la variabilité de symptômes observée à l'indexage biologique, le test ELISA s'avère également très utile pour l'étude des syndromes atypiques liés à l'ASPV et au PVYV. La mono-spécificité de l'AMC confirme une fois de plus la parenté entre le virus responsable de la maladie du bois strié du pommier et le jaunissement des nervures du poirier.
- KOGANEZAWA H., YANASE H., 1990. A new type of elongated virus isolated from apple trees containing the stem pitting agent. *Plant Dis.* **74** (8), 610-614.
- LEMOINE J., MICHELES J.-C., 1976. Incidence des maladies à virus sur la production et le calibre des fruits de la variété de poire Docteur Jules Guyot. *CTIFL-Documents* n° 51.
- LEMOINE J., MICHELES J.-C., 1997. Incidence d'une contamination en verger de poirier. *L'Arboriculture fruitière* **508**, 35-40.
- LEMOINE J., GEOFFRION R., 2000. Sélection sanitaire du pommier et du poirier. *Phytoma* **531**, 46-51.
- MALINOWSKI T., KOMOROVSKA B., GOLIS T., ZAWADZKA B., 1998. Detection of apple stem pitting and pear vein yellows virus using reverse transcription-polymerase chain reaction. *Acta Horticulturae* **472**, 87-95.
- MCKENZIE D. J., MCLEAN M. A., MUKERJI S., GREEN M., 1997. Improved RNA extraction from woody plants for the detection of viral pathogens by reverse transcription-polymerase chain reaction. *Plant Disease* **81** (2), 222-226.
- PILOTTI M., FAGGIOLI F., BARBA M., 1995. Characterisation of italian isolates of pear vein yellows virus. *Acta Horticulturae* **386**, 148-154.
- RAMEL M.-E., GUGERLI P., SAUGY R., CRAUSAZ P.-H., BRUGGER J.-J., 1998. Contrôle virologique du pommier et du poirier par indexage rapide en serre et isolement des agents des principales viroses. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **30** (1), 13-21.
- SCHWARZ K., JELKMANN W., 1998. Detection and characterization of european apple stem pitting virus sources from apple and pear by PCR and partial sequence analysis. *Acta horticulturae* **472**, 75-85.
- SCHMIDT H., 1972. The effect of latent virus infections on the yield of maiden trees on 20 apomictic apple seedling rootstocks. *J. hort. Sci.* **47**, 159-163.
- VAN DER MEER F. A., 1986. Observations on the etiology of some virus diseases of apple and pear. *Acta horticulturae* **193**, 73-74.
- WELSH M. F., UYEMOTO J. K., 1980. Differentiation of syndromes caused in apple by graft-transmissible, xylem-affecting agents. *Phytopathology* **70**, 349-352.
- WESTWOOD M. N., CAMERON H. R., 1974. Effect of vein yellows virus on growth, flowering and yield of Anjou pears. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **99** (5), 425-426.
- YANASE H., KOGANEZAWA H., FRIDLUND P. R., 1988. Correlation of pear necrotic spot with pear vein yellows and apple stem pitting, and a flexuous filamentous virus associated with them. *Acta Horticulturae* **235**, 157.

Zusammenfassung

Immunoenzymatische Diagnostik der Stammnarbung des Apfels und der Adernvergilbung der Birne mit Hilfe von monoklonalen Antikörpern

Wichtige Apfel- und Birnenbaumkrankheiten werden durch das «apple stem pitting virus» (ASPV) und das verwandte «pear yellow vein virus» (PVYV) verursacht. Die rasche Diagnose dieser Krankheiten durch das ELISA-Verfahren wurde dank der Entwicklung der ersten monoklonalen Antikörper (MKA) möglich. Die Zuverlässigkeit dieses Tests wurde anhand von Proben von verschiedenen Arten, Sorten und Organen, von unterschiedlichen Alter und Jahreszeiten, geprüft. Das ELISA-Verfahren wurde mit der biologischen Indexierung und dem molekularen Nachweis mittels RT-PCR (*reverse transcription polymerase chain reaction*) verglichen. Dabei wurde eine totale Konkordanz zwischen den ELISA-Resultaten und der biologischen Indexierung gefunden. Hingegen hat das angewandte RT-PCR-Verfahren nicht alle Virusherkünfte erkannt. Der Virusnachweis mittels ELISA ist ab Mustern aus ruhendem Holz besonders zuverlässig. Da Kontrollen von Holzproben bei der Kommerzialisierung von Sorten wichtig sind, kann hiermit die Virusprüfung im Rahmen von Züchtungs- und Vermehrungsprogrammen erleichtert werden. Die Monospezifität des MKA hat weiter auch erlaubt, die grosse serologische Verwandtschaft zwischen dem ASPV und dem PVYV zu bestätigen.

Summary

Immuno-enzymatic diagnosis of the apple stem pitting and pear yellow vein diseases by means of monoclonal antibodies

Important diseases of apple and pear are caused by apple stem pitting foveavirus (ASPV) and the related pear vein yellows virus (PVYV). The fast diagnosis of these diseases by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) became possible thanks to the development of the first monoclonal antibodies (Mab's). The validation of the procedure was achieved with samples of various species, varieties and organs, at different vegetative states. The results have been compared to the biological indexing and molecular detection by RT-PCR assays (reverse transcription polymerase chain reaction). A total concordance has been observed between the results obtained by ELISA and the biological indexing. The applied RT-PCR protocol did not detect all origins of the viruses. Virus detection by ELISA revealed particularly reliable with samples of wood scrapings. Wooden material is usually used in the distribution of varieties. The virus control within selection and plant propagation programs will therefore be facilitated. The mono-specificity of these monoclonal antibodies also allowed to confirm the close serological relationship between ASPV and PVYV.

Key words: monoclonal antibodies, apple stem pitting virus, ASPV, pear vein yellows virus, PVYV, ELISA, detection, fruit viruses.

Riassunto

Diagnosi immuno-enzimatica delle malattie della butteraia del legno del melo e del giallume delle nervature del pero per mezzo di anticorpi monoclonali

Alcune malattie importanti del melo e del pero sono causate da *apple stem pitting virus* (ASPV) e dal suo prossimo parente *pear vein yellows virus* (PVYV). La rapida diagnosi di queste malattie per mezzo del test immuno-enzimatico Elisa è diventata possibile grazie allo sviluppo dei primi anticorpi monoclonali (AMC). La validazione della procedura è stata eseguita con degli esemplari di diverse specie, varietà ed organi prelevati a differenti stadi vegetativi. I risultati sono stati paragonati al saggio biologico su piante indicatrici ed all'identificazione molecolare per mezzo del test RT-PCR (*reverse transcription-polymerase chain reaction*). Tra i risultati del test Elisa e il saggio biologico è stata ottenuta una buona concordanza. Il test RT-PCR non ha però individuato tutte le origini del virus. L'identificazione per mezzo del test Elisa è particolarmente affidabile a partire da esemplari di legno invernale. Questo tipo di materiale è correntemente utilizzato nella commercializzazione di varietà. I controlli virologici nei programmi di selezione sanitaria e di produzione di piantine sono quindi facilitati. La mono-specificità degli AMC ha pure permesso di confermare la forte similitudine sierologica tra l'ASPV ed il PVYV.



BOUCHONS Schläpfer FABRIQUE DE BOUCHONS ET DE LIÈGE AGGLOMÉRÉ

E. & H. Schläpfer Frères SA
Autschachen 41
CH-8752 Naefels / Gl
Tél. +41 (0)55 618 40 30
Fax +41 (0)55 618 40 37
info@swisscork.ch

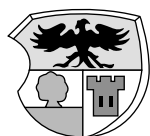
À LA RECHERCHE D'UN
BON TIRE-BOUCHON?
CONSULTEZ LE SITE
WWW.SWISSCORK.CH

Réduire vos coûts de production?

La solution...

Travaux de cave à façon - location de matériel de cave

Vinification - Préfiltration - Analyses - Mise en bouteilles
Etiquetage - Surpiquage d'étiquettes - Fournitures - Conseils œnologiques



Maison fondée en 1895

CAVE ALBERT MAYOR SA 1800 VEVEY

Prestataire de services

Tél. 021 921 13 41

Fax 021 921 19 38

Mobile 079 210 69 14

E-mail: cave.mayor@bluewin.ch

La mouche *Scatella tenuicosta* Collin, commensale des cultures sous abri

S. FISCHER et Pauline GROS, Agroscope RAC Changins, case postale 254, CH-1260 Nyon 1

@ E-mail: serge.fischer@rac.admin.ch
Tél. (+41) 22 36 34 444.

Résumé

Scatella tenuicosta Collin (Diptera, Ephydriidae) (fréquemment dénommée par erreur *S. stagnalis*) est un diptère commensal très fréquent dans les serres, surtout en systèmes hydroponiques, où il se nourrit d'algues. Il ne provoque pas de dégâts directs, mais déprécie les légumes-feuilles en les souillant de ses excréments; il peut également transmettre des inocula de champignons pathogènes. Les paramètres biologiques de cette espèce ont été étudiés en laboratoire, pour chaque stade préimaginal, à des températures constantes de 12, 15, 20, 25 et 30 °C. D'autre part, des biotests ont été effectués sur des cubes de laine de roche avec plusieurs doses de l'insecticide diflubenzuron, le nématode entomopathogène *Steinernema feltiae* et une préparation bactérienne à base de spores de *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (*B. thi*). La durée de développement œuf-adulte va de 7,4 jours (30 °C) à 43 jours (12 °C), avec un seuil *t* de 8,2 °C et une constante thermique K de 156,3 degrés-jours. A 12 °C, la mortalité est globalement la plus élevée et concerne 67% des immatures. Les femelles ont une fécondité totale et journalière de respectivement 515 et 31 œufs. *S. tenuicosta* possède donc un grand pouvoir de multiplication. Les résultats des biotests montrent que le diflubenzuron provoque la mortalité quasi totale des larves, même à la moitié de la dose homologuée contre les larves de sciarides. *S. feltiae* n'est pas adapté à vivre dans la laine de roche et ne présente que 53% d'efficacité au double de la dose recommandée, et *B. thi* ne montre pas d'activité larvicide. Les possibilités de gestion de l'insecte et les perspectives de lutte biologique sont discutées.

Introduction

Les mouches de la famille des *Ephydriidae*, qui compte quelque 115 genres et 1700 espèces dans le monde, occupent majoritairement des biotopes aquatiques ou semi-aquatiques (berges de rivières, de flaques ou autres plans d'eau douce ou salée), justifiant leur

appellation anglaise de «*Shoreflies*» («mouches des rivages»). Certaines espèces ont des larves à régime coprophage, hématophage, entomophage ou phytophage, mais la majorité d'entre elles se nourrissent de micro-organismes aussi bien à l'état adulte que larvaire. C'est le cas de *Scatella tenuicosta* Collin, objet de cet article.

Cette espèce présente une répartition holarctique (Eurasie et Amérique du Nord). Elle est fréquente dans nos serres et tunnels horticolas, où ses populations atteignent parfois des niveaux très élevés durant la saison estivale. Les cultures hors sol, en particulier, sont fortement colonisées, car adultes et larves y trouvent en abondance les

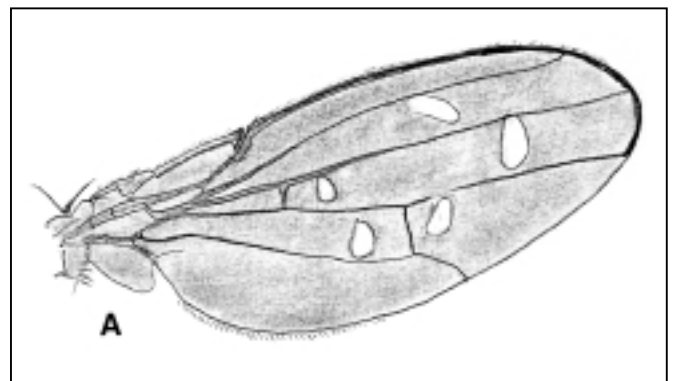


Fig. 1. Adulte de *S. tenuicosta* (fig. 1A: détail d'une aile).



Fig. 2. Larve de *S. tenuicosta*.



Fig. 3. Pupa de *S. tenuicosta*.

algues et bactéries qui prolifèrent sur les substrats hydroponiques.

De par son régime alimentaire, *S. tenuicosta* est donc un commensal plutôt qu'un ravageur. Toutefois, ses pullulations peuvent entraîner de réels problèmes, allant de l'inconfort pour les travailleurs à des dépréciations affectant cultures et récoltes.

Cet article présente une synthèse sur la biologie et la nuisibilité de cet insecte, ainsi que les moyens de lutte envisageables.

Systematique et description

S. tenuicosta Collin a été et reste fréquemment confondue avec *S. stagnalis* Fallen, une espèce voisine moins abondante et ne fréquentant pas les cultures. Cette erreur récurrente concerne d'ailleurs également nos propres travaux sur le sujet (CORBAZ et FISCHER, 1994). T. Irwin, du Norfolk Museum Service (GB), a récemment vérifié de nombreux échantillons étiquetés *S. stagnalis*, provenant de serres européennes, et a constaté que tous appartenaient au taxon *S. tenuicosta* (IRWIN, comm. pers.).

Pour la suite de cet article, nous considérerons donc que les données de la littérature européenne et nord-américaine faisant référence à *S. stagnalis* en milieux horticoles s'appliquent en réalité à *S. tenuicosta*.

L'imago (fig. 1) est une petite mouche de 1,5 à 2,2 mm de longueur, au corps uniformément gris brunâtre et aux pattes entièrement foncées. Les deux ailes sont rembrunies et présentent chacune cinq taches claires (fig. 1A). Sur le sol, l'insecte montre un comportement placide, car sa teinte le rend peu visible; toutefois, il réagit par un vol très vif s'il est effrayé.

En culture, l'habitus et la taille des adultes de *S. tenuicosta* sont suscepti-

bles d'entraîner une confusion avec les mouches mineuses (*Liriomyza spp.*); une simple loupe de poche permet aisément de faire la différence, car les ailes des mineuses sont totalement transparentes et leur corps comprend des plages jaunes bien visibles.

Les œufs de *S. tenuicosta*, d'environ 0,4 × 0,2 mm, ont un chorion réticulé blanc et une extrémité operculée. Ils sont déposés isolément à la surface des colonies d'algues.

Les larves (asticots) ont un corps à cuticule translucide, pourvu de fines soies et de courts pseudopodes facilitant la reptation; elles possèdent, à l'extrémité de l'abdomen, un appendice bifide érectile portant les stigmates, organes respiratoires (fig. 2). Elles atteignent environ 2,6 mm de longueur à maturité. Leur évolution passe par trois stades, séparés par deux mues.

En situation naturelle, les larves vivent dans la pellicule d'eau de l'*hygroscammon*. Ce vocable désigne le milieu situé au bord d'une surface d'eau, qui le sature par capillarité: des conditions similaires se rencontrent dans les substrats de culture hors sol.

Comme chez la plupart des diptères supérieurs, la nymphose se déroule à l'abri d'un puparium brun foncé, constitué de la cuticule sclérifiée du dernier stade larvaire, dont il conserve approximativement la taille et l'empreinte des appendices externes (fig. 3).

Nuisibilité

Dégâts directs

Comme nous l'avons souligné, les *Scatella* ne provoquent généralement pas de dommages directs sur les végétaux supérieurs. Cependant, en Italie, CIAMPOLINI et SÜSS (1994) ont observé que les mouches induisaient des blessures du limbe foliaire chez certaines plantes

ornementales, en le tapotant avec leur labium (extrémité de la «trompe») dont les microsculptures sclérifiées ont un effet abrasif.

Dépréciations

Ce sont les dommages le plus couramment rapportés. Ils résultent du dépôt, par les adultes, d'excréments foncés sur les parties aériennes des végétaux. Bien entendu, ce type de dégâts concerne surtout les plantes d'ornement et les légumes-feuilles. On signale qu'en Angleterre, des lots entiers de laitues souillées ont été rejetés par les grossistes (JACOBSON *et al.*, 1999).

Transmission de pathogènes

Plusieurs études ont montré que, durant la nutrition, larves et adultes de *Scatella* ingèrent des inocula de pathogènes qui demeurent viables après leur passage dans le système digestif des insectes, et se retrouvent dans leurs excréments. Ainsi, sur concombre, les oospores de l'agent de la fonte (*Pythium aphanidermatum*) peuvent être acquises puis excrétées, aussi bien par les larves que par les adultes de la mouche (GOLDBERG et STANGHELLINI, 1990). Le même processus permet la transmission des conidies de *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* sur tomate (CORBAZ et FISCHER, 1994), ainsi que celle des chlamydospores de l'agent de la pourriture des racines (*Thielaviopsis basicola*) sur mâche (STANGHELLINI *et al.*, 1999). Au Canada, KEATES *et al.* (1989) ont mis en évidence la présence d'inocula de *Botrytis*, *Fusarium* et *Phoma*, ainsi que de champignons non pathogènes, sur des *Scatella* se développant en pépinières arboricoles. D'autre part, des recherches concernant les bactérioses sont en cours.

Il faut toutefois garder à l'esprit que ces observations mettent en évidence un

potentiel de vexion de *S. tenuicosta*, mais son impact réel en cultures commerciales reste à préciser: il se peut qu'il demeure modeste par rapport aux autres modes de dissémination de maladies (irrigation, travaux culturaux, etc.).

Inconfort

En cas de forte pullulation, l'entretien des cultures, notamment l'effeuillage, est rendu plus pénible en raison des nuées de mouches volant à hauteur du visage des travailleurs.

Matériel et méthode

Elevage de maintien

En laboratoire, les adultes et larves de *S. tenuicosta* sont nourris d'algues vertes, dont la souche provenait de pains de laine de roche en serre de tomate. Les colonies de micro-organismes, formées essentiellement de Chlorophycées (probablement *Chlamydomonas*), sont cultivées en boîtes de pétri (Ø 14 cm), sur un gel d'agar à 0,5% p/v, contenant un fertilisant complet liquide (Wuxal®, N-P-K: 10-10-7,5) dosé à 0,2% v/v; elles sont régulièrement repiquées sur du milieu frais. Les boîtes inoculées sont placées sous tubes fluorescents, à une température de 20 °C, jusqu'à recouvrement complet de la surface du gel par les colonies d'algues. Elles servent alors à l'élevage des mouches, ou peuvent être stockées à 6 °C jusqu'à utilisation.

La souche *S. tenuicosta* a été prélevée dans une serre de tomate de Conthey (VS). Les adultes sont maintenus en cage grillagée de 40 × 40 × 40 cm, et disposent d'un pétri de culture d'algues comme nourriture et support de ponte. Après 2-3 jours (c'est-à-dire lorsqu'il a reçu une centaine d'œufs), le pétri est retiré et fermé, pour permettre le développement préimaginal de l'insecte. Lorsque les pupes sont formées, le pétri, ouvert, est placé dans une boîte opaque, percée d'un orifice permettant la récolte des adultes émergents attirés par la lumière. L'élevage est conduit en chambre climatisée, à température constante de 20 °C et photopériode de 16 h/24; l'humidité relative du local est de 65 +/-3%, mais atteint pratiquement toujours 100% dans les pétris fermés.

Durée de développement et sex-ratio

Un pétri de culture d'algues est placé durant trois heures dans la cage de ponte, afin d'obtenir des œufs d'âge homogène. Prélevés au moyen d'une aiguille montée, ceux-ci sont déposés individuellement dans de petites boîtes en polystyrène transparent de 25 × 30 × 15 mm, contenant une culture d'algues sur agar. Après éclosion, chaque asticot dispose ainsi d'une colonie d'algues de 7,5 cm², suffisant à assurer sa nutrition *ad libitum* durant l'ensemble des trois stades larvaires.

Les tests sont menés en incubateurs à des températures constantes de 12, 15, 20, 25 et 30 °C, avec une photopériode de 16 h/24. Sauf dans un cas (25 °C, 20 boîtes), 30 boîtes sont placées à chaque température. Un contrôle quotidien sous loupe binoculaire est effectué pour déterminer le temps nécessaire à l'incubation, puis la durée de chaque stade larvaire et de la nymphose. Selon la méthode de CAMPBELL *et al.* (1974), ces données permettent le calcul du seuil de développement *t* (température minimale permettant la croissance), ainsi que celui de la constante *K*, qui exprime, en degrés-jours, le temps physiologique requis pour compléter chacun des stades de l'insecte (soit la somme des températures journalières situées au-dessus du seuil de développement).

A titre indicatif, le sex-ratio des adultes obtenus a également été évalué, malgré l'échantillon restreint.

Mortalité

La mortalité en cours de développement a été relevée pour chaque stade.

Fécondité et longévité

Dix couples d'imagos fraîchement émergés sont isolés dans des gobelets transparents de 200 cc, recouverts de tulle à maille fine, et placés à 20 °C. Une petite boîte ouverte en polystyrène transparent de 25 × 30 × 15 mm, contenant une culture d'algues sur agar, sert à la nutrition et à la ponte; elle est remplacée chaque jour, et les œufs qui s'y trouvent sont décomptés. La durée de vie des imagos femelles est contrôlée. Lorsque le mâle meurt avant la femelle, il est remplacé par un individu frais.

Essai de lutte en laboratoire

Des essais préliminaires ont été réalisés en laboratoire, sur substrat de culture inerte, afin d'estimer les possibilités de lutte contre *S. tenuicosta*.

Préparation des supports d'essai

Des cubes de laine de roche (Grodan®) de 4 × 4 × 4 cm sont hydratés au moyen d'une solution fertilisante d'engrais Wuxal® (N-P-K: 10-10-7,5), dont la conductivité est ajustée à 1,0 mmho. Ils sont ensuite déposés dans des gobelets à yaourt transparents de 200 cc et inoculés avec 5 ml de suspension d'algues, puis placés à la lumière; l'évaporation est compensée par de l'eau déminéralisée. Lorsque la colonisation par les algues est achevée, 20 œufs de *S. tenuicosta*, âgés de 0 à 48 heures, sont déposés sur chacun des cubes et ceux-ci reçoivent le produit à tester, puis les gobelets sont fermés par du tulle fin et maintenus à 20 °C durant la croissance larvaire et la nymphose. L'efficacité est établie sur la base du nombre d'adultes obtenus dans chaque gobelet au terme de 14 jours d'évolution.

Variantes

Les traitements sont appliqués à raison de 5 ml de bouillie, déposée sur le dessus du cube de laine de roche. Chacun des trois produits est testé à trois dosages, auxquels s'ajoute un témoin non traité; le nombre de répétitions est de sept (un cube = une répétition):

1. **Diflubenzuron** (produit commercial: Dimilin® SC, 480 g m.a./l). Il s'agit d'un inhibiteur de chitine des insectes (ICI), interférant avec le processus de mue larvaire. Les quantités de matière active appliquées, rapportées au m², sont de 0,6, 1,2 et 2,4 ml.
2. **Steinernema feltiae Filipjev** (produit commercial: Traunem®, à ~0,3 × 10⁶ larves/g). Ce nématode entomopathogène est homologué contre les mouches du terreau (*Sciaridae*). Les applications sont effectuées à raison de 0,25 × 10⁶, 0,5 × 10⁶ et 1 × 10⁶ juvéniles infectieux par m².
3. **Bacillus thuringiensis Berlin var. israelensis** (produit commercial: Teknar®, titrant un potentiel pathogénique de 1500 UI/mg). Puisque cette bactérie est utilisée sélectivement contre les diptères nématocères (moustiques, sciarides), il semblait intéressant d'en tester l'activité sur *S. tenuicosta*, bien que cette espèce appartienne au groupe des brachycères. Les dosages appliqués correspondent à 5, 10 et 20 g de produit formulé par m².

Résultats et discussion

Développement des immatures, sex-ratio

Les données détaillées concernant la durée, le seuil et la constante de développement pour chaque stade préimaginal de *S. tenuicosta* sont résumées dans le tableau 1. La figure 4 présente les droites de régression (une par durée de développement en fonction des températures) pour l'incubation, l'ensemble des trois stades larvaires, la nymphose et enfin la totalité de l'évolution œuf-adulte.

Toutes températures confondues, la plus longue durée concerne le stade nymphal, suivi de l'incubation, puis du stade L₂. On note que l'évolution est très rapide aux températures les plus élevées et qu'un intervalle de 24 heures entre deux contrôles s'est avéré parfois trop grand pour différencier les durées respectives de certains stades larvaires (notamment L₁), affaiblissant le coefficient de détermination de la droite de régression correspondante.

Nos tests aboutissent à des seuils de développement calculés compris entre 6,6 °C (œuf) et 8,9 °C (pupe), avec une

Tableau 1. Développement pré-imaginal de *S. tenuicosta* à différentes températures constantes (*t*: seuil de développement; *K*: constante de développement en degrés-jours; *R*²: coefficient de détermination).

Stades	Températures					<i>t</i> (°C)	<i>K</i> (dj)	Droites de régression	
	12 °C	15 °C	20 °C	25 °C	30 °C			Equations	<i>R</i> ²
	Durée de développement en jours (écart-type)								
Œuf	6,2 (± 1,21)	4,0 (± 0,07)	2,1 (± 0,32)	1,8 (± 0,06)	1,4 (± 0,22)	6,6	31,5	$y = 0,0317x - 0,2091$	0,99
L ₁	5,8 (± 0,98)	2,5 (± 0,51)	1,0 (± 0,00)	1,0 (± 0,00)	1,0 (± 0,08)	5,7	20,4	$y = 0,0491x - 0,2823$	0,78
L ₂	7,3 (± 1,88)	2,5 (± 0,58)	2,0 (± 0,19)	1,0 (± 0,23)	1,0 (± 0,00)	8,2	20,4	$y = 0,049x - 0,4033$	0,94
L ₃	5,8 (± 1,90)	4,5 (± 1,10)	1,3 (± 0,56)	1,4 (± 0,50)	1,0 (± 0,09)	7,9	22,0	$y = 0,0455x - 0,3609$	0,90
L ₁ - L ₃	18,9 (± 1,93)	9,5 (± 1,21)	4,4 (± 0,57)	3,4 (± 0,51)	3,0 (± 0,11)	7,8	62,1	$y = 0,0161x - 0,1261$	0,96
Pupe	19,0 (± 0,67)	9,2 (± 1,03)	6,7 (± 0,45)	3,7 (± 0,48)	3,0 (± 0,19)	8,9	62,9	$y = 0,0159x - 0,1411$	0,98
Total œuf-adulte	43,3 (± 1,89)	22,4 (± 1,52)	13,2 (± 0,57)	9,1 (± 0,25)	7,4 (± 0,31)	8,2	156,3	$y = 0,0064x - 0,0526$	0,99
Sex-ratio (♂/♀) des adultes	0,4	0,6	1,8	1,3	0,8	moyenne 1,0		Valeur indicative, l'échantillon étant trop limité pour une évaluation pertinente du sex-ratio	

valeur de 8,2 °C pour l'ensemble de l'évolution œuf-adulte.

La somme de température *K* exigée pour le développement préimaginal global, au-dessus de ce seuil, est de 156 degrés-jours.

Le tableau 1 donne également une valeur indicative du sex-ratio des adultes obtenus.

Une étude finlandaise sur *S. tenuicosta*, élevé sur laine de roche aux températures constantes de 20 et 25 °C, ainsi qu'à des températures fluctuant entre 23 et 34 °C (moyenne 28,5 °C), aboutit à des durées légèrement supérieures aux nôtres, soit respectivement 15,9, 11,4 et 10,1 jours pour le développement œuf-adulte, avec un seuil de 6,4 °C et une valeur de *K* atteignant 213 degrés-jours (VÄNNINEN, 2001). Il est probable que ces différences par rapport à nos résultats proviennent de nuances expérimentales (espèces d'algues, substrats utilisés) et/ou de caractéristiques inhérentes aux souches de l'insecte.

Mortalité des immatures

La mortalité relevée en cours de développement préimaginal apparaît au tableau 2. Touchant surtout le stade embryonnaire, elle n'est conséquente qu'à 12 °C, éliminant alors les deux tiers des individus. Aux autres températures, elle peut être considérée comme faible; ainsi, la mortalité larvaire et nymphale

Tableau 2. Mortalité des immatures de *S. tenuicosta*, par stade et par température (en début d'expérimentation n = 30 œufs).

T (°C)	Taux de mortalité (%)					
	Œuf	L ₁	L ₂	L ₃	Pupe	Total
12	33,3	13,3	3,3	10,0	6,7	66,6
15	6,7	3,3	0	0	3,3	13,3
20	10,0	0	0	0	3,3	13,3
25	0	0	0	5,0	15,0	20,0
30	0	3,3	0	0	3,3	6,6

n'excède pas 5% (sauf à 25 °C au stade pupe, pour une raison non élucidée). Ces résultats laissent penser que les conditions d'élevage, notamment la quantité et la qualité de nourriture, étaient favorables. ZACK et FOOTE (1978) ont, en effet, montré l'influence prépondérante des facteurs trophiques (espèces d'algues à disposition), sur la survie préimaginale de l'insecte.

Fécondité et longévité

Le tableau 3 présente les données sur la reproduction et la fécondité des dix femelles testées, ainsi que sur la longévité des imagos à 20 °C. La période moyenne de pré-oviposition est de 3,1 jours et la ponte débute 1-4 jours après l'accouplement, qui est indispensable à son déclenchement.

En moyenne, la fécondité est de 515 œufs/femelle (min: 321, max: 774), ce qui correspond à une ponte journalière de 31 œufs/femelle, durant les 16 jours

Tableau 3. Données concernant la reproduction et la longévité de dix couples de *S. tenuicosta*, à 20 °C (observations durant 45 jours).

Couple	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Moyenne (écart-type)
Période de pré-oviposition (jours)	3	3	3	3	3	4	4	4	1	3	3,1 (± 0,8)
Période de ponte (jours)	13	15	22	12	19	21	> 40 ¹	10	25	11	16,44 (± 5,4)
Total œufs	469	679	774	321	587	574	> 626 ¹	346	491	391	514,7 (± 152,8)
Œufs/jour (durant la période de ponte)	36,1	45,3	35,2	26,7	30,9	27,3	15,6 ¹	34,6	19,6	35,5	30,7 (± 8,7)
Période de post-oviposition (jours)	4	3	2	2	2	1	? ¹	2	2	5	2,6 (± 1,2)
Longévité des femelles (jours)	20	21	27	17	23	26	> 44 ¹	16	28	19	24,1 (± 8,1)
Longévité du premier mâle (jours) ²	20	21	27	8	24	26	21	16	19	20	20,2 (± 5,4)

¹Femelle encore en vie et en ponte à la fin de l'expérience.

²En cas de mort du mâle avant la femelle, il a été remplacé par un jeune individu.

que dure la période de reproduction. La longévité moyenne des femelles est de 24 jours (min: 16, max: > 44), celle des mâles, de 20 jours (min: 8, max: 27). Pour comparaison, signalons que la fécondité moyenne observée par VÄNNINEN (2001), à 25 °C, est bien plus faible: 315 œufs; la longévité des femelles, plus faible que dans nos essais, est de 15 jours, alors que celle des mâles, curieusement plus élevée, atteint 22 jours.

Lutte

Rappelons qu'en Suisse, aucun produit n'est actuellement homologué pour lutter contre *S. tenuicosta* et que les résultats présentés ici ont donc un caractère indicatif (tabl. 4).

Le diflubenzuron, même à dose réduite, montre une excellente activité larvicide. Il faut préciser toutefois que la concentration de matière active dans nos cubes d'essais est demeurée stable pendant toute la durée de l'expérience, alors que les risques de dilution et de lessivage sont importants en conditions réelles de culture sur laine de roche, en raison des fréquentes irrigations. Il serait intéressant de vérifier si l'insecticide est mieux fixé dans les substrats hydroponiques organiques (fibres de coco, tourbes d'écorce, etc.), très largement utilisés aujourd'hui dans les systèmes hors sol.

JACOBSON *et al.* (1999) ont montré qu'en culture de laitues en sol, une substance très voisine, le téflubenzuron, présente également une activité intéressante contre le ravageur. Contrairement au cas des productions hors sol, les éventuels traitements en plein champ devraient être limités à des zones bien localisées, puisque les foyers de reproduction de *Scatella* sont généralement circonscrits aux flaques d'eau persistantes.

Le nématode *S. feltiae* n'a montré qu'une efficacité modérée, ne dépassant pas 53% dans la variante à double dose. Cet auxiliaire disparaît très rapidement de la surface des pains de laine de roche où se développent les larves de *Scatella*. Ce manque d'activité est également rapporté par VÄNNINEN et KOSKULA (1996), sauf à des doses économiquement irréalistes. Toutefois, l'action de *S. feltiae* et de l'espèce voisine *S. carpocapsae* Weiser apparaît nettement meilleure lorsqu'elles sont appliquées sur un substrat tourbeux (VÄNNINEN, 2003) que sur laine de roche.

Fig. 4. Droites de régression exprimant l'évolution embryonnaire, celle des trois stades larvaires, de la pupa et de l'ensemble des stades préimaginaux de *S. tenuicosta* (t = seuil inférieur de développement). ▷

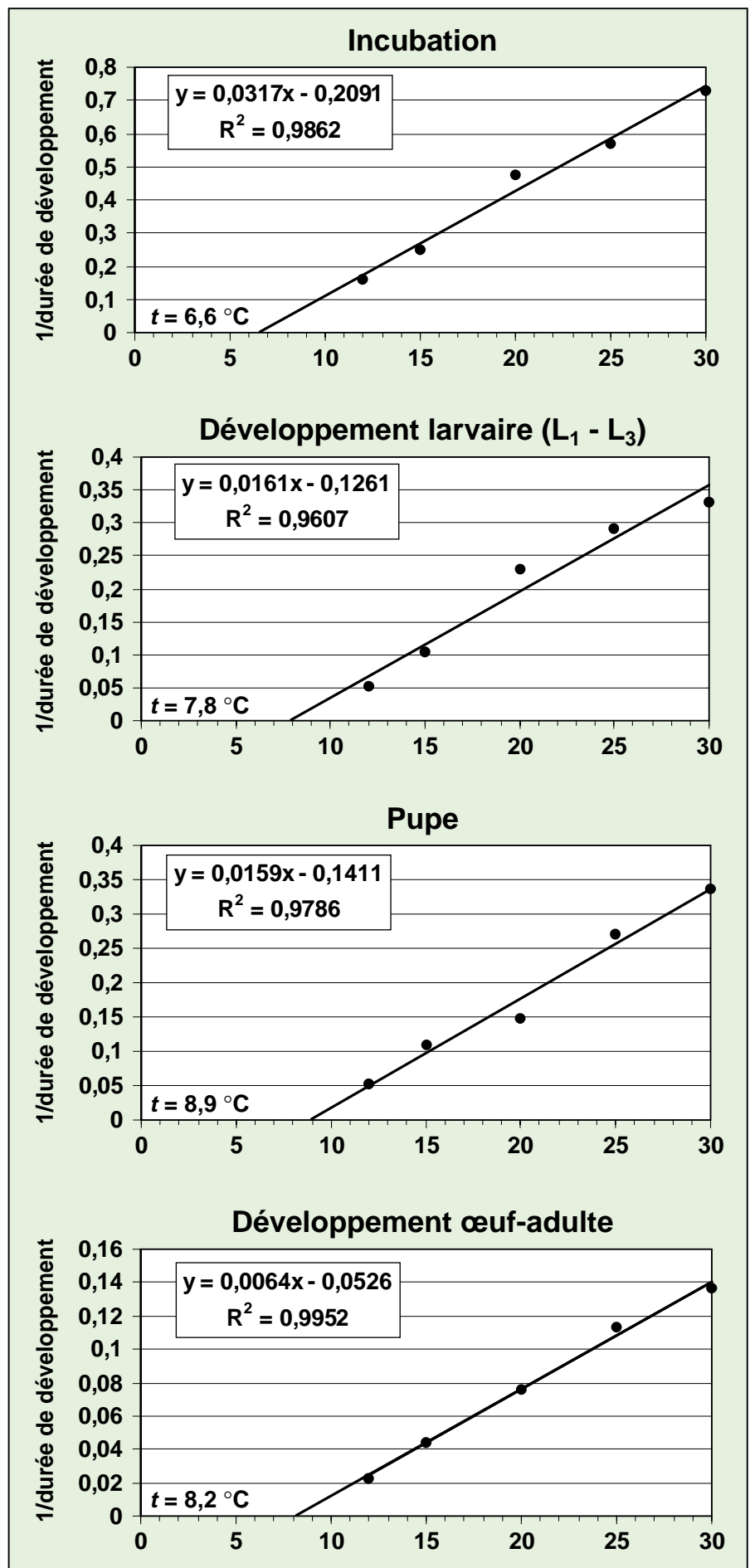


Tableau 4. Résultats des biotests de lutte en laboratoire, moyenne sur sept répétitions (en début d'expérience, n = 20 œufs par cube de laine de roche).

Exp.	Variantes			Nombre moyen d'adultes obtenus après 14 jours	Efficacité (%)
	Matière active	Dose/m ²	x/norm. ¹		
1	Diflubenzuron	0,6 ml	0,5	0,1 (± 0,4) A	99,0
		1,2 ml	1,0	0,0 A	100
		2,4 ml	2,0	0,0 A	100
		témoin	–	14,7 (± 5,6) B	–
2	<i>Steinernema feltiae</i>	0,25 × 10 ⁶ ind.	0,5	10,6 (± 3,1) BC	19,6
		0,5 × 10 ⁶ ind.	1,0	8,7 (± 2,0) AB	33,7
		1,0 × 10 ⁶ ind.	2,0	6,1 (± 4,2) A	53,3
		témoin	–	13,1 (± 2,4) C	–
3	<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>israelensis</i>	5 g = 7,5 × 10 ⁶ IU	0,5	10,0 (± 2,3) B	0
		10 g = 15 × 10 ⁶ IU	1,0	10,1 (± 2,4) B	0
		20 g = 30 × 10 ⁶ IU	2,0	7,0 (± 2,1) A	18,3
		témoin	–	8,6 (± 2,2) AB	–

Au sein de chaque expérimentation, les valeurs suivies de la même lettre ne sont statistiquement pas différentes (p = 0,05).

¹x/norm. = rapport entre les doses expérimentées et les doses normales homologuées contre les Sciarides (mouches du terreau).

Il eût été surprenant que *B. thuringiensis israelensis* montrât une action larvicide sur *S. tenuicosta*: il se confirme ainsi que la toxine protéique cristalline abritée par la spore de cette bactérie n'a aucun effet sur les larves de diptères supérieurs, quelle que soit la dose utilisée.

Perspectives de gestion

Il ne serait certainement pas raisonnable de recommander des interventions insecticides systématiques contre un ravageur occasionnel tel que *S. tenuicosta*.

Plusieurs auteurs ont proposé une lutte chimique indirecte, visant à la diminution de la colonisation des substrats de cultures par les algues. En hydroponique, des essais sur jeunes plants de concombre en pépinière au moyen de peroxyde d'hydrogène (H₂O₂, eau oxygénée) ont montré un effet sur la densité de mouches, à partir d'une concentration de 100-125 ppm, mais avec des effets dépressifs plus ou moins persistants sur la croissance végétale (VÄNNINEN et KOSKULA, 1998). Dans un essai en culture de laitues en sol, l'application en pré-plantation du bryo-algicide quinoclamine dans les milieux favorables à la reproduction de l'insecte (cheminements et pourtour de la culture) a montré une certaine efficacité (JACOBSON *et al.*, 1999).

D'autre part, si la lutte biologique semble évidemment préférable, elle n'est

objectivement envisageable que par des extensions d'usage d'auxiliaires qui sont ou seront employés à plus large échelle contre d'autres ravageurs: pour des raisons économiques évidentes, aucune firme ne serait intéressée à développer un auxiliaire ciblé uniquement contre *S. tenuicosta*.

Parmi les micro-organismes, outre les nématodes déjà mentionnés, les champignons entomopathogènes font également l'objet d'essais. Si *Paecilomyces fumosoroseus* Br. & Smith, dirigé normalement contre les aleurodes, s'est montré inefficace, certaines souches très virulentes de *Beauveria bassiana* Vuil. semblent intéressantes (VÄNNINEN et KOSKULA, 1996).

Parmi les macro-organismes auxiliaires, les acariens *Hypoaspis miles* Berl. et *H. aculeifer* Canestr., prédateurs commercialisés contre les larves de sciarides, se nourrissent d'asticots de *S. tenuicosta* en boîtes de pétri, mais ne parviennent pas à en réduire les populations dans des tests menés sur cubes de laine de roche (JACOBSON *et al.*, 1999). Un autre prédateur généraliste de la faune du sol, le coléoptère staphylinide nord-américain *Atheta coraria* Kraatz, dont l'étude a débuté récemment, semble un bon candidat pour la lutte contre les stades édaphiques des thrips, ainsi que contre les œufs et les larves de sciarides et de *S. tenuicosta* (CARNEY *et al.*, 2002). Signalons également des hyménoptères parasi-

toïdes sont associés aux immatures de *Scatella*, en particulier le cynipide américain *Hexacola sp.* et le braconide européen *Aphaereta debilitata* Morley (VÄNNINEN et KOSKULA, 1998), qui semblent capables d'exercer une certaine régulation des populations.

Enfin, dans le domaine de la protection mécanique, mentionnons qu'en pépinière, il peut être judicieux d'éviter l'accès des adultes de *S. tenuicosta* aux jeunes plants, surtout s'ils sont élevés sur laine de roche, en les plaçant sous un filet anti-insectes à mailles fines. En culture, la pose de pièges jaunes, toujours près du sol, sert avantagement au contrôle du niveau des populations, de même que le déploiement de bandes jaunes engluées, de grande surface, peut assurer un piégeage massif des adultes et concourir à l'affaiblissement des effectifs de *S. tenuicosta*.

Remerciements

Les auteurs remercient vivement L. Schaub et M. Jermini pour les traductions du résumé en allemand, anglais et italien.

Bibliographie

- CAMPBELL A., FRAZER B. D., GILBERT N., GUTTIERREZ A. P., MACKAUER M., 1974. Temperature requirements of some aphids and their parasites. *J. Applied Ecology* **11**, 431-438.
- CARNEY V. A., DIAMOND J. C., MURPHY G. D., MARSHALL D., 2002. The potential of *Atheta coraria* Kraatz (*Coleoptera*, *Staphilinidae*), as a biological control agent for use in greenhouse crops. *IOBC wprb Bull.* **25** (1), 37-40.
- CIAMPOLINI M., SÜSS L., 1994. *Scatella stagnalis* Fallén (*Diptera*, *Ephydriidae*) dannosa allo stadio adulto a piante ortive e floreali in serra. *Boll. Zool. agr. Bachic.* **26** (1), 115-126.
- CORBAS R., FISCHER S., 1994. La mouche *Scatella stagnalis* Fallén (*Diptera*, *Ephydriidae*), responsable de la dispersion de *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* dans les cultures de tomates hors sol. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **26** (6), 383-385.
- GOLDBERG N. P., STANGHELLINI M. E., 1990. Ingestion-egestion and aerial transmission of *Pythium aphanidermatum* by shore flies (*Ephydriidae*: *Scatella stagnalis*). *Phytopathology* **80**, 1244-1246.
- JACOBSON R. J., CROFT P., FENLON J., 1999. *Scatella stagnalis* Fallén (*Diptera*: *Ephydriidae*): Towards IPM in protected lettuce crops. *IOBC wprb Bull.* **22** (1), 117-120.
- KEATES S. E., STURROCK R. N., SUTHERLAND J. R., 1989. Population of adult fungus gnats and shore flies in British Columbia container nurseries as related to nursery environment, and incidence of fungi on the insects. *New Forest* **3** (1), 1-9.
- STANGHELLINI M. E., RASMUSSEN S. L., KIM D. H., 1999. Aerial Transmission of *Thielaviopsis basicola*, a Pathogen of Corn-Salad, by Adult Shore Flies. *Phytopathology* **89**, 476-479.
- VÄNNINEN I., 2001. Biology of the shore fly *Scatella stagnalis* in rockwool under greenhouse conditions. *Ent. Exp. Appl.* **98**, 317-328.

Conclusions

- La mouche *Scatella tenuicosta* (souvent confondue avec l'espèce *S. stagnalis*) est une commensale des cultures sous abri, particulièrement favorisée par les techniques de hors-sol, où elle se nourrit des algues se développant sur les substrats.
- L'insecte ne commet pas de dégâts directs, mais, en cas de pullulation, il souille le feuillage de ses excréments; il représente aussi un vecteur potentiel de maladies fongiques et une nuisance pour les travailleurs.
- Le potentiel de reproduction de l'insecte est important: à 20 °C, la durée d'une génération n'est que d'environ 16 jours et chaque femelle peut produire une moyenne de plus de 500 œufs au cours de son existence.
- Même si certains essais semblent prometteurs, des méthodes de lutte biologiques satisfaisantes et économiquement réalistes ne sont pas encore disponibles.
- En culture hors sol, où l'insecte trouve partout des conditions idéales de reproduction, une éventuelle lutte chimique devrait s'appliquer à la totalité de la culture; toutefois, elle serait probablement difficile à mettre en œuvre, notamment en raison du lessivage des substances actives.
- En culture de pleine terre, et en cas de besoin, l'application d'algicides ou d'insecticides de type ICI pourrait être efficace, mais en se limitant aux zones favorables à la reproduction de *S. tenuicosta* (flaques des cheminements et du pourtour des cultures).
- Rappelons que, en Suisse, aucun produit n'est homologué contre cette espèce pour l'instant.

VÄNNINEN I., 2003. Biological Control of the Shore Fly (*Scatella tenuicosta*) with Steinernematid Nematodes and *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* in Peat and Rockwool. *Biocontrol Science and Technology* **13** (1), 47-63.

VÄNNINEN I., KOSKULA H., 1996. Biology and management of shore flies (*Scatella stagnalis*) in a cucumber seedling crop grown in rockwool. *IOBC wprs Bull.* **19** (1), 187-190.

VÄNNINEN I., KOSKULA H., 1998. Effect of hydrogen peroxide on algal growth, cucumber seedlings and the reproduction of shore flies (*Scatella stagnalis*) in rockwool. *Crop Protection* **17** (6), 547-553.

ZACK R., FOOTE B., 1978. Utilization of algal monocultures by larvae of *Scatella stagnalis*. *Environ. Entom.* **7** (4), 509-511.

Zusammenfassung

Scatella tenuicosta Collin (Diptera, Ephydriidae), eine kommensale Fliege bedeckter Kulturen

Scatella tenuicosta Collin (oft fälschlicherweise *S. stagnalis* genannt) ist ein häufiger Zweiflügler in Glashäusern (besonders in hydroponischen Systemen) wo er sich von Algen ernährt. Die Fliege verursacht keinen direkten Schaden, kann aber die Gemüseblätter durch ihren Kot verunreinigen. Sie kann ebenfalls pilzliche Krankheitserreger verbreiten. Biologische Parameter für jedes Jungstadium der Art wurden im Labor bei konstanter Temperatur (12, 15, 20, 25 und 30 °C) ermittelt. Biologische Tests wurden auf Steinwollewürfeln durchgeführt, indem sie mit dem Insektizid Diflubenzuron, dem entomopathogenen Nematoden *Steinernema feltiae* oder einer Mischung aus Sporen von *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (BTI) behandelt wurden. Die Entwicklungsdauer von Ei bis Adult dauert von 7,4 Tagen bei 30 °C bis 43 Tagen bei 12 °C. Dies ergibt einen Temperaturschwellenwert von 8,2°C und eine Thermalkonstante von 156 Grad-Tagen. Die Mortalität war bei 12 °C im allgemeinen am grössten und betraf 67% der Jungstadien. Die Weibchen legten im Durchschnitt pro Tag 31 und total 515 Eier ab (bei 20 °C). *S. tenuicosta* hat deshalb ein grosses Vermehrungspotential. Die biologischen Tests zeigen, dass Diflubenzuron, sogar bei der halben für Sciariden bewilligten Dosis, an Larven eine praktisch totale Mortalität erzeugen. *S. feltiae* ist nicht für Steinwolle angepasst und führt bei der doppelten bewilligten Dosis nur zu 53% Mortalität. BTI hat keine Aktivität auf Larven. Bekämpfungsstrategien und biologische Bekämpfungsmöglichkeiten werden diskutiert.

Summary

Scatella tenuicosta Collin (Diptera, Ephydriidae), commensal fly in protected crops

Scatella tenuicosta Collin (often misidentified as *S. stagnalis*) is a very common commensal diptera of greenhouses, especially in hydroponic systems, feeding on algae. It does not cause any direct damage, but depreciates vegetable leaves by its faeces. It can also transmit pathogenic fungi. Biological parameters of each immature stage of this species were studied in the laboratory at constant temperatures (12, 15, 20, 25 and 30 °C). Biotests were conducted on cubes of stone wool at different doses of the insecticide diflubenzuron, the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* and a preparation based on spores of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (BTi). Development time from egg to adult requested from 7,4 days at 30 °C to 43 days at 12 °C, resulting in a thermal threshold of 8,2 °C and a thermal constant of 156,3 day-degrees. At 12 °C, gross mortality was the highest, affecting 65% of the immature stages. At 20 °C, females lay in average 31 eggs per day, and 515 eggs during the whole lifespan. *S. tenuicosta* has therefore a high potential of reproduction. In biotests, diflubenzuron caused almost total mortality, even at half the dose registered against fungus gnats. *S. feltiae* is not adapted to live in stone wool and caused only 53% mortality at twice the recommended dose. BTi showed no larvicidal activity. Management of the pest and possible biological control are discussed.

Key words: *Scatella tenuicosta*, shore flies, biology, biocontrol, IPM, greenhouse.

Riassunto

La mosca *Scatella tenuicosta* Collin (Diptera, Ephydriidae), un commensale delle colture protette

Scatella tenuicosta Fallen (frequentemente denominata per errore *S. stagnalis*) è un dittero commensale molto frequente delle serre e soprattutto dei sistemi idroponici, dove si nutre d'alghe. Essa non provoca danni diretti, ma deprezza i legumi a foglia insudiciandoli con i suoi escrementi e può ugualmente veicolare l'inoculo di funghi patogeni. I parametri biologici di questa specie sono stati studiati in laboratorio, per ogni stadio preimmaginale, a temperature costanti di 12, 15, 20, 25 e 30 °C. Inoltre, dei test biologici sono stati eseguiti su cubi di lana di roccia utilizzando varie dosi dell'insetticida diflubenzuron, del nematode entomofago *Steinernema feltiae* e di una preparazione batterica a base di spore di *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (*B. thi*). La durata dello sviluppo dall'uovo all'adulto va dai 7 giorni (30 °C) ai 43 giorni (12 °C), con una soglia *t* di 8,2 °C e una costante termica *K* di 156,3 gradi-giorno. A 12 °C la mortalità è globalmente la più elevata e concerne il 67% delle forme immature. A 20 °C, le femmine hanno una fecondità totale e giornaliera di rispettivamente 515 e 31 uova. *S. tenuicosta* possiede dunque un grande potere di moltiplicazione. I risultati dei test biologici mostrano che il diflubenzuron provoca una mortalità larvale quasi totale già a metà della dose omologata contro le larve di sciaridi. *S. feltiae* non è adattato a vivere nella lana di roccia e la sua efficacia è solo del 53% ad una dose doppia di quella raccomandata e *B. thi* non mostra nessuna attività larvicida. Le possibilità di gestione dell'insetto e le prospettive di lotta biologica sono discusse.

PRESSOIRS PF

Membrane centrale
Capacité: 8 hl-300 hl



- Lavage automatique
- Meilleure qualité des moûts
- Gain de temps jusqu'à 50% grâce à des programmes adéquats
- Pressoirs entièrement en inox
- Références de premier ordre

KARL STREULI SA

- MATÉRIEL DE RÉCEPTION DE VENDANGES «ARMBRUSTER»
- CUVES EN INOX «MÖSCHLE» standards ou sur mesure
- FILTRES «DELLA TOFFOLA»
 - à vide
 - à kieselguhr
 - à plaques
- FILTRES TANGENTIELS «KOCH-ROMICON»
- POMPES «MANZINI», «KIESEL»
- MACHINES DE MISE EN BOUTEILLES de 1 500 bouteilles/heure à 20 000 bouteilles/heure

Katzenrütistrasse 79 – 8153 RÜMLANG
Tél. 01 817 06 86 – Fax 01 817 18 35
E-mail: streuli-ts@bluewin.ch
Internet: www.streuli-karl-ag.ch

Martin Auer Pépinières
Pépinières Viticoles



8215 Hallau / SH

Invitation aux Journées de visite 2004

■ Vendredi	3 septembre	Horaire:
■ Samedi	4 septembre	9 h 30 à 18 heures
■ Vendredi	10 septembre	
■ Samedi	11 septembre	

Tours en minibus: nouveaux cépages et un essai avec obtentions rouges et résistants du WBI FR

Jardin de collection variétale
100 variétés: cépages de cuve et raisins de table

Production professionnelle de raisins de table
Parcelle avec couverture de protection anti-grêle

Dégustation de vins
ouverte toute la journée; grand choix de variétés

Collation offerte
dans la serre ombragée par les vignes

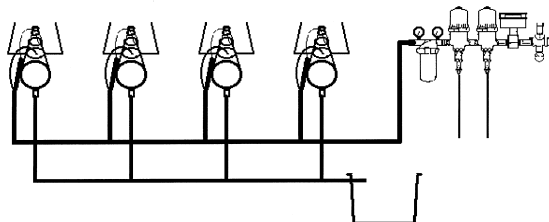
Inscription: E-mail: auer@rebschulen.ch
Tél. 052 681 26 27 • Fax 052 681 45 63

CCD Irrigation sa

1906 Charrot Tél. 027 746 53 05

- ◆ GOUTTE À GOUTTE
- ◆ GOUTIÈRES
- ◆ RÉCUPÉRATION DES SOLUTIONS
- ◆ FERTI-IRRIGATION
- ◆ AUTOMATISATION

Fraises hors-sol




Assistance technique

Défeuillage et éclaircissement des grappes en viticulture. Essai sur Chasselas dans le bassin lémanique

2. Influence sur la qualité du raisin et du vin

D. MAIGRE, Agroscope RAC Changins, Centre viticole du Caudoz, CH-1009 Pully

 E-mail: dominique.maigre@rac.admin.ch
Tél. (+41) 21 72 11 560.

Résumé

Un essai portant sur l'incidence de l'éclaircissement des grappes sur la qualité des raisins et des vins a été mis en place avec le cépage Chasselas sur le domaine expérimental d'Agroscope RAC Changins à Pully (VD). L'interaction avec l'orientation des rangs et la couverture du sol par un enherbement permanent dans tous les interlignes a également été étudiée. La seconde partie de l'étude présente les résultats agronomiques et la qualité du raisin et du vin. Le rapport surface foliaire exposée par kilo de raisin et le taux de sucres du moût ont été fortement influencés par la manipulation du feuillage de la zone des grappes. L'acidité totale et malique, l'indice de formol et le taux de pourriture ont diminué lorsque les grappes ont été exposées au soleil. Les valeurs de ces paramètres ont également été plus faibles pour l'orientation est-ouest et les parcelles enherbées. La dégustation des vins n'a pas mis en évidence de grandes différences organoleptiques entre les variantes; seules quelques tendances ont pu être observées lors d'un jugement des vins après quelques années en bouteille.

Introduction

Un programme expérimental visant à étudier l'incidence de l'éclaircissement des grappes sur la qualité du raisin et du vin est en phase de réalisation dans les domaines expérimentaux d'Agroscope RAC Changins. Ce programme comprend différents essais, dont un installé avec le cépage Chasselas à Pully dans le bassin lémanique. Un premier article a rapporté les observations portant sur le microclimat des grappes (MAIGRE, 2004b). Cette seconde publication présente les résultats obtenus pour la qualité des moûts et des vins durant les années 2000, 2001 et 2002. Certains de ces résultats ont récemment été présentés (MAIGRE, 2004a).

Matériel et méthodes

Le domaine expérimental d'Agroscope RAC Changins à Pully se trouve sur un coteau exposé nord-sud avec une pente variant de 10 à 20%. Le sol de la parcelle expérimentale

est de nature moyenne (12% d'argile). A Pully, la température moyenne du 15 avril au 15 octobre est de 15 °C et la somme des précipitations annuelles moyenne est de 1140 mm.

L'essai, implanté avec le cépage Chasselas greffé sur 3309, a été conduit en taille Guyot avec une distance de plantation de 185 × 80 cm et une hauteur de feuillage de 115 cm. Il a été disposé en split-plot et comprend quatre répétitions. Les variantes expérimentales mises en place sont décrites dans le tableau 1. La parcelle d'essai étant en fait orientée nord-est/sud-ouest, l'orientation des rangs se trouve ainsi décalée de 20° dans le sens des aiguilles d'une montre. L'enherbement permanent (EP) était installé dans tous les interlignes (60-70% de la surface). Les cavallons des surfaces enherbées ainsi que les surfaces en non-culture (NC) ont été maintenus libres de végétation au moyen d'herbicides. L'essai a porté sur les années 2000 à 2002.

Le rendement de tous les procédés étudiés a été limité à une grappe par rameau sur la base d'une estimation de récolte. La composition des moûts a été déterminée à partir d'un échantillon prélevé au foulage. Une estimation visuelle avant récolte (note de 1 à 9) a permis de quantifier l'aspect doré des grappes.

La vendange issue des différentes variantes étudiées a été vinifiée séparément. Après le prélèvement au foulage, la récolte des différentes répétitions a été assemblée de manière à obtenir un seul vin par variante. Les vinifications ont été effectuées selon les pratiques œnologiques usuelles. Après sulfitage (50 mg/l) et débouillage, les moûts ont été amenés à une teneur en sucre standard par chaptalisation. Les vins ont été centrifugés après fermentation alcoolique. Après avoir effectué la fermentation malolactique, ils ont été stabilisés, filtrés, puis mis en bouteilles et analysés.

Les analyses courantes des moûts et des vins ont été effectuées selon les méthodes du *Manuel suisse des denrées alimentaires*. L'acidité totale est exprimée en acide tartrique et l'acidité volatile en acide acétique. Les vins ont été jugés par un collège de dégustateurs d'Agroscope RAC Changins quelques semaines après la mise en bouteilles. Les vins ont à nouveau été dégustés le 10 décembre 2003 pour le millésime 2000, le 19 janvier 2004 pour le millésime 2001 et le 11 février 2004 pour le millésime 2002. L'appréciation des différents critères organoleptiques a été effectuée selon une échelle de notation de 1 (= mauvais, faible) à 7 (= excellent, élevé).

Tableau 1. Essai de défeuillage de la zone des grappes sur Chasselas à Pully. Variantes mises en place.

Variante	Orientation des rangs	Entretien du sol	Intervention sur le feuillage de la zone des grappes
A B C	Nord-sud Nord-sud Nord-sud	Non-culture Non-culture Non-culture	Aucune intervention Suppression des entreccœurs Suppression des entreccœurs et des feuilles principales
D E F	Nord-sud Nord-sud Nord-sud	Enherbement permanent Enherbement permanent Enherbement permanent	Aucune intervention Suppression des entreccœurs Suppression des entreccœurs et des feuilles principales
G H I J	Est-ouest Est-ouest Est-ouest Est-ouest	Non-culture Non-culture Non-culture Non-culture	Aucune intervention Suppression des entreccœurs plan nord Suppression des entreccœurs Suppression des entreccœurs et des feuilles principales
K L M N	Est-ouest Est-ouest Est-ouest Est-ouest	Enherbement permanent Enherbement permanent Enherbement permanent Enherbement permanent	Aucune intervention Suppression des entreccœurs plan nord Suppression des entreccœurs Suppression des entreccœurs et des feuilles principales

Aucune intervention: uniquement rognage
 Suppression des entreccœurs: mi-juin
 Suppression des feuilles principales: 25 juillet
 Abréviations dans le texte: nord-sud: N-S
 est-ouest: E-O
 non-culture: NC
 enherbement permanent: EP

Résultats et discussion

Comportement agronomique et composition des moûts au foulage

Les résultats agronomiques, ainsi que la composition des moûts au foulage, sont contenus dans le tableau 2. Le poids des grappes et des baies a été légèrement supérieur dans l'orientation E-O. Le poids des grappes a été en moyenne un peu inférieur dans les variantes avec EP par rapport à NC (différence statistiquement non significative). La suppression des entreccœurs et des feuilles principales a eu pour conséquence de faire diminuer le poids des grappes et le poids des baies. L'exposition des grappes avait également fait diminuer le poids des baies dans les études de UHLIG (1998), IACONO *et al.* (1994) et REYNOLDS et WARDLE (1989). L'impact visuel de l'augmentation de la porosité de la haie foliaire par la suppression des entreccœurs et le défeuillage complet a été très important: les grappes exposées au soleil étaient nettement plus dorées. Les grappes des parcelles E-O et EP étaient également un peu plus dorées. Le taux de pourriture à la vendange a été assez faible au cours des années d'essai; il a cependant été possible d'observer que ce taux était un peu plus important en orientation N-S. La pourriture a également été moins présente lorsque les grappes étaient plus aérées par l'intervention sur le feuillage; une observation identique a été faite par STAFF *et al.* (1997). Il n'y a eu, en

revanche, que peu de différences entre NC et EP. La surface foliaire exposée (SFE) a été essentiellement influencée par la manipulation du feuillage liés à la mise en place des variantes avec suppression des entreccœurs et des feuilles principales. Il en résulte une variation de la SFE par kilo de raisin. Cette valeur n'a cependant jamais été inférieure à 1 m²/kg.

Les rendements obtenus ont été assez homogènes, car une limitation de la production a été pratiquée (maintien d'une grappe par rameau). Le taux de sucres du moût n'a été que peu influencé par l'orientation des rangs: il a été légèrement supérieur en orientation E-O, confirmant ainsi la tendance déjà observée par MURISIER et ZUFFEREY (1999). Le taux de sucres a été, en revanche, supérieur dans EP. Le défeuillage a induit une assez nette baisse de ce taux. Cette baisse pourrait s'expliquer par la diminution de la SFE, bien que cette dernière n'ait jamais été inférieure à 1 m²/kg de raisin. Des résultats similaires ont également été obtenus par IACONO *et al.* (1994) dans des essais de défeuillage. D'autres auteurs ont approché différemment l'influence de l'ensoleillement en choisissant des grappes à l'ombre ou au soleil sans opérer de manipulation du feuillage; dans ce cas, un taux de sucres supérieur dans les grappes exposées au soleil a pratiquement toujours été observé (VAUTIER *et al.*, 1978; CRIPPEN et MORRISON, 1986; REYNOLDS et WARDLE, 1989; UHLIG, 1998; BERGQVIST *et al.*, 2001). D'autres observations concordantes ont été faites par NOVELLO (1992) en ensachant les grappes pour

les ombrager. Dans notre étude, il n'était pas possible de séparer un éventuel effet de l'éclairement des grappes de celui de la diminution de la SFE sur le taux de sucres puisque la modification d'un paramètre impliquait la variation de l'autre.

Le pH a été supérieur et l'acidité totale inférieure en orientation E-O, d'une part, et avec EP, d'autre part. Des différences d'acidité ont été observées avec l'acide tartrique, mais surtout avec l'acide malique; ces résultats confirment ceux de MURISIER et ZUFFEREY (1999). La dégradation plus forte de l'acide malique observée dans les variantes E-O peut être expliquée par la plus forte exposition des baies au soleil en cours de journée. Durant les périodes chaudes, les raisins de la face sud des variantes orientées E-O sont fortement éclairés (MAIGRE, 2004b; ZUFFEREY *et al.*, 1998). Les auteurs rapportent en général que l'augmentation de l'exposition des grappes induit une augmentation du pH (BERGQVIST *et al.*, 2001; REYNOLDS et WARDLE, 1989; UHLIG, 1988; VAUTIER *et al.*, 1978). Cependant, dans certains cas, un effet contraire a pu être constaté (BLEDSOE *et al.*, 1988; MACAULAY et MORRIS, 1993). Dans notre essai, la manipulation du feuillage n'a pas eu d'influence sur le pH. L'augmentation de l'éclairement par la suppression des entreccœurs et des feuilles principales a également fait baisser le niveau de l'acidité totale et de l'acide malique du moût conformément aux résultats obtenus par de nombreux auteurs, dont UHLIG (1998), NOVELLO (1992) BERGQVIST *et al.* (2001), REYNOLDS et WARDLE (1989), MACAULAY

Tableau 2. Essai de défeuillage de la zone des grappes sur Chasselas à Pully. Résultats agronomiques et composition des moûts au foulage.

Variantes		Poids grappe (g)	Poids baie (g)	Aspect doré (1-9)	Pourri (%)	SFE/m ² sol (m ² /m ²)	SFE/kg raisin (m ² /kg)	Rendement (kg/m ²)	Sucres (°Oe)	pH	Acidité totale (g)	Acide tartrique (g)	Acide malique (g)	Indice de formol
A	N-S, NC, aucune intervention	365	3,51	2,3	8,8	1,53	1,39	1,25	72,0	3,34	7,1	5,7	4,0	18,3
B	N-S, NC, suppression ec	375	3,38	3,4	5,8	1,47	1,19	1,26	69,3	3,30	7,1	5,7	3,8	17,3
C	N-S, NC, suppression ec + fp	348	3,41	4,6	3,5	1,28	1,09	1,20	68,9	3,32	6,9	5,8	3,7	17,5
D	N-S, EP, aucune intervention	368	3,57	2,4	8,3	1,54	1,36	1,18	73,2	3,30	6,8	5,5	3,6	15,5
E	N-S, EP, suppression ec	345	3,30	3,9	4,9	1,42	1,27	1,18	73,2	3,32	6,6	5,8	3,4	14,8
F	N-S, EP, suppression ec + fp	306	3,27	5,3	2,1	1,24	1,15	1,12	72,0	3,30	6,5	5,9	3,2	14,3
G	E-O, NC, aucune intervention	395	3,62	2,6	6,8	1,56	1,18	1,34	72,7	3,34	6,7	5,5	3,8	18,6
I	E-O, NC, suppression ec	418	3,41	4,3	3,4	1,50	1,10	1,41	72,1	3,35	6,4	5,6	3,5	17,3
J	E-O, NC, suppression ec + fp	383	3,31	5,9	2,0	1,23	1,00	1,27	67,2	3,33	6,6	6,0	3,4	16,4
K	E-O, EP, aucune intervention	392	3,78	2,8	6,4	1,52	1,27	1,31	75,1	3,35	6,2	5,4	3,4	14,8
M	E-O, EP, suppression ec	408	3,55	4,3	3,5	1,46	1,14	1,34	73,6	3,39	6,0	5,6	3,2	15,5
N	E-O, EP, suppression ec + fp	343	3,45	6,6	1,4	1,23	1,04	1,22	70,8	3,36	5,8	5,6	2,9	13,9
	N-S	351	3,41	3,6	5,6	1,41	1,24	1,20	71,4	3,31	6,8	5,7	3,6	16,3
	E-O	390	3,52	4,4	3,9	1,42	1,12	1,31	71,9	3,36	6,3	5,6	3,4	16,1
	ppds 95%	25	0,06	0,3	0,8	NS	0,08	0,088	NS	0,01	0,1	0,1	0,1	NS
	NC	381	3,45	3,8	5,1	1,43	1,16	1,29	70,3	3,33	6,8	5,7	3,7	17,6
	EP	360	3,49	4,2	4,4	1,41	1,21	1,23	73,0	3,34	6,3	5,6	3,3	14,8
	ppds 95%	NS	NS	0,3	NS	0,02	NS	NS	1,1	NS	0,1	0,1	0,1	0,4
	Aucune intervention	380	3,62	2,5	7,6	1,54	1,30	1,27	73,2	3,33	6,7	5,6	3,7	16,8
	Suppression ec	387	3,42	3,9	4,4	1,46	1,17	1,30	72,0	3,34	6,5	5,7	3,5	16,2
	Suppression ec + fp	345	3,36	5,6	2,2	1,25	1,07	1,21	69,7	3,32	6,5	5,8	3,3	15,5
	ppds 95%	30	0,07	0,4	1,0	0,02	0,09	NS	1,4	NS	0,2	0,1	0,1	0,5
H	E-O, NC, suppression ec nord	401	3,59	2,8	7,7	1,54	1,22	1,35	72,1	3,35	6,8	5,6	3,8	18,7
L	E-O, EP, suppression ec nord	418	3,72	3,1	5,0	1,51	1,20	1,32	74,0	3,35	6,2	5,6	3,3	14,9

ec: entrecœurs

fp: feuilles principales

ppds: plus petite différence significative à P = 0,05

NS: non significatif.

et MORRIS (1993), BLEDSOE *et al.* (1988), SCHNEIDER (1985) ainsi que VAUTIER *et al.* (1978). En revanche, la concentration en acide tartrique a plutôt augmenté avec ces pratiques, ce qui correspond aux résultats obtenus par ROJAS-LARA et MORRISON (1989). L'indice de formol n'a pratiquement pas été influencé par l'orientation des rangs. Il l'a été par contre par la présence de l'enherbement comme cela a déjà été reporté (MAIGRE et AERNY, 2000 et 2001; MAIGRE, 2002). Cet indice a également diminué dans les variantes avec suppression des entrecœurs et avec le défeuillage complet. La raison pourrait être la modification du microclimat dans la zone des grappes; cependant, il semble que cette diminution soit également due à l'interruption de la possibilité de migration vers les raisins de l'azote contenu dans les feuilles de la base durant la phase de maturation (SCHULTZ, 1998).

Les variantes H et L (suppression des entrecœurs sur le plan nord) ont eu un comportement très proche des procédés sans aucune intervention.

Teneur en K et Ca dans les moûts

La concentration en K et en Ca dans les moûts est donnée dans le tableau 3. Les moûts issus des parcelles E-O semblent légèrement plus riches en K que ceux des parcelles cultivées N-S. Le type d'entretien du sol n'a pas influencé cette teneur, contrairement à de précédentes observations (MAIGRE *et al.*, 1995). Par ailleurs, l'élimination des feuilles a provoqué une diminution de la concentration de K dans les moûts. Cette observation confirme les résultats obtenus par BLEDSOE *et al.* (1988), ROJAS-LARA et MORRISON (1989) et MORRISON et NOBLE (1990). Ils sont également confirmés par ceux présentés par NOVELLO (1992); cet auteur a toutefois obtenu ce résultat par ombrage des grappes, ce qui semble indiquer que la diminution de K n'est pas ou pas uniquement due à l'élimination des feuilles (migration impossible de la feuille vers la baie). Selon certains auteurs, l'augmentation de K peut conduire à une

augmentation du pH (HALE, 1977; BLEDSOE *et al.*, 1988; MACAULAY et MORRIS, 1993).

La teneur en Ca des moûts n'a pas été influencée par les procédés mis en place.

Analyses des vins (tabl. 3)

Les taux d'alcool obtenus ont été proches, car les moûts ont été chaptalisés en fonction de leur taux de sucres. Les pH mesurés dans les vins E-O ont été plus élevés que ceux des vins N-S. Cela correspond à une acidité totale et à une acidité tartrique un peu plus faibles. Il n'y a pratiquement pas eu de différences entre les acidités des variantes faisant intervenir une manipulation du feuillage. Aucune différence marquée de couleur des vins n'a pu être notée (DO 280) bien que la vendange ait présenté de grosses différences dans son aspect doré.

Le dosage des deux alcools supérieurs phényl-2-éthanol et 2- et 3-méthyl-1-

Tableau 3. Essai de défeuillage de la zone des grappes sur Chasselas à Pully. Analyses K et Ca des moûts à la cuve et des vins en bouteille.

Variantes		Moût		Sucrage (%)	Vin											
		K (g/l)	Ca (mg/l)		Alcool (vol. %)	Sucre (g/l)	pH	Acidité totale (g/l)	Acidité volatile (g/l)	Acide tartrique (g/l)	Fermentation malo lactique	K (g/l)	Ca (mg/l)	DO280 nm	Phényl-2-éthanol (mg/l)	2- et 3-méthyl-1-butanol (mg/l)
A	N-S, NC, aucune intervention	1,99	69	2,25	11,0	~1	3,47	4,2	0,4	1,7	Term.	0,75	57	4,4	17	140
B	N-S, NC, suppression ec	1,88	68	2,33	10,9	~1	3,47	4,1	0,4	1,8	Term.	0,69	53	4,1	16	138
C	N-S, NC, suppression ec +fp	1,81	63	2,50	11,1	~1	3,47	4,1	0,3	1,8	Term.	0,64	51	4,1	16	151
D	N-S, EP, aucune intervention	1,89	62	1,67	11,0	~1	3,45	4,2	0,3	1,7	Term.	0,69	57	4,2	19	157
E	N-S, EP, suppression ec	1,98	67	1,67	11,1	~1	3,49	4,0	0,3	1,6	Term.	0,67	53	4,2	21	172
F	N-S, EP, suppression ec +fp	1,81	68	2,17	10,9	~1	3,41	4,3	0,3	1,9	Term.	0,75	51	4,3	21	168
G	E-O, NC, aucune intervention	2,10	68	1,50	10,8	~1	3,56	3,9	0,4	1,7	Term.	0,76	50	4,5	17	128
H	E-O, NC, suppression ec nord	1,96	66	1,92	11,2	~1	3,55	3,8	0,4	1,6	Term.	0,72	56	4,2	17	134
I	E-O, NC, suppression ec	2,03	63	1,75	10,9	~1	3,53	3,9	0,3	1,7	Term.	0,71	55	4,1	18	142
J	E-O, NC, suppression ec +fp	1,84	66	2,75	10,9	~1	3,49	4,0	0,3	1,8	+++	0,66	56	4,3	19	153
K	E-O, EP, aucune intervention	1,95	65	1,25	11,3	~1	3,56	3,7	0,4	1,6	Term.	0,71	47	4,1	20	161
L	E-O, EP, suppression ec nord	1,97	68	1,42	11,1	~1	3,55	3,7	0,3	1,6	Term.	0,75	48	4,1	22	163
M	E-O, EP, suppression ec	1,95	65	1,33	11,0	~1	3,56	3,9	0,3	1,6	Term.	0,74	53	4,1	22	186
N	E-O, EP, suppression ec +fp	1,94	65	2,25	11,3	~1	3,53	3,8	0,3	1,6	++++	0,70	50	4,2	22	179

ec: entrecœurs
fp: feuilles principales

Term.: terminée

+++ effectuée aux trois quarts

++++: reste entre 100-200 mg/l d'acide malique.

butanol n'a pas mis en évidence de grandes différences. Il semble cependant que la teneur de ces deux alcools tende à augmenter avec l'orientation E-O, avec EP, avec la suppression des entrecœurs et avec la suppression des feuilles principales.

Les variantes H et L (suppression des entrecœurs du plan nord) ont eu un comportement similaire aux procédés sans aucune intervention sur le feuillage.

Dégustation des vins

La dégustation des vins quelques semaines après la mise en bouteilles n'a pas permis au collègue de dégustateurs de mettre en évidence des différences marquées entre les variantes (tabl. 4). Les moyennes indiquent qu'aucune différence organoleptique n'a été induite par la modification de l'orientation des rangs (contrairement aux observations de MURISIER et ZUFFEREY, 1999), le type d'entretien du sol et la manipulation du feuillage.

Les vins ont été à nouveau dégustés après quelques années de bouteille (tabl. 5). Comme pour la première dégustation, les différences notées ont été faibles. On relèvera cependant que de très légères différences ont pu être observées. C'est par exemple le cas pour le caractère fruité plus marqué en NC qu'en EP, le caractère «stress» plus marqué pour les procédés avec suppression des entrecœurs et des feuilles principales, la finesse du bouquet et la plus faible amertume pour les variantes avec suppression des entrecœurs. Pour

l'impression générale, ce sont ces dernières variantes qui ont été les mieux notées à l'exception du bloc E-O EP où le fait de ne pas supprimer les entrecœurs a permis d'obtenir une meilleure note. Ces résultats nuancés ne concordent pas vraiment avec les expérimentations réalisées à l'étranger dans des conditions climatiques en général beaucoup plus chaudes que celles rencontrées habituellement dans le bassin lémanique; en effet, divers auteurs ont présenté des résultats où l'ensoleillement des grappes influençait nettement la qualité des vins (MORRISON et NOBLE, 1990; IACONO et SCIENZA, 1995; STAFF *et al.*, 1997; REYNOLDS et WARDLE, 1997; MARAIS *et al.*, 1999). Cette influence pouvait être positive ou négative en fonction de l'intensité du défeuillage et des paramètres considérés.

Discussion générale

Dans le cadre de la présente expérimentation, il n'a pas été possible de séparer l'effet de l'éclaircissement des grappes de celui de la variation de la SFE sur le taux de sucres puisque la modification d'un paramètre entraînait la modification de l'autre. Pour cette raison, l'essai a été adapté en 2003 par la mise en place de variantes susceptibles de fournir des données permettant de mieux comprendre les facteurs induisant la variation du taux de sucres.

L'influence de deux autres paramètres est également difficile à discriminer: en effet, lorsque les grappes sont plus enso-

leillées, leur température s'élève (MAIGRE, 2004b), de sorte qu'il n'est pas possible de séparer l'effet de l'éclaircissement proprement dit de celui de la température. C'est cependant ce qu'ont tenté de faire SPAYD *et al.* (2002) sur le cépage rouge Merlot en utilisant un filtre UV et en modifiant artificiellement la température des grappes à l'ombre et au soleil. Ces travaux assez complexes ont par exemple montré que le taux d'anthocyanes des pellicules pouvait être influencé non seulement par les UV indépendamment de la température, mais également par la variation de la température des grappes ensoleillées.

L'aspect analytique des arômes n'a pas été étudié dans le cadre de cette expérimentation. Cependant, il faut relever que de nombreuses études ont montré que l'ensoleillement des raisins joue un rôle important à plusieurs niveaux du métabolisme de la baie et qu'il peut influencer la concentration de différentes molécules. Certains de ces composés ont un rôle de précurseur d'arôme comme les monoterpènes ou les caroténoïdes. L'influence de la manipulation du feuillage sur les monoterpènes a par exemple été montrée par REYNOLDS et WARDLE (1989; 1997), BELANCIC *et al.* (1997), MARAIS *et al.* (1999; 2001). D'autres chercheurs ont plutôt étudié l'incidence de l'ensoleillement sur les caroténoïdes (MARAIS *et al.*, 1991; BUREAU *et al.*, 1998 a et b, RAZUNGLAS *et al.*, 2000), la méthoxyypyrazine (HASHIZUME et SAMUTA, 1999), les glycosides (ZOECKLEIN *et al.*, 1998) ou encore l'aminoacétophénone (HÜHN *et al.*, 2003).

Tableau 4. Essai de défeuillage de la zone des grappes sur Chasselas à Pully. Résultats des dégustations réalisées en mai de l'année suivant la récolte. Notes croissantes d'intensité ou de qualité de 1 à 7. Moyennes des millésimes 2000 à 2002.

Variantes		Couleur	Evolution	Fruité	Stress	Qualité Finesse	Structure	Acidité	Equilibre	Amertume	Impression générale
A	N-S, NC, aucune intervention	3,7	1,5	3,3	2,0	3,5	3,7	4,0	3,6	2,6	3,4
B	N-S, NC, suppression ec	3,7	1,5	3,8	1,8	3,9	3,9	4,0	3,9	2,4	3,8
C	N-S, NC, suppression ec + fp	3,7	1,5	3,6	1,9	3,7	3,9	4,0	3,9	2,5	3,6
D	N-S, EP, aucune intervention	3,6	1,6	3,5	2,0	3,6	3,6	4,0	3,7	2,6	3,3
E	N-S, EP, suppression ec	3,7	1,6	3,6	1,7	3,6	3,8	4,0	3,9	2,5	3,6
F	N-S, EP, suppression ec + fp	3,7	1,9	3,4	2,0	3,5	3,7	4,0	3,8	2,7	3,4
G	E-O, NC, aucune intervention	3,7	1,7	3,5	2,1	3,6	3,8	4,1	3,9	2,7	3,6
I	E-O, NC, suppression ec	3,6	1,9	3,6	1,8	3,7	3,8	4,1	3,9	2,5	3,6
J	E-O, NC, suppression ec + fp	3,7	1,7	3,6	2,5	3,8	3,9	4,1	4,0	2,6	3,7
K	E-O, EP, aucune intervention	3,8	1,5	3,6	1,7	3,7	3,9	4,1	4,0	2,8	3,6
M	E-O, EP, suppression ec	3,7	1,6	3,5	1,8	3,6	3,8	4,1	3,8	3,0	3,4
N	E-O, EP, suppression ec + fp	3,8	1,5	3,5	1,7	3,7	3,9	4,0	4,0	2,6	3,6
	N-S	3,7	1,6	3,5	1,9	3,6	3,8	4,0	3,8	2,5	3,5
	E-O	3,7	1,7	3,6	1,9	3,7	3,9	4,1	3,9	2,7	3,6
	NC	3,7	1,6	3,5	2,0	3,7	3,8	4,1	3,9	2,6	3,6
	EP	3,7	1,6	3,5	1,8	3,6	3,8	4,0	3,9	2,7	3,5
	Aucune intervention	3,7	1,6	3,5	1,9	3,6	3,8	4,1	3,8	2,7	3,5
	Suppression ec Suppression ec + fp	3,7 3,7	1,6 1,7	3,6 3,5	1,8 2,0	3,7 3,7	3,8 3,8	4,1 4,0	3,9 3,9	2,6 2,6	3,6 3,6
H	E-O, NC, suppression ec Nord	3,7	1,6	3,7	1,8	3,7	3,8	4,0	3,9	2,4	3,7
L	E-O, EP, suppression ec Nord	3,8	1,5	3,6	1,9	3,7	3,9	3,9	4,0	3,1	3,6

ec: entrecœurs
fp: feuilles principales.

Tableau 5. Essai de défeuillage de la zone des grappes sur Chasselas à Pully. Résultats (moyennes) des dégustations réalisées le 10.12.2003 pour le millésime 2000, le 19.01.2004 pour le millésime 2001 et le 11.02.2004 pour le millésime 2002. Notes croissantes d'intensité ou de qualité de 1 à 7.

Variantes		Couleur	Evolution	Fruité	Stress	Qualité Finesse	Structure	Acidité	Equilibre	Amertume	Impression générale
A	N-S, NC, aucune intervention	3,7	2,1	3,7	2,0	3,8	3,9	4,2	4,0	2,5	3,6
B	N-S, NC, suppression ec	3,7	2,1	3,7	2,1	3,9	3,9	4,3	4,0	2,2	3,9
C	N-S, NC, suppression ec + fp	3,7	2,2	3,5	2,5	3,5	3,8	4,2	4,0	2,4	3,7
D	N-S, EP, aucune intervention	3,6	2,1	3,4	2,2	3,7	3,9	4,4	3,7	2,9	3,2
E	N-S, EP, suppression ec	3,7	2,0	3,4	2,1	3,8	3,9	4,2	4,0	2,4	3,7
F	N-S, EP, suppression ec + fp	3,7	2,1	3,5	2,2	3,7	3,9	4,3	3,8	2,8	3,4
G	E-O, NC, aucune intervention	3,9	2,3	3,4	2,2	3,5	4,0	4,1	3,9	2,6	3,7
I	E-O, NC, suppression ec	3,6	2,0	3,6	2,1	3,7	3,9	4,3	4,0	2,3	3,8
J	E-O, NC, suppression ec + fp	3,8	2,0	3,4	2,4	3,6	3,9	4,2	4,0	2,7	3,6
K	E-O, EP, aucune intervention	3,8	2,1	3,2	2,3	3,7	4,0	4,1	4,1	2,3	4,0
M	E-O, EP, suppression ec	3,8	2,0	3,6	2,2	3,8	3,9	4,2	3,9	2,4	3,7
N	E-O, EP, suppression ec + fp	3,8	2,2	3,4	2,4	3,6	3,8	4,2	3,9	2,7	3,4
	N-S	3,7	2,1	3,5	2,2	3,8	3,9	4,3	3,9	2,6	3,6
	E-O	3,8	2,1	3,4	2,3	3,6	3,9	4,2	4,0	2,5	3,7
	NC	3,7	2,1	3,6	2,2	3,7	3,9	4,2	4,0	2,5	3,7
	EP	3,7	2,1	3,4	2,2	3,7	3,9	4,2	3,9	2,6	3,6
	Aucune intervention	3,8	2,2	3,4	2,2	3,7	4,0	4,2	3,9	2,6	3,6
	Suppression ec Suppression ec + fp	3,7 3,7	2,0 2,1	3,6 3,4	2,1 2,4	3,8 3,6	3,9 3,9	4,3 4,2	4,0 3,9	2,3 2,7	3,8 3,5
H	E-O, NC, suppression ec Nord	3,8	2,2	3,6	2,0	3,7	4,1	4,1	4,1	2,3	3,9
L	E-O, EP, suppression ec Nord	3,7	2,2	3,5	2,2	3,6	3,9	4,2	4,0	2,5	3,6

ec: entrecœurs
fp: feuilles principales.

Dans notre essai, nous avons également constaté visuellement, sans le quantifier, que les pellicules des baies exposées au soleil étaient non seulement plus dorées, mais également plus épaisses que celles des baies à l'ombre. La même observation avait été faite par NOVELLO (1992). Globalement, les baies dorées étaient nettement plus fermes que les baies ayant mûri à l'ombre. Dans les parcelles avec intervention sur le feuillage, ce facteur a probablement eu une influence sur la réduction du taux de pourriture en plus de l'effet lié à une meilleure aération de la zone des grappes.

Conclusions

- Une légère baisse du poids des grappes et des baies a été constatée dans les variantes avec manipulation du feuillage.
- L'aspect doré des raisins a été plus important lorsque les entre-cœurs et les feuilles principales de la zone des grappes ont été supprimés; les baies étaient également plus dorées dans les rangs orientés E-O et dans les parcelles EP.
- Les attaques de pourriture ont été faibles; cependant, elles ont été les plus faibles pour E-O, EP et les procédés dont le feuillage a été manipulé.
- Le rapport SFE par kilo de raisin et le taux de sucres du moût ont été fortement influencés par les variantes mises en place; le rôle de la SFE devra être précisé par une adaptation de l'expérimentation.
- L'acidité totale et malique, ainsi que l'indice de formol, ont diminué lorsque les grappes ont été exposées au soleil.
- Les acidités et l'indice de formol ont également été plus faibles pour E-O et EP.
- La dégustation des vins n'a pas montré de grandes différences organoleptiques entre les variantes; seules quelques tendances ont pu être observées lors d'un jugement des vins après quelques années en bouteille.

Remerciements

Toute l'équipe de la section de viticulture et d'œnologie d'Agroscope RAC Changins ainsi que les stagiaires qui ont participé à cette expérimentation sont vivement remerciés de leur précieuse collaboration.

Bibliographie

- BELANCIC A., AGOSIN E., IBACACHE A., BORDEU E., BAUMES R., RAZUNGLAS A., BAYONOVE C., 1997. Influence of sun exposure on the aromatic composition of Chilean muscat grape cultivars Moscatel de Alejandria and Moscatel rosada. *Am. J. Enol. Vitic.* **48** (2), 181-186.
- BERGGQVIST J., DOKOOZLIAN N., EBISADA N., 2001. Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the central San Joaquin Valley of California. *Am. J. Enol. Vitic.* **52** (1), 1-7.
- BLEDSE A. M., KLIOWER W. M., MAROIS J. J., 1988. Effects of timing and severity of leaf removal on yield and fruit composition of Sauvignon blanc grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* **39** (1), 49-54.
- BUREAU S. M., RAZUNGLAS A. J., BAUMES R. L., BAYONOVE C. L., 1998a. Effects of vine bunch shading on the carotenoid composition in *Vitis Vinifera* L. berries. I. Syrah grapes. *Vitic. Enol. Sci.* **53** (2), 64-71.
- BUREAU S. M., RAZUNGLAS A. J., BAUMES R. L., BAYONOVE C. L., 1998b. Effects of vine bunch shading on the carotenoid composition in *Vitis Vinifera* L. berries. II. Muscat de Frontignan. *Vitic. Enol. Sci.* **53** (2), 72-78.
- CRIPPEN D. D., MORRISON J. C., 1986. The effect of sun exposure on the compositional development of Cabernet Sauvignon berries. *Am. J. Enol. Vitic.* **37** (4), 235-242.
- HALE C. R., 1977. Relation between potassium and the malate and tartrate contents of grape berries. *Vitis* **16**, 9-19.
- HASHIZUME K., SAMUTA T., 1999. Grape maturity and light exposure affect berry methoxypyrazine concentration. *Am. J. Enol. Vitic.* **50** (2), 194-198.
- HÜHN T., CUPERUS S., PFLIEHINGER M., LANZ S., SPONHOLZ W.-R., BERNATH K., PATZWALH W., GROSSMANN M., AMADO R., GALLI J., FRIEDMANN A., 2003. Influence de l'environnement et des effets de substrat sur les substances déterminant la valeur du moût et du vin. *Revue des Enologues* **109**, 41-45.
- IACONO F., BERTAMINI M., MATTIVI F., SCIENZA A., 1994. Differential effects of canopy manipulation and shading of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. I. Composition of grape berries. *Vitic. Enol. Sci.* **49** (6), 220-225.
- IACONO F., SCIENZA A., 1995. Differential effects of canopy manipulation and shading of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. II. Wine sensory properties. *Vitic. Enol. Sci.* **50** (1), 9-13.
- MACAULAY L. E., MORRIS J. R., 1993. Influence of cluster exposure and winemaking processes on monoterpenes and wine olfactory evaluation. *Am. J. Enol. Vitic.* **44** (2), 198-204.
- MAIGRE D., 2002. Comportement du Pinot noir en présence d'enherbement permanent et influence de la fumure azotée. 2. Résultats analytiques et organoleptiques. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **34** (4), 239-244.
- MAIGRE D., 2004a. Défeuillage et exposition des grappes: influence sur la qualité du raisin et du vin (cépages blancs). Journée d'information viticole, Agrovina, 28 janvier 2004, Martigny, Suisse, 35-44.
- MAIGRE D., 2004b. Défeuillage et éclaircissement des grappes en viticulture. Essai sur Chasselas dans le bassin lémanique. 1. Influence sur le microclimat des grappes. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **36** (3), 165-172.
- MAIGRE D., AERNY J., 2000. Essai d'enherbement et de fumure azotée sur Gamay dans le bassin lémanique. 2. Résultats analytiques et organoleptiques. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **32** (5), 279-285.
- MAIGRE D., AERNY J., 2001. Enherbement et fumure azotée sur cv. Gamay dans le Valais central. 2. Résultats analytiques et organoleptiques. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **33** (4), 199-204.
- MAIGRE D., AERNY J., MURISIER F., 1995. Entretien des sols viticoles et qualité des vins de Chasselas: influence de l'enherbement permanent et de la fumure azotée. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **27** (4), 237-251.
- MARAI J., HUNTER J. J., HAASBROECK P. D., 1999. Effect of canopy microclimate, season and region on Sauvignon blanc grape composition and wine quality. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* **20** (1), 19-30.
- MARAI J., CALITZ F., HAASBROECK P. D., 2001. Relationship between microclimatic data, aroma component concentration and wine quality parameters in the prediction of Sauvignon blanc wine quality. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* **22** (1), 22-26.
- MARAI J., VAN WYK C. J., RAPP A., 1991. Carotenoids levels in maturing grapes as affected by climatic regions, sunlight and shade. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* **12** (2), 64-69.
- MORRISON J. C., NOBLE A. C., 1990. The effects of leaf and cluster shading on the composition of Cabernet Sauvignon grapes and on fruit and wine sensory properties. *Am. J. Enol. Vitic.* **41** (3), 193-200.
- MURISIER F., ZUFFEREY V., 1999. Influence de l'orientation des rangs sur le comportement agronomique de la vigne. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **31** (5), 235-239.
- NOVELLO V., 1992. Shading effect on ripening of grapevine cv. Erbaluce. In: Proc. 4th Int. Symp. Grapevine Physiol., 11-15 May, 1992, San Michele a. A. and Turin, Italy, 551-554.
- RAZUNGLAS A., BUREAU S., BAUMES R., 2000. Effet de l'ombrage respectif des ceps et des grappes de Muscat sur leurs teneurs en composés volatils libres et glycosylés et en précurseurs d'arômes caroténoïdiques. In: Proc. 3^e Simposio Internacional Zonificación Viti-vinicola, Tenerife, España.
- REYNOLDS A. G., WARDLE D. A., 1989. Influence of fruit microclimate on monoterpene levels of Gewürztraminer. *Am. J. Enol. Vitic.* **40** (3), 149-154.
- REYNOLDS A. G., WARDLE D. A., 1997. Flavour development in the vineyard: impact of viticultural practices on grape monoterpenes and their relationship to wine sensory response. *S. Afr. J. Enol. Vitic.* **18** (1), 3-18.
- ROJAS-LARA B. A., MORRISON J. C., 1989. Differential effects of shading fruit or foliage on the development and composition of grape berries. *Vitis* **28**, 199-208.
- SCHNEIDER C., 1985. Influence de la suppression des entre-cœurs de souches de vigne sur le microclimat lumineux et la récolte. *Connaissance Vigne Vin* **19** (1), 17-30.
- UHLIG B. A., 1998. Effects of solar radiation on grape (*Vitis vinifera* L.) composition and dried fruit colour. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* **73** (1), 111-123.
- SCHULZ H.-R., 1998. Entblätterung der Traubenzone. Kleine Muss-Massnahme. *Das Deutsche Weinmagazin* **19**, 21-26.
- SPAYD S. E., TARARA J. M., MEE D. L., FERGUSON J. C., 2002. Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries. *Am. J. Enol. Vitic.* **53** (3), 171-182.
- STAFF S. L., PERCIVAL D. C., SULLIVAN J. A., FISHER K. H., 1997. Fruit zone leaf removal influences vegetative, yield, disease, fruit composition, and wine sensory attributes of *Vitis vinifera* L. «Optima» and «Cabernet franc». *Canadian Journal Plant Science* **77** (1), 149-153.
- VAUTIER PH., SIMON J.-L., GNÄGI F., KOBLET W., ZANIER C., TANNER H., 1978. Processus de maturation des grappes ensoleillées directement et des grappes à l'ombre du feuillage (*Vitis vinifera*). *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **10**, 7-12.
- ZOECKLEIN B. W., WOLF T. K., DUNCAN S. E., MARCY J. E., JASINSKI Y., 1998. Effect of fruit zone removal on total glycoconjugates and conjugate fraction concentration of Riesling and Chardonnay (*Vitis vinifera* L.) grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* **49** (3), 259-265.
- ZUFFEREY V., MURISIER F., MONNEY Ph., 1998. Interception du rayonnement solaire par la vigne selon différentes dispositions de la haie foliaire. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **30** (5), 301-304.

Summary

Defoliation and cluster sun exposure in viticulture. Trial on cv. Chasselas in Western Switzerland. 2. Influence on the grape and wine quality

The incidence of cluster sun exposure on the quality of grapes and wines was studied in a trial set up with the cv. Chasselas on the experimental vineyard of Agroscope RAC Changins at Pully (VD). The interaction between the rows orientation and a permanent grass cover (60-70% of the surface) was also studied. The second part of the study presents the agronomic results and the wine and grape quality. The exposed leaf area per kg grape ratio and the sugar level of the must were strongly influenced by the manipulation of the leaves of the cluster zone. Titrable acidity, malate, formol index and the rate of *Botrytis* decreased when the bunches were exposed to the sun. The values of these parameters were also lower for the East-West orientation and the plots with permanent grass cover. The wine tasting did not highlight big organoleptic differences between the different treatments; only some tendencies could be observed at the time of a tasting of the wines after a few years in the bottle.

Key words: grapevine, defoliation, cluster microclimate, must composition, wine quality.

Riassunto

Sfogliatura ed esposizione alla luce dei grappoli in viticoltura. Prova con la varietà Chasselas nel bacino lemanico. 2. Influenza sulla qualità dell'uva e del vino

Una prova che riguarda l'incidenza dell'esposizione dei grappoli sulla qualità delle uve e dei vini è stata realizzata con la varietà Chasselas sul vigneto sperimentale di Agroscope RAC Changins a Pully (VD). È anche stata studiata l'interazione con l'orientamento dei filari e la copertura del suolo con un inerbimento permanente (60-70% della superficie). La seconda parte dello studio presenta i risultati agronomici e la qualità dell'uva e del vino. Il rapporto superficie fogliare esposta per kg d'uva ed il tasso di zuccheri del mosto sono stati fortemente influenzati dalla manipolazione del fogliame nella zona dei grappoli. Con l'esposizione al sole dei grappoli, sono stati diminuiti l'acidità totale e malica, l'indice di formolo ed il tasso di muffa grigia. I valori di questi parametri sono anche stati più bassi per l'orientamento est-ovest e le parcelle inerbite. La degustazione dei vini non ha messo in evidenza grandi differenze organolettiche tra le tesi; solo alcune tendenze hanno potuto essere osservate durante una degustazione dei vini dopo alcuni anni in bottiglia.

Zusammenfassung

Entblätterung und Sonnenbeleuchtung der Trauben mit der Rebsorte Gutedel im Genferseegebiet. 2. Einfluss auf die Trauben- und Weinqualität

Ein Versuch, der sich auf die Auswirkung der Sonnenbeleuchtung der Trauben auf Most- und Weinqualität bezieht, wurde mit der Rebsorte Gutedel auf dem Versuchsbetrieb von Agroscope RAC Changins in Pully (VD) angelegt. Die Wechselwirkung mit der Orientierung der Reihen und der Bodenbedeckung durch Dauerbegrünung in allen Zwischenreihen ist ebenfalls untersucht worden. Der zweite Teil der Studie stellt die agronomischen Ergebnisse und die Trauben- und Weinqualität vor. Das Verhältnis exponierte Blattfläche pro kg Traube und der Mostzuckergehalt sind stark durch die Laubänderung der Traubenzone beeinflusst worden. Die Gesamt- und Apfelsäure, der Formolzahl und der Fäulnisbefall sind zurückgegangen, als die Trauben an der Sonne exponiert worden sind. Die Werte dieser Parameter waren ebenfalls für die Ost-West-Orientierung und die begrünte Parzellen tiefer. Das Kosten der Weine hat keine grossen sensorische Unterschiede zwischen den Varianten hervorgehoben; nur einige Tendenzen konnten bei einem Kosten der Weine nach einigen Jahren in Flasche beobachtet werden.



VOTRE SPÉCIALISTE POUR:

- CUVES INOX 316
- TUYAUX À VIN
- MONTAGE DE RACCORDS
- PRODUITS ŒNOLOGIQUES
- VERRERIE DE LABORATOIRE



Nouveau dépositaire **Garbagas**

CHS CUÉNOUD SA

www.cuenoud.ch

TÉL. 021 799 11 07 – FAX 021 799 11 32

PÉPINIÈRES VITICOLES

production personnelle:

- gage de qualité
- nombreuses références auprès des viticulteurs suisses depuis 20 ans

JEAN-CLAUDE

FAY

73250 FRETERIVE

FRANCE

TÉL. 00 33 479 28 54 18

00 33 479 28 50 22

FAX 00 33 479 28 68 85

E-MAIL: jeanclaud.fay@wanadoo.fr



A vendre à prix superbe Transpalette-peseur RAVAS

Capacité: 2000 kg

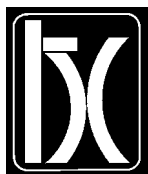
Prix standard: Fr. 5950.–

Prix occasion: Fr. 2500.–

Prix net, hors TVA. Garantie 3 mois.



DS-Technik AG • Produits pour véhicules
8174 STADEL • Tél. 01 858 21 01



FINSER s.a.



L'assortiment standard est disponible dans nos dépôts en Suisse.

Contactez-nous pour chacune de vos exigences.

Nous réalisons également des bouteilles personnalisées.

Unser Standard Sortiment steht Ihnen ab unseren Lagern in der Schweiz ständig zur Verfügung.

Haben Sie spezielle Wünsche – sprechen Sie uns an!

Wir realisieren für Sie auch Exklusivflaschen.

Sede:

CH-6901 LUGANO

Via Marconi, 2 – CP 2580

Tel. 091 921 36 03 – Fax 091 921 36 05

E-mail: eno@finser-sa.ch

Uffici commerciali:

CH-6934 BIOGGIO-LUGANO

Via della Posta – CP 144

Tel. 091 611 50 10 – Fax 091 611 50 19

E-mail: eno@finser-sa.ch

Succursale:

CH-1906 CHARRAT (VS)

Route Cantonale (Gare) – CP 55

Tel. 027 744 38 28

Fax 027 744 38 28

Déguster les baies pour suivre la maturité du raisin

Ch. GUYOT et Ph. DUPRAZ¹, Ecole d'ingénieurs de Changins, CH-1260 Nyon 1

@ E-mails: christian.guyot@eic.vd.ch et philippe.dupraz@eic.vd.ch
Tél. (+41) 22 36 34 084.

Résumé

Dans cet article, les notions de maturité physiologique, phénolique et aromatique sont abordées. Si le contrôle de la maturité physiologique (sucre, acidité) est facilement et couramment pratiqué, il n'en est pas de même pour les maturités phénolique et aromatique. Des méthodes basées sur l'évaluation sensorielle des raisins sont proposées pour compléter les contrôles classiques de maturation. La connaissance de la matière première «raisin» peut ainsi être plus complète et les techniques de vinification mieux orientées vers le type de vin souhaité.

Introduction

Dans la pratique viti-vinicole, le taux de sucres contenu dans les baies est considéré depuis longtemps comme un bon indicateur du degré de maturité du raisin. Le suivi de la maturation est donc simplement réalisé par des mesures régulières du taux de sucres (le «sondage» usuel) et la vendange intervient lorsque celui-ci correspond aux besoins du vinificateur.

Cependant, les raisins ne sont souvent pas à l'optimum de leur maturité lorsqu'ils sont vendangés selon ce seul critère. Diverses études ont montré que d'autres éléments du raisin très importants sont à prendre en considération, comme la peau des baies et les pépins, et de manière différenciée. En effet, il s'est confirmé que, pour un millésime donné, les différents constituants du raisin ne mûrissent pas simultanément ou, pour l'exprimer autrement, qu'ils ne suivent pas une même courbe de maturation. Ainsi, trois formes de maturité doivent être considérées lorsqu'on parle de raisin: physiologique, phénolique et aromatique.

¹Avec la collaboration technique de Eve Danthe.

Maturité physiologique

La maturité physiologique correspond à la richesse maximale en sucres dans les baies résultant de l'accumulation physiologique dans la plante. A ce stade, toute augmentation supplémentaire des sucres ne provient plus de la plante elle-même, mais d'une perte en eau des baies (effet du passerillage par exemple). La diminution du taux d'acide malique des baies est également prise en considération pour définir la maturité physiologique.

Maturité phénolique

La maturité phénolique correspond à l'accumulation maximale en tanins, en anthocyanes et éventuellement en phénols dans la peau des baies de raisin. Elle correspond aussi à une bonne extractibilité de ces composés à partir des peaux. A l'inverse, l'extractibilité de ces composés depuis les pépins devient de plus en plus difficile. Cette maturité phénolique est toujours plus utilisée pour le suivi de la maturation des raisins rouges. Toutefois, son usage pratique est limité par la complexité de la mise en œuvre des méthodes d'extraction des polyphénols.

Maturité aromatique

La maturité aromatique correspond à une complexité maximale du bouquet odorant se dégageant des raisins, et plus particulièrement des peaux et de la pulpe. Elle correspond également à l'évolution d'odeurs et d'arômes de type végétal herbacé vers un fruité végétal, puis un fruité mûr. Le dépassement de l'optimum de maturité aromatique voit les odeurs et les arômes aller vers un fruité surmûr, confituré, puis vers des fruits blets ou dégradés, accompagnés d'une simplification drastique de la complexité.

Quelle forme de maturité choisir?

A quel optimum des trois courbes de maturité la vendange donnera-t-elle le meilleur vin?

La réponse se situe dans le type de vin que l'on souhaite élaborer. Pour un vin «de nez», pour lequel les aspects olfactifs sont considérés comme prépondérants, on visera la maturité aromatique optimale offrant le bouquet le plus intense et complexe possible et dans les familles d'odeurs souhaitées. Pour un vin à boire rapidement, de type rond et souple, on visera une acidité basse et des tanins bien enrobés, ce qui implique des maturités physiologique et phénolique avancées. Dans le cas d'un vin de garde, il s'agira d'obtenir une acidité, un degré alcoolique et une constitution tannique suffisamment importants. La maturité phénolique devra par exemple permettre une extraction maximale de tanins fermes, conjuguée au bon équilibre alcool-acidité de la maturité physiologique. La maturité aromatique jouera dans ce cas un rôle très secondaire étant donné le potentiel important de modification et de complexification des

odeurs et des arômes du vin durant la garde. Ainsi, c'est le type du vin que l'on veut produire et les techniques œnologiques à disposition qui vont orienter le choix de telle ou telle maturité à atteindre. Dans la pratique cependant, il y a fréquemment des impondérables qui obligent à récolter à un autre moment que celui qui serait souhaité idéalement (par exemple lors d'une longue période de pluie annoncée, d'un danger de pourriture grise, etc.). Cela confirme l'intérêt d'un suivi de la maturité, car il permet de :

- savoir où on se situe dans l'évolution du millésime par rapport à d'autres millésimes;
- connaître précisément l'état de maturité des raisins le jour de la vendange et donc quel type de vin il sera possible d'élaborer.

Estimer les maturités du raisin avec nos sens

Actuellement, de nombreux appareils permettent d'analyser en routine divers paramètres des maturités physiologique et phénolique comme les sucres, l'acidité, le pH, les anthocyanes et les polyphénols totaux, pour citer les principaux. Ces analyses instrumentales ont un coût, parfois assez important, et ne permettent pas d'obtenir de renseignements sur la maturité aromatique ni sur la qualité des tanins, entre autres.

Pour ces raisons, nos sens humains doivent être mis à contribution, sous forme d'appréciation organoleptique de préparations de raisins. A l'aide de protocoles précis de préparation et d'évaluation sensorielle, il est relativement aisé d'estimer les maturités phénolique et aromatique des raisins. Bien évidemment, il existe diverses façons de procéder.

Nous présentons ici une adaptation de la méthode et de la fiche de M. Chassin qui ne nécessite pas de préparation ou d'équipement particuliers. Elle est donc réalisable par tout viticulteur.

Fiche de description sensorielle des baies¹

Cette méthode (fig. 1) demande de disposer d'un échantillonnage représentatif de la parcelle, constitué de quelques grappes entières (10-15) et de baies (environ 30).

¹Elaborée d'après Maurice Chassin (CQF-Dégustation, F-Tours), cette fiche adapté est disponible auprès des auteurs.

Remarques à propos des descripteurs «toucher» et «visuel»

- Les observations doivent être effectuées sur des baies rattachées à la grappe entière.
- Ces critères seront particulièrement importants pour déterminer les caractères évidents de sous-maturité (baies trop dures), de surmaturité (baies flétries ou molles) ou d'altération (dessèchement de la rafle, par exemple).
- Une coloration importante (rouge-noire ou jaune-brune) des baies est en principe recherchée, par opposition à la couleur verte du manque de maturité.
- Une grande importance doit être accordée à la recherche d'homogénéité de maturité.

Remarques à propos des descripteurs «bouche»

- Les observations doivent être effectuées sur des baies séparées de la grappe et bien échantillonnées.
- Si l'échantillon est représentatif, la dégustation d'une trentaine de baies permet de se faire une bonne idée de l'homogénéité et du niveau de la maturité.
- *Procédé pour chaque baie:*
 - 1° Aspirer en bouche la pulpe et les pépins en gardant la pellicule entre deux doigts, réserver les pellicules (stocker).
 - 2° Pour chaque baie, évaluer les critères «pulpe et jus». Évaluer l'équilibre sucres-acides, privilégier les arômes fruités au détriment des arômes de type végétal, la concentration plutôt que la dilution.
 - 3° Recrachter et réserver les pépins (stocker).
- Lorsque l'évaluation des pulpes et des jus est terminée, procéder à la dégustation des pellicules selon la fiche (croquer, mâcher).
- Rechercher un affinement des pellicules, privilégier les arômes fruités au détriment des arômes de type végétal, la diminution d'astringence et d'amertume.

- Lorsque l'évaluation des pellicules est terminée, procéder à l'évaluation visuelle des pépins. ATTENTION: en raison de leur astringence qui peut être violente et extrêmement persistante, la dégustation des pépins ne peut se faire que tout à la fin des observations et en quantités très limitées.
- Surveiller l'évolution de la couleur des pépins qui doit passer du vert au brun, leur consistance qui doit évoluer du mou au croquant («biscotte»), leur amertume et leur astringence qui doivent diminuer.

Méthodes plus élaborées

Comme indiqué plus haut, des méthodes plus élaborées nécessitant des préparations un peu plus délicates et complexes sont aussi employées. Celles que nous décrivons brièvement ci-dessous sont indiquées lorsque l'évaluation sensorielle des baies doit être effectuée par un panel de dégustation à partir d'un lot homogène. Elles permettent une caractérisation plus précise des maturités aromatique et phénolique.

Raisins blancs

Les baies sont égrenées, écrasées et réparties dans des récipients destinés à chaque dégustateur. Elles subissent une brève macération pelliculaire. Le tout est effectué à basse température et à l'abri de l'air (saturation de CO₂) pour éviter l'oxydation des arômes. La dégustation se fait par olfaction directe au dessus du récipient.

Raisins rouges

Les pellicules sont soigneusement séparées, mixées et mises en macération plusieurs heures dans une solution hydroalcoolique à 10% (ajustée à pH 3,6). Les proportions sont soigneusement respectées afin de se rapprocher des conditions de macération régnant au cours d'une vinification. Après filtration, la solution peut être dégustée comme du moût.

N.B.: Les protocoles détaillés de préparation de ces deux méthodes sont disponibles à l'EIC auprès des auteurs de cet article.

Riassunto

Valutazione sensoriale dell'uva per il controllo della maturità

In questo articolo vengono trattate le nozioni di maturità viticola, fenolica e aromatica. Se il controllo della maturità viticola (zuccheri, acidità) è praticato in maniera facile e corrente, non è il caso per le maturità fenolica e aromatica. Dei metodi basati sulle valutazioni sensoriali dell'uva vengono proposti per completare i controlli classici di maturazione. La conoscenza della materia prima «uva» può così essere più completa e le tecniche di vinificazione possono venir meglio orientate verso il tipo di vino desiderato.

Summary

Tasting berries to follow up grape ripeness

In this article, the concepts of physiological, phenolic and aromatic compounds ripeness are approached. Whereas the follow up of physiological maturity (sugar concentration, acidity) is currently employed, it is not yet the case with the phenolic and aromatic compounds. Methods based on sensorial analysis of berries are proposed to gather added information. This will help to make the appropriate enological choices in order to produce the quality of wines expected by the consumer.

Key words: grape testing, physiological maturity, phenolic maturity, aromatic maturity.

Zusammenfassung

Sensorische Beurteilung der Trauben für die Reife-kontrolle

In diesem Artikel werden die Begriffe Physiologische Reife, Phenolreife, und die Aromareife erörtert. Wen auch die Kontrolle der physiologische Reife (Zucker, Säure) ziemlich einfach durchgeführt werden kann und häufig zur Anwendung kommt, ist es nicht so bei der Erhebung des Aroma- und Phenolreifeerhebung. Die Methoden basieren auf der sensorischen Beurteilung des Trauben und ergänzen die klassischen Reifekontrollen. Die Kenntnisse über das Produktionsgut «Traube» wird dadurch vervollständigt und die Vinifikations-techniken können angepasst werden um den gewünschten Weintyp zu erhalten.

Nouveau FENDT vigneron De 48/65 kW/CV à 69/94 kW/CV



FENDT

ETRAMA SA

Tracteurs et machines
1037 Etagnières
Tél. 021 731 34 95

Nos agents:

- La Côte: J.-L. Kaesermann, La Pra, 1173 Féchy
- Genève: M. Blondin, route de Certoux 164, 1258 Perly
- Neuchâtel: Ducommun S.à.r.l., 2022 Bevaix
- Valais: Etablissements Chappot SA, 1906 Charrat

Voilà...

Vous avez lu ce petit mot, c'est bien la preuve que la publicité est remarquée dans notre revue, même sur un petit format!

Renseignements: **PRAGMATIC SA**

Avenue Saint-Paul 9 - CH-1223 COLOGNY
Tél. 022 736 68 06 - Fax 022 786 04 23



PÉPINIÈRES VITICOLES

PAUL-MAURICE BURRIN

ROUTE DE BESSONI 2
1955 SAINT-PIERRE-DE-CLAGES

TÉL. 027 306 15 81

FAX 027 306 15 50

NATEL 079 220 77 13



Sélection Valais



you search for **Agro Diagnostics** enter:

www.bioreba.ch

Suivi de la maturation des raisins de cépages rouges: phase 1 Gamaret

S. DE MONTMOLLIN, Ph. DUPRAZ, Ch. GUYOT¹, Ecole d'ingénieurs de Changins, CH-1260 Nyon
J.-M. SIEFFERMANN, Laboratoire de perception sensorielle et de sensométrie, Ecole nationale supérieure des industries agricoles et alimentaires, F-91744 Massy Cedex

@ E-mail: simone.demontmollin@usoe.ch
Tél. (+41) 79 691 40 92.

Résumé

Le suivi de maturation technique et phénolique est réalisé au cours du millésime 2003 sur un réseau romand de quinze parcelles de Gamaret. Quatre d'entre elles font l'objet d'un suivi sensoriel des baies ainsi que de vinifications à dates de récolte successives. Des analyses chimiques et sensorielles sont réalisées sur les vins de chaque parcelle après huit mois d'élevage. L'influence de l'état de maturité du raisin sur les caractéristiques organoleptiques des vins qui en sont issus est vérifiée à l'aide de profils flash. Ils permettent de préciser clairement leur positionnement sensoriel et de le comparer aux mesures effectuées pendant la maturation des raisins. Des corrélations entre paramètres classiques et polyphénoliques n'ont pas pu être mises en évidence. En revanche, les profils flash caractérisent les vins issus des dernières dates de récolte comme plus complexes au nez et plus harmonieux en bouche bien que la maturité technique (sucre et acidité) ait souvent été atteinte avant. Dans trois cas, 16 à 17 jours séparent la période du maximum anthocyanique dans le raisin et la récolte donnant le vin le plus harmonieux. Des références supplémentaires sont nécessaires pour confirmer les tendances observées.

Introduction

Très classiquement, l'évolution de la maturité du raisin à des fins de vinification est suivie par la mesure de l'accumulation des sucres dans les baies et de la teneur en acides. La pratique a cependant montré que ces deux marqueurs ne reflétaient que partiellement la maturité. Dès lors, le suivi des polyphénols et le suivi des caractéristiques organoleptiques du raisin se sont imposés

comme des outils très prometteurs pour compléter l'image de la maturité du raisin. Différentes méthodes utilisées pour le suivi de la maturation phénolique des raisins rouges ont fait l'objet d'une évaluation préliminaire dans cette revue (DE MONTMOLLIN et DUPRAZ, 2003).

L'objectif du présent travail est d'acquiescer des références quantitatives et qualitatives permettant d'affiner l'interprétation des courbes d'accumulation anthocyanique obtenues lors du suivi phénolique par la méthode ITV, décrite dans le travail précité. Dans ce but, un réseau de quinze parcelles de Gamaret a été mis en place en Suisse romande en 2003.

Déjà mentionnée dans la publication précédente, l'analyse sensorielle des baies constitue un outil supplémentaire pour qualifier l'évolution de la maturité du raisin (ROUSSEAU et DELTEIL, 2000). La méthode est utilisée sur quatre des quinze parcelles du réseau. L'usage de l'analyse sensorielle doit permettre de compléter les informations obtenues grâce aux courbes de maturation des polyphénols réalisées par analyses chimiques. En effet, les résultats des suivis phénoliques sont présentés sous forme de «tendances» traduisant l'évolution de l'accumulation anthocyanique. Cette dernière est rendue plus précise par des indications complémentaires pouvant renforcer ou annuler l'information obtenue. De cette manière, il est possible de dresser un «portrait» complet de la maturité du raisin incluant des caractéristiques tant chimiques qu'organoleptiques. De plus, l'hétérogénéité voulue des caractéristiques viticoles des différentes parcelles (âge, porte-greffe, mode de culture, rendement, sol, climat, exposition, etc.) permet une vérification croisée de la pertinence des outils utilisés.

Pour répondre à la question fondamentale «Quelle est l'influence de la date de vendange, c'est-à-dire de l'état de maturité du raisin, sur les caractéristiques phénoliques des vins qui en sont issus?», il convient de parachever le travail d'observation des raisins par celui des vins et de valider ainsi l'interprétation des courbes de suivi phénolique.

Dans ce sens, des analyses chimiques et sensorielles doivent être effectuées sur les vins afin d'avoir une image précise du vin donné par un raisin vendangé à des dates échelonnées.

¹Avec la collaboration technique de Sébastien Buttica, Daniel Brückner, Philippe Corthay, Eve Danthe, Yannick Fournier, Patrick Hippenmeyer, Anik Riedo, Philippe Vautier.

Matériel et méthodes

Un réseau de quinze parcelles de Gamaret est mis en place en Suisse romande en 2003 dans le but d'obtenir des informations sur la qualité de la maturation phénolique dans différentes situations géographiques et techniques. Le tableau 1 résume les analyses effectuées.

Analyses des raisins

Les paramètres physiologiques et phénoliques sont suivis sur toutes les parcelles tandis que l'analyse sensorielle des baies est pratiquée sur quatre d'entre elles. Les prélèvements de baies sur des ceps de référence sont effectués directement par le producteur. La méthode de prélèvement, le mode de stockage et de transport sont identiques pour toutes les parcelles et effectués par les mêmes personnes durant la campagne. Ces dernières ont assisté à une séance d'information en juillet 2003 durant laquelle le protocole, les instructions pour le marquage des ceps et la réalisation correcte des prélèvements ont été présentés. En effet, la rigueur du prélèvement et du transport est prépondérante pour l'obtention de résultats fiables. Pour les analyses chimiques, le prélèvement de 200 baies est réalisé selon la méthode mise au point par CARBONNEAU (1991). Treize ou quatorze prélèvements sont effectués depuis le 4 août 2003. La fréquence augmente de 1 à 2 par semaine dès le 14 août. Les derniers prélèvements ont lieu le 18 ou le 25 septembre selon la parcelle. Pour le suivi sensoriel, le prélèvement de dix grappes entières des deux côtés de dix ceps représentatifs est

effectué. Sept prélèvements s'échelonnent entre le 25 août et le 25 septembre sur quatre des quinze parcelles. Un panel de huit dégustateurs entraîné selon la méthode proposée par M. Chassin (CQFDégustation, Tours, France) et adaptée par l'École d'ingénieurs de Changins (GUYOT et DUPRAZ, 2003) a évalué les caractéristiques organoleptiques à l'aide des paramètres suivants: toucher (fermeté des baies); vue (intensité et hétérogénéité de la couleur, flétrissement); bouche (sucrosité, acidité, arômes de la pulpe; épaisseur, arômes, astringence et amertume de la pellicule); pépins (couleur et dureté). Les appréciations sont valorisées statistiquement à l'aide du logiciel FIZZ (Biosystèmes, 2002).

Le délai entre le prélèvement et les analyses est identique pour toute la durée du suivi (24 h); les échantillons sont transportés en compartiment isotherme (+10 °C) et de manière à prévenir toute macération. Ils sont stockés au frigo (+5 °C) dès réception. Avant les analyses chimiques, le nombre de baies est vérifié puis l'échantillon est pesé. Chaque échantillon est ensuite préparé selon le protocole opératoire de la méthode de suivi polyphénolique ITV (ITV, 1995). L'analyse des paramètres classiques s'effectue sur le jus clarifié obtenu après mixage des baies: teneur en sucres (°Oe, réfractométrie); acidité totale (g/l, neutralisation à pH 7 avec NaOH N/5); pH (pH-mètre couplé à une électrode). Les analyses standard des polyphénols sont pratiquées sur la solution d'extraction au terme de deux heures de macération: anthocyanes libres (en mg/l) par décoloration au bisulfite de sodium (RIBÉREAU-GAYON, 1998; STONESTREET, 1966) et indice des polyphénols totaux (DO280). Le spectrophotomètre est de type Perkin Elmer lambda 35 UV/VIS, couplé au logi-

ciel UV Winlab version 2.85.04 de la même firme. La cinétique d'accumulation des anthocyanes est représentée à l'aide d'une courbe de tendance de type polynomiale d'ordre 2. Elle sert de référence pour l'interprétation de ce paramètre. Une étude de répétabilité visant à confirmer la fiabilité du mode opératoire et de la méthode de prélèvement est pratiquée en laboratoire. Cinq échantillons homogènes sont constitués à partir de grappes entières prélevées à la vigne pour le test de répétabilité du mode opératoire. Cinq prélèvements sur les mêmes souches constituent les cinq échantillons du test de répétabilité sur le prélèvement. Les analyses sont effectuées sur les cinq échantillons pour les deux tests.

Vinifications

Enfin, pour comparer le stade de maturation phénolique évalué par la courbe d'accumulation des anthocyanes et les caractéristiques organoleptiques des vins, quatre parcelles font l'objet de vinifications à dates de récolte successives. Trois dates de récolte pour les parcelles de Peissy et de Valeyres-sous-Rances (25.08.04, 04.09.04 et 18.09.04) avec une date de récolte supplémentaire pour Romanel-sur-Morges et Vollèges (25.09.04). Les protocoles de vinification sont identiques pour toutes les variantes: égrappage, foulage, sulfitage à 30 mg/l de SO₂ libre, levurage à 15 g/hl avec BRG; chaptalisation si nécessaire pour atteindre 95 °Oe, température de fermentation de 22 °C, un pigeage quotidien (une descente du pigneur aux quatre points cardinaux); décuage après sept jours ou à 10 °Oe (durée de cuvage identique dans une même par-

Tableau 1. Analyses effectuées sur les parcelles du réseau de Gamaret durant le millésime 2003.

	Suivi de maturité du raisin			Analyses des vins		
	Analyses chimiques (14 prélèvements du 04.08 au 25.09.2003)		Analyses sensorielles (sept prélèvements du 25.08 au 25.09.2003)	Analyses chimiques (après huit mois d'élevage)	Analyses sensorielles (après huit mois d'élevage)	
	Classiques: acidité totale, pH, °Oe	Phénoliques: antho- cyanes libres selon ITV	Dégustations des baies	Paramètres standard et polyphénoliques	Tests de différence	Profils flash
Allaman (VD)	X	X				
Anières (GE)	X	X				
Bernex (GE)	X	X				
Changins (VD)	X	X				
Colombier (NE)	X	X				
Concise (VD)	X	X				
Leytron (VS)	X	X				
Neuchâtel (NE)	X	X				
Ollon (VD)	X	X				
Peissy (GE)	X	X	X	X	X	X
Plan-les-Ouates (GE)	X	X				
Praz (FR)	X	X				
Romanel-sur-Morges (VD)	X	X	X	X	X	X
Valeyres-sous-Rances (VD)	X	X	X	X	X	X
Vollèges (VS)	X	X	X	X	X	X

celle); un pressurage, un rebêchage suivi d'une deuxième pressée (assemblage des gouttes et des presses); fermentation malolactique et stabilisation à 50 mg/l de SO₂; un mois à 2 °C et filtration tangentielle.

Analyses des vins après huit mois d'élevage

Les analyses chimiques des paramètres standard sont effectuées à l'aide de la méthode FTIR, qui emploie la technologie infrarouge transformée de Fourier ainsi qu'une méthode statistique utilisant une base de données réalisée à partir d'échantillons analysés avec les méthodes standard. Les mesures sont effectuées à l'aide de l'appareil WineScan FT120 et réalisées par le laboratoire d'œnologie d'Agroscope RAC Changins, à Nyon. Les paramètres phénoliques sont mesurés à l'aide des méthodes spectrophotométriques classiques: anthocyanes libres (mg/l) par décoloration au bisulfite de sodium (RIBÉREAU-GAYON, 1998; STONESTREET, 1966), indice de polyphénols totaux (DO280), intensité colorante DO 420, 520, 620). Du point de vue organoleptique, deux tests sensoriels sont effectués: les tests triangulaires et les profils flash. Les premiers visent à discriminer les différentes variantes d'une même parcelle. Les seconds (DELARUE et SIEFFERMANN, 2002; SIEFFERMANN, 2004) sont utilisés pour positionner le profil sensoriel des vins de chaque parcelle selon des critères organoleptiques discriminants. La réalisation de profils sensoriels complets n'est pas nécessaire, le but visé étant la différenciation des vins entre eux et non leur caractérisation complète.

Résultats de la phase 1 et discussion

Pertinence de la méthode pour le suivi de la maturation phénolique

Les modes opératoires pour le prélèvement des baies et pour l'analyse des anthocyanes libres selon la méthode ITV se sont révélés fiables. L'étude de répétabilité sur le paramètre «anthocyanes libres» montre un coefficient de variation de respectivement 2,2 et 3,2%. Les coefficients de détermination (R²) des courbes de tendance (polynomiales d'ordre 2) se situent entre 0,6 et 0,92 pour les 15 parcelles. Cinq d'entre elles se trouvent entre 0,6 et 0,8.

Résultats par parcelle

Seuls les résultats des quatre parcelles dont les vendanges ont fait l'objet de vinifications sont présentés ici. Pour chaque parcelle, une figure regroupe les

résultats les plus importants, obtenus des raisins et des vins par analyses chimiques et sensorielles.

Peissy (GE)

Les résultats sont présentés dans la figure 1. L'effet du millésime est très marqué pour cette parcelle qui a souffert de la sécheresse. Les paramètres mesurés dans la baie fluctuent très faiblement au cours de la maturation.

Sucres et acidité: l'acidité totale diminue jusqu'à fin août puis se stabilise. Les °Oe élevés dès le 11 août (93 °Oe) peuvent être attribués à la petite taille des baies (env. 0,9 g/baie) résultant du manque d'eau ainsi que de l'évaporation induite par la chaleur. **Anthocyanes:** ces deux mêmes phénomènes influencent la cinétique d'accumulation des anthocyanes: 700 mg/l dès le 11 août pour osciller entre 700 et 800 mg/l au cours de la campagne. Peu marquée, la courbe de tendance (R² = 0,68) enregistre un

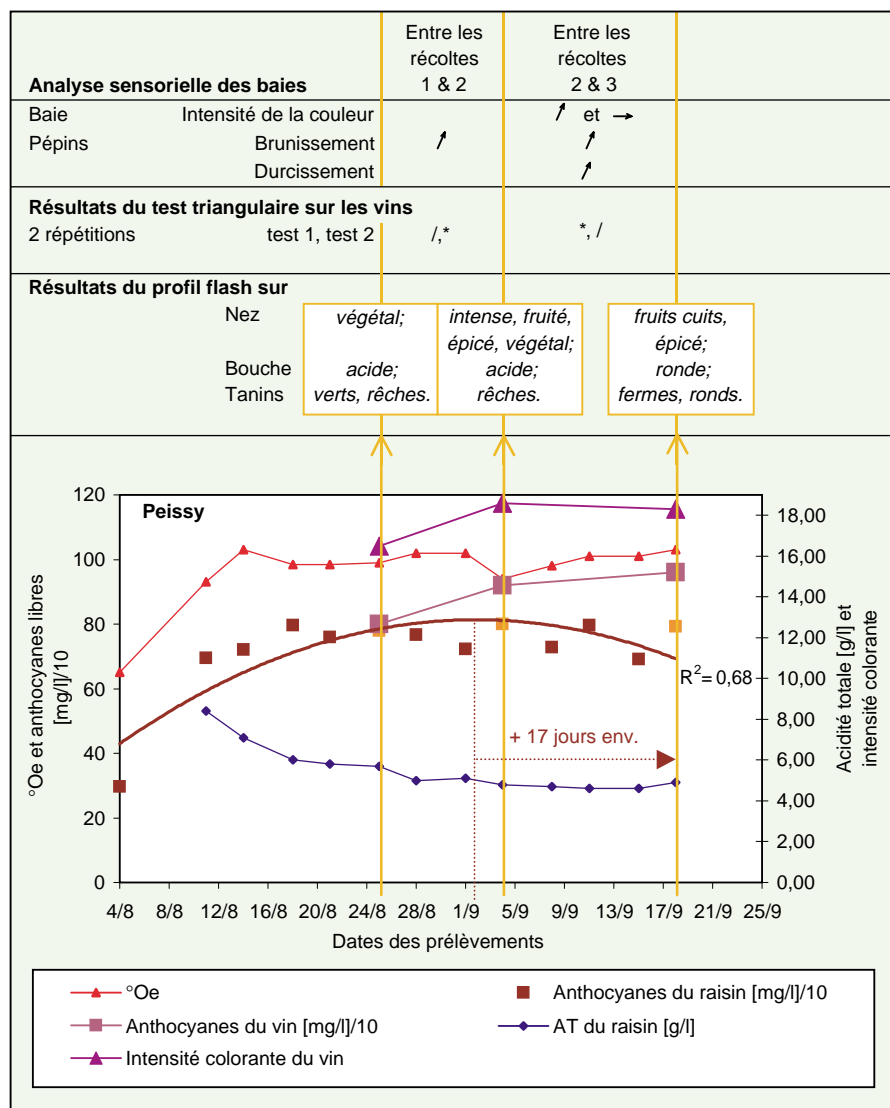


Fig. 1. Suivis de maturation des raisins prélevés du 4 août au 18 septembre 2003 et analyses des vins issus de trois dates de récolte (25.08.03, 04.09.03, 18.09.03) sur la parcelle de Peissy (GE). Les résultats d'analyses chimiques des raisins et des vins (sucres, acidité totale, anthocyanes libres, intensité colorante) sont présentés sur le graphique. Les résultats d'analyses sensorielles (baies, tests triangulaires et profils flash sur les vins) sont présentés dans la partie supérieure de la figure. Les trois récoltes sont indiquées par des séparations verticales. Pour l'analyse sensorielle des baies, seuls les descripteurs susceptibles de montrer une différence significative entre les dates de récolte sont pris en compte. L'évolution du paramètre est précisée par: ↗ = augmentation; → = stabilisation; ↘ = diminution. Les tests triangulaires sur les vins pour discriminer les dates de récolte sont répétés deux fois (test 1 et test 2). Pour chaque répétition, le degré de signification de la différence perçue est précisé par un astérisque: * = significatif; ** = très significatif; *** = hautement significatif; / = non significatif. Les résultats du profil flash de la parcelle sont présentés à l'aide des descripteurs qui ont permis de différencier la date de récolte concernée des autres. La variante présentant le vin le plus harmonieux a été récoltée 17 jours après le maximum anthocyanique.

fléchissement début septembre. **Analyse sensorielle des baies:** la faible fluctuation des paramètres rend difficiles les observations sensorielles des baies. Toutefois, l'intensité de la couleur est jugée en augmentation après la deuxième récolte, période durant laquelle le fléchissement de la courbe d'évolution des anthocyanes est amorcé. L'intensité de la couleur se stabilise alors que cette courbe s'abaisse. Durant cette même période, une modification de la consistance des pépins est notée. **Analyse chimique des vins:** les paramètres «anthocyanes libres» et «intensité colorante» sont les plus élevés pour la dernière date de récolte (troisième vendange). **Tests triangulaires:** des différences entre les vins des trois récoltes sont difficiles à constater. **Profil flash:** un bouquet mûr, fruité et épicé, sans note végétale, des tanins fermes, enrobés et de la rondeur caractérisent le vin de la troisième date de récolte par rapport aux deux autres. Un décalage de 12 jours est observé entre la concentration en sucres et en acidité que l'on pourrait qualifier d'optimale dès le 18 août et le fléchissement de la courbe des anthocyanes. Un écart de 17 jours existe entre le début du fléchissement de cette courbe et la troisième récolte, à l'origine du vin le plus harmonieux.

Romanel-sur-Morges (VD)

Les résultats sont présentés dans la figure 2.

Sucres et acidité: l'évolution des paramètres physiologiques se stabilise dès début septembre: la concentration en sucres de la dernière récolte (25 septembre) était déjà acquise le 28 août et l'acidité totale ne se modifie plus dès le 4 septembre. La teneur en acidité totale de ce site dépasse de 1 à 1,7 g/l la moyenne des parcelles, tout au long de la campagne. Le pH est inférieur de 0,2 à 0,4 point par rapport aux autres parcelles. **Anthocyanes:** une courbe en cloche proche du modèle théorique peut être observée ($R^2 = 0,90$). La concentration apparente en anthocyanes libres, plus élevée que sur les autres parcelles, est influencée par le pH. Rappelons que la forme colorée de l'anthocyane (oxonium) est favorisée par la présence de protons (H^+). **Analyse sensorielle des baies:** la fermeté des baies diminue régulièrement. Le flétrissement augmente significativement entre la première et la troisième vendange. La couleur augmente entre la première et la deuxième et encore entre la deuxième et la troisième vendange, puis chute entre la troi-

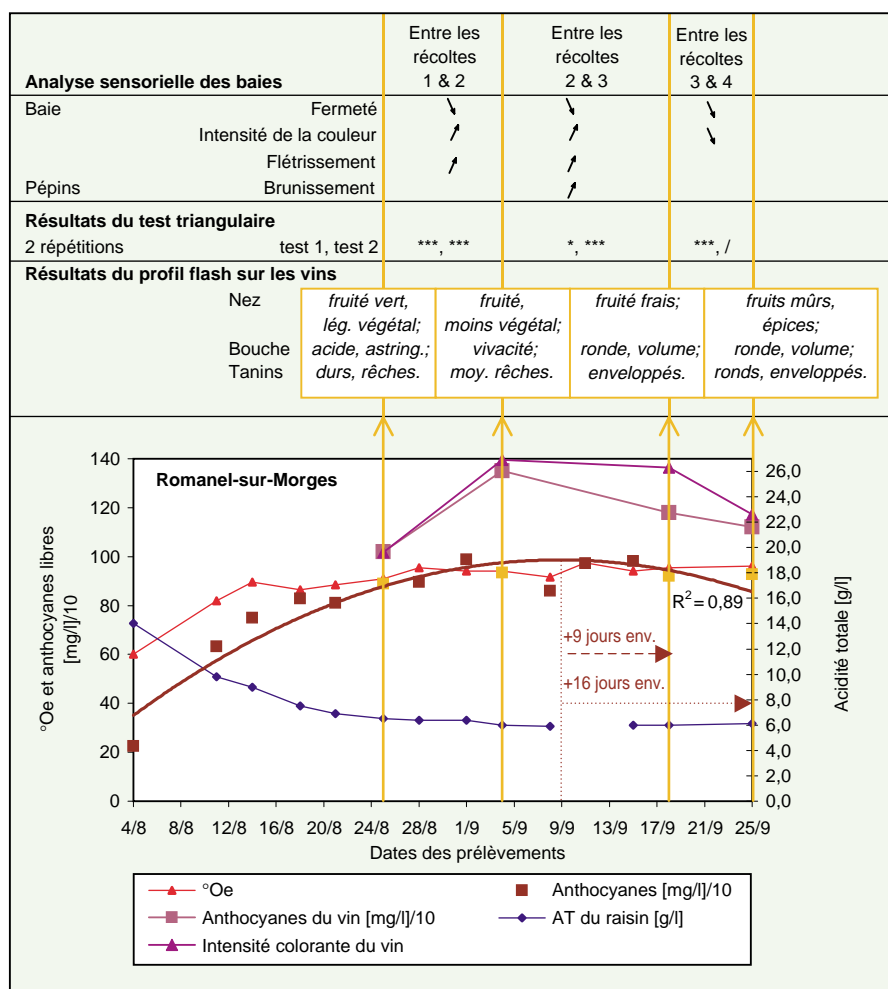


Fig. 2. Suivis de maturation des raisins prélevés du 4 août au 25 septembre 2003 et analyses des vins issus de quatre dates de récolte (25.08.03, 04.09.03, 18.09.03, 25.09.03) sur la parcelle de **Romanel-sur-Morges (VD)**. Les résultats d'analyses chimiques des raisins et des vins (sucres, acidité totale, anthocyanes libres, intensité colorante) sont présentés sur le graphique. Les résultats d'analyses sensorielles (baies, tests triangulaires et profils flash sur les vins) sont présentés dans la partie supérieure de la figure. Les quatre récoltes sont indiquées par des séparations verticales. Pour l'analyse sensorielle des baies, seuls les descripteurs susceptibles de montrer une différence significative entre les dates de récolte sont pris en compte. L'évolution du paramètre est précisée par: ↗ = augmentation; → = stabilisation; ↘ = diminution. Les tests triangulaires sur les vins pour discriminer les dates de récolte sont répétés deux fois (test 1 et test 2). Pour chaque répétition, le degré de signification de la différence perçue est précisé par un astérisque: * = significatif; ** = très significatif; *** = hautement significatif; / = non significatif. Les résultats du profil flash de la parcelle sont présentés à l'aide des descripteurs qui ont permis de différencier la date de récolte concernée des autres. Les vins des deux dernières variantes se distinguent par plus de volume, de rondeur et par des tanins enrobés, avec une plus grande complexité pour la dernière récolte. Elles ont été vendangées respectivement neuf et seize jours après le maximum anthocyanique.

sième et la quatrième vendange. L'intensité de la couleur des baies augmente tandis que la courbe d'accumulation anthocyanique atteint son maximum et amorce une diminution. Puis les deux paramètres diminuent. **Analyse chimique des vins:** la variante la plus riche en couleur provient de la deuxième vendange. Elle précède le maximum anthocyanique observé sur le raisin à l'aide de la courbe de tendance. **Tests triangulaires:** la signification des différences entre dates diminue avec la tardiveté de la vendange. **Profil flash:** la première récolte s'oppose totalement à la troisième et surtout à la quatrième:

au nez, par ses notes fruitées vertes et, en bouche, par l'acidité et l'astringence. Le vin de la deuxième récolte fait la transition entre ces deux extrêmes. Le vin de la quatrième récolte offre un nez plus complexe. Le délai entre le maximum anthocyanique du raisin et les variantes moins «vertes» et plus complexes est de neuf jours pour la troisième récolte et de 16 jours pour la quatrième. Cette parcelle, conduite selon les principes de la biodynamie, se démarque des autres par une évolution comparable de la cinétique d'accumulation anthocyanique du raisin et des teneurs en anthocyanes libres des vins.

Valeyres-sous-Rances (VD)

Les résultats sont présentés dans la figure 3.

Sucres et acidité: la progression des sucres et la diminution de l'acidité sont visibles tout au long de la campagne. Très légère fluctuation de l'acidité depuis le 4 septembre alors que les sucres

continuent leur ascension. **Anthocyanes:** courbe de tendance ($R^2 = 0,85$) en cloche, proche du modèle théorique avec un maximum entre le 8 et le 11 septembre. **Analyse sensorielle des baies:** la lente augmentation de la sucrosité confirme les mesures réfractométriques. Amélioration significative entre la deuxième et la troisième vendange des paramètres «arôme et concentra-

tion de la pulpe» et «arôme, amertume et qualité de l'astringence de la pellicule». La couleur augmente entre la deuxième et la troisième récolte, tandis que la courbe de tendance du suivi des anthocyanes libres passe par le maximum et amorce la diminution. **Analyse chimique des vins:** le vin le plus riche en couleur est issu de la dernière récolte (troisième vendange). **Tests triangulaires:** la signification des différences entre dates diminue avec la tardiveté de la vendange. **Profil flash:** le vin de la première récolte s'oppose totalement à celui de la troisième: au nez, par ses notes végétales et, en bouche, par l'acidité et l'astringence. Le vin de la deuxième récolte fait la transition entre eux. Ce vin représente assez précisément l'intermédiaire au niveau de la bouche (acidité, rondeur et volume médians, tanins entre la rêcheur et l'enrobé), alors qu'il se démarque au nez par des notes assez complexes, mêlant un peu de végétal, du fruité et de l'épicé. Le vin de la troisième récolte se caractérise par un bouquet fruité, des fruits mûrs et par une bouche comportant rondeur, volume et chaleur ainsi que des tanins fermes et enveloppés.

Un délai de dix jours environ existe entre le maximum anthocyanique du raisin et la vendange du vin le plus harmonieux. Une quatrième récolte le 25 septembre aurait été intéressante dans ce cas.

Vollèges (VS)

Les résultats sont présentés dans la figure 4.

Sucres et acidité: les teneurs en sucres progressent lentement et régulièrement, pour atteindre 102 °Oe le 25 septembre; l'acidité diminue progressivement et se stabilise dès le 15 septembre. **Anthocyanes:** la courbe en cloche est proche du modèle théorique ($R^2 = 0,91$). Pas de corrélation entre l'évolution des paramètres classiques et celle des anthocyanes libres du raisin: le maximum anthocyanique précède de 16 jours environ la période à laquelle l'acidité se stabilise et la concentration en sucres atteint un niveau maximal. **Analyse sensorielle des baies:** une augmentation de l'intensité de la couleur est signalée jusqu'à la troisième récolte, où s'amorce le fléchissement de la courbe de tendance anthocyanique. Ce paramètre visuel se stabilise tandis que la courbe continue sa chute. La couleur des pépins confirme le changement qui s'opère à cette période avec un brunissement significatif. **Analyse chimique des vins:** la couleur la plus forte est mesurée dans la dernière variante ré-

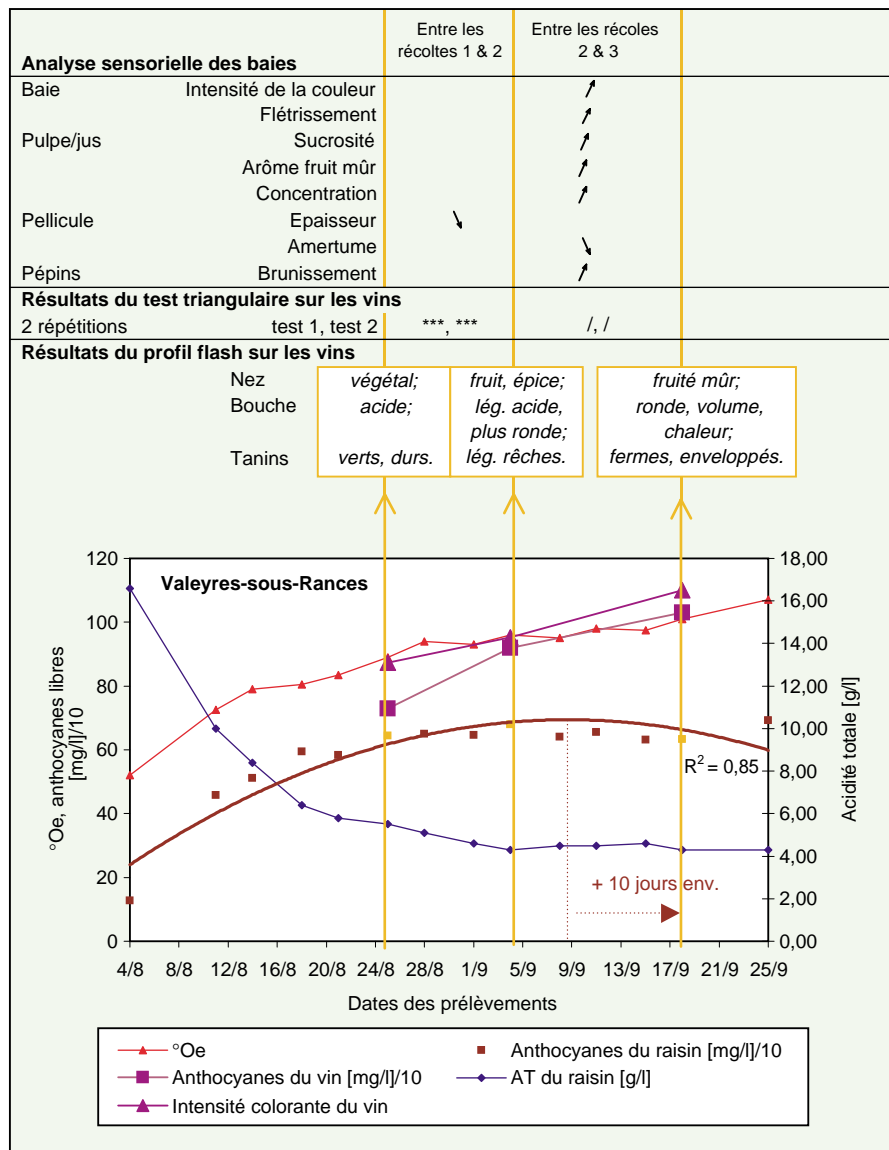


Fig. 3. Suivis de maturation des raisins prélevés du 4 août au 25 septembre 2003 et analyses des vins issus de trois dates de récolte (25.08.03, 04.09.03, 18.09.03) sur la parcelle de **Valeyres-sous-Rances (VD)**. Les résultats d'analyses chimiques des raisins et des vins (sucres, acidité totale, anthocyanes libres, intensité colorante) sont présentés sur le graphique. Les résultats d'analyses sensorielles (baies, tests triangulaires et profils flash sur les vins) sont présentés dans la partie supérieure de la figure. Les trois récoltes sont indiquées par des séparations verticales. Pour l'analyse sensorielle des baies, seuls les descripteurs susceptibles de montrer une différence significative entre les dates de récolte sont pris en compte. L'évolution du paramètre est précisée par: ↗ = augmentation; → = stabilisation; ↘ = diminution. Les tests triangulaires sur les vins pour discriminer les dates de récolte sont répétés deux fois (test 1 et test 2). Pour chaque répétition, le degré de signification de la différence perçue est précisé par un astérisque: * = significatif; ** = très significatif; *** = hautement significatif; / = non significatif. Les résultats du profil flash de la parcelle sont présentés à l'aide de descripteurs qui ont permis de différencier la date de récolte concernée des autres. La variante présentant le vin le plus harmonieux a été récoltée dix jours après le maximum anthocyanique. Une variante supplémentaire le 25 septembre aurait été intéressante, au vu de la progression nette des °Oe entre le 18 et le 25 septembre.

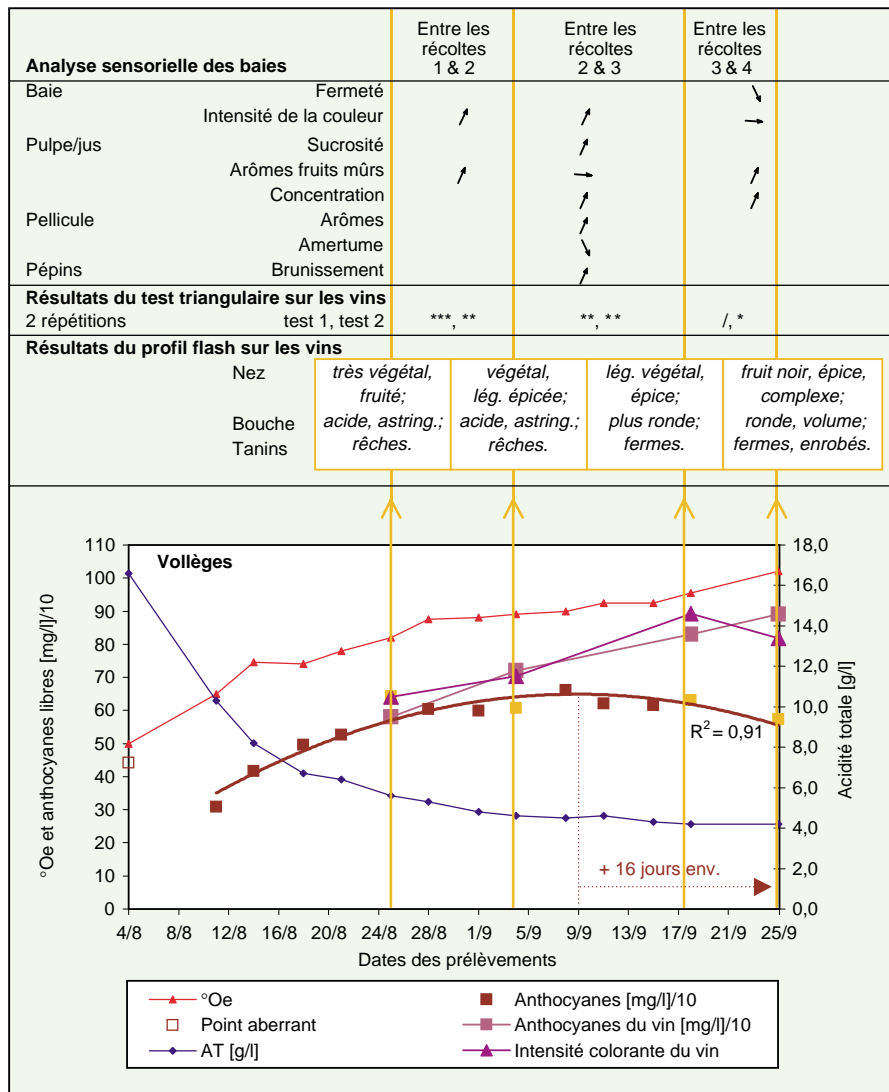


Fig. 4. Suivis de maturation des raisins prélevés du 4 août au 25 septembre 2003 et analyses des vins issus de quatre dates de récolte (25.08.03, 04.09.03, 18.09.03, 25.09.04) sur la parcelle de **Vollèges (VS)**. Les résultats d'analyses chimiques des raisins et des vins (sucres, acidité totale, anthocyanes libres, intensité colorante) sont présentés sur le graphique. Les résultats d'analyses sensorielles (baies, tests triangulaires et profils flash sur les vins) sont présentés dans la partie supérieure de la figure. Les quatre récoltes sont indiquées par des séparations verticales. Pour l'analyse sensorielle des baies, seuls les descripteurs susceptibles de montrer une différence significative entre les dates de récolte sont pris en compte. L'évolution du paramètre est précisée par: ↗ = augmentation; → = stabilisation; ↘ = diminution. Les tests triangulaires sur les vins pour discriminer les dates de récolte sont répétés deux fois (test 1 et test 2). Pour chaque répétition, le degré de signification de la différence perçue est précisé par un astérisque: * = significatif; ** = très significatif; *** = hautement significatif; / = non significatif. Les résultats du profil flash de la parcelle sont présentés à l'aide des descripteurs qui ont permis de différencier la date de récolte concernée des autres. La variante avec le vin le plus complexe et le plus harmonieux en bouche a été récoltée 16 jours après le maximum anthocyanique.

coltée (quatrième vendange). L'intensité colorante diminue en revanche légèrement par rapport à la variante cueillie une semaine plus tôt (troisième vendange). **Tests triangulaires:** la signification des différences entre dates diminue avec la tardiveté de la vendange. **Profil flash:** le vin de la première récolte se distingue au nez par des notes végétales, herbacées et fruitées. En bouche, il est décrit comme acide, avec des tanins astringents et rêches. Le vin de la deuxième récolte tend à être moins

végétal, acide et astringent. Le vin de la troisième récolte poursuit cette tendance au profit de notes épicées et d'une certaine rondeur. Le vin de la quatrième récolte se démarque enfin nettement par sa place dans la zone du fruité mûr, de l'épicé, de la rondeur, du volume et des tanins fermes et enrobés. Un délai de 16 jours existe entre le début du fléchissement de la courbe anthocyanique et le vin avec le bouquet le plus complexe et la bouche la plus harmonieuse (quatrième récolte). L'opti-

imum de maturité phénolique est atteint en même temps que la maturité physiologique (sucres, acidité).

Cette parcelle est située en altitude (750 m), particularité qui a très probablement contribué à la maturation optimale des différents composés durant cette année 2003 particulièrement chaude et sèche.

Conclusions préliminaires

Il serait hasardeux de tirer des conclusions hâtives alors que ce travail est dans sa phase d'acquisition de données. Toutefois, les éléments suivants peuvent être observés:

- ❑ La méthode ITV de suivi de la maturation phénolique par l'analyse des anthocyanes libres est fiable et répétable en laboratoire. La fréquence des prélèvements influence la pertinence de la courbe de tendance.
- ❑ Des quinze parcelles suivies, cinq ont une courbe de tendance dont le coefficient de détermination est inférieur à 0,8 (compris entre 0,6 et 0,8).
- ❑ Des corrélations entre paramètres physiologiques (sucres, acidité totale) et phénoliques (anthocyanes libres) n'ont pas pu être mises en évidence.
- ❑ L'analyse sensorielle des baies ainsi que la méthode du profil flash offrent des indications pertinentes pour compléter l'interprétation des courbes de maturation phénolique.
- ❑ Une concordance semble se dessiner entre la courbe d'accumulation anthocyanique du raisin (méthode chimique) et le paramètre «intensité de la couleur de la baie» (méthode sensorielle): à la période qui entoure le maximum de la courbe anthocyanique correspond une augmentation visuelle de l'intensité de la couleur des baies.
- ❑ Le vin des variantes tardives a systématiquement été positionné comme étant le plus complexe au bouquet et le plus harmonieux en bouche. Pour trois des quatre parcelles, cette dernière récolte est effectuée 16 à 17 jours après que la courbe de tendance de l'accumulation anthocyanique dans les raisins a atteint son maximum.
- ❑ L'acquisition de références au cours des prochains millésimes est nécessaire pour confirmer les tendances esquissées.

Remerciements

Nos chaleureux remerciements vont à tous les collaborateurs et collaboratrices ainsi qu'aux partenaires sans qui aucun résultat n'aurait pu voir le jour. Ce projet est cofinancé par le fonds de la réserve stratégique de la HES-SO, l'École d'Ingénieurs de Changins ainsi que par les producteurs et propriétaires des parcelles (par ordre alphabétique): la Station fédérale de recherches agronomiques Agroscope RAC Changins, Didier Badan pour l'Association viticole d'Ollon, Louis-Philippe BURGAT, Jean-Daniel Chervet, Henri Cousin, Jean-Charles Crousaz, Michel et Raoul Cruchon, Jean-René Germanier, Michel Hostettler, Philippe Rojard pour Uvavins SA, Schenk Rolle SA, Jean-Daniel Schlaepfer et Gérard Pillon, Station cantonale de viticulture et œnologie du canton de Genève, Philippe Villard, Domaine de la Ville de Neuchâtel.

Bibliographie

- CARBONNEAU A., MOUEIX A., LECLAIR N., RENOUX J.-L., 1991. Proposition d'une méthode de prélèvement des raisins à partir de l'analyse de l'hétérogénéité de maturation sur un cep. *Bulletin de l'OIV* **727-728**, 679-690.
- DELARUE J., SIEFFERMANN J.-M., 2004. Sensory mapping using Flash profile. Comparison with a conventional descriptive method for the evaluation of the flavour of fruit dairy products. *Food Quality and Preference* **15**, 383-392.
- GUYOT CH., DUPRAZ Ph., 2003. Déguster les baies pour suivre la maturité du raisin. *Objectif* **59**, 9-11.
- ITV, 1995. Méthodologie d'évaluation qualitative des raisins, richesse polyphénolique des raisins. Station régionale Midi-Pyrénées, Gaillac, France, 10 p.
- ITV, 1998. Journée Technique Cinquantenaire ITV, composés phénoliques. Station régionale Midi-Pyrénées, Gaillac, France, 65 p.
- DE MONTMOLLIN S., DUPRAZ Ph., 2003. Analyse de méthodes pour le suivi de la maturation phénolique des raisins de cépages rouges: essais préliminaires. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **35** (5), 311-316.
- RIBÉREAU-GAYON P., GLORIES Y., MAUJEAN A., DUBOURDIEU D., 1998. Chapitre 6. In: *Traité d'œnologie*. Tome 2, Ed. Dunod, Paris, 216-217.
- SIEFFERMANN J.-M., 2002. Flash profiling. A new method of sensory descriptive analysis. In: AIFST 35th Convention, July 21-24, Sydney, Australia.
- ROUSSEAU J., DELTEIL D., 2000. Présentation d'une méthode d'analyse sensorielle des raisins. Principe, méthode et grille d'interprétation. *Revue française d'œnologie* **183**, 10-13.

Summary

Monitoring of red grape varieties maturation: first step Gamaret

Monitoring of usual maturation parameters (sugar content, total acidity) as well as of phenolic compounds is achieved during 2003 on fifteen plots throughout the French speaking part of Switzerland. In four of them berries are subject to sensory analysis and vinification at three to four successive harvest dates. Chemical and sensory analyses are carried out on each wine after eight months of aging. Flash profiling is used to determine the influence of berries ripening state on organoleptic characteristics of the wines. This method will help to clarify their sensory position compared to the measures obtained along maturation. During ripening, no relation is found between usual parameters and phenolic compounds evolution. Flash profiling designates the wines issued from the latest harvests as more complex and more harmonious, although technical ripeness (sugar content, acidity) was obtained much earlier. In three cases, a period of 16 to 17 days separated the time when phenolic compounds maturation curve reached a maximum and the harvest date of the most harmonious wines. Additional references should be gathered to confirm these trends.

Key words: ripening, maturation, phenolic compounds, anthocyanin.

Zusammenfassung

Verfolgen der Reifung von Trauben von roten Rebsorten: 1. Phase Gamaret

Das Verfolgen des technischen und phenolischen Reifungsprozesses ist in der Westschweiz während des Jahrganges 2003 in einem Netz von fünfzehn Parzellen ausgeführt worden. In vier Parzellen derselben sind die sensorische Entwicklung der Traubenbeeren während der Reifung sowie die Weinzubereitung in fortlaufenden Erntedaten geprüft worden. Chemische und sensorische Analysen sind in den Weinen dieser vier Parzellen nach einem achtmonatigen Weinausbau gemacht worden. Der Einfluss der Traubenreife auf das spezifische organoleptische Merkmal des Weines ist anhand von «Flash» Profilen geprüft worden. Diese erlauben klar zu bestimmen wie sich die Weine sensorisch untereinander verhalten. Man kann diese Profile dann mit den Messungen, die während der Traubenreifung gemacht wurden, vergleichen. Korrelationen mit klassischen und polyphenolischen Parametern konnten nicht festgestellt werden. Die «Flash» Profile zeigen jedoch dass die Weine, die aus den späteren Leseguten bereitet wurden, ein reichere Bouquet haben und harmonischer im Gaumen sind, obwohl die technische Reifung (Zuckergehalt und Säure) in jeder Variante vorher erreicht wurde. In drei Fällen, 16 bis 17 Tage trennen den Zeitpunkten zwischen dem Maximum an Anreicherung von Anthocyanen und der Erntedaten, die den harmonischsten Wein ergeben. Zusätzliche Referenzen sind nötig um die beobachteten Tendenzen zu bestätigen.

Riassunto

Controllo della maturazione delle uve di viti rosse: prima parte Gamaret

Il controllo della maturazione tecnica e fenolica è effettuato nel corso del 2003 su una rete di quindici particelle di Gamaret nella Svizzera occidentale. Su quattro di queste, l'uva è stata analizzata sensorialmente e vinificata in periodi di raccolto successivi. Le analisi sensoriali e chimiche sono realizzate sui vini di ogni particella dopo otto mesi d'allevamento. L'influenza dello stato di maturità dell'uva sulle caratteristiche organoleptiche dei vini ottenuti è verificata con dei «profili flash», che permettono di chiarire le loro caratteristiche sensoriali e di discutere le misure effettuate durante la maturazione dell'uva. Correlazioni tra parametri classici e polifenoli non hanno potuto essere dimostrate. In compenso, i profili flash indicano i vini derivati dalle ultime date di raccolto come più complessi al naso e più armoniosi in bocca benché la maturità tecnica (zucchero ed acidità) sia stata spesso raggiunta prima. In tre casi, 16 a 17 giorni separano il periodo del massimo antocianico nell'uva e la raccolta che dà il vino più armonioso. Studi supplementari sono necessari per confermare le tendenze osservate.



Le professionnel à votre service
Pépinières viticoles J.-J. Dutruy & Fils
Un savoir-faire de qualité

Plantation à la machine • Alignement au laser • Production de porte-greffes certifiés • Nouveaux clones
 Jean-Jacques DUTRUY & Fils à FOUNEX-Village VD • Tél. 022 776 54 02 • E-mail: dutruy@latreille.ch



GIGANDET SA 1853 YVORNE

Atelier mécanique

Tél. 024 466 13 83

Machines viticoles, vinicoles et agricoles

Fax 024 466 43 41

Votre spécialiste VASLIN-BUCHER depuis plus de 30 ans

**VENTE
SERVICE**

**RÉPARATION
RÉVISION**

**NOUVEAU
PRESOIR
PNEUMATIQUE
5 hl
X Pro 5**



**Pressoirs
Pompes**



**Egrappoirs
Fouloirs**

Réception pour vendange

Tonnellerie Vernou



**Fûts – Feuillettes
Barriques**

*Chêne français, américain,
d'Europe centrale*

50 - 90 - 110 - 114 - 225 - 300 - 400 - 500 litres

Distributeur exclusif

LABORATOIRE D'ANALYSES ŒNOLOGIQUES

Philippe Métral – 1958 Saint-Léonard/VS



TÉL. 027 203 48 21
FAX 027 203 72 03
NATEL 079 221 18 21

- Expérience
- Qualité
- Analyses
- Produits œnologiques



Nouveautés de l'Ecole d'ingénieurs de Changins

Directeur: Jean-Philippe Mayor

www.eichangins.ch

Partenaire de la
Hes·SO
Haute Ecole Spécialisée
de Suisse occidentale

Nouvelle formation modulaire à l'Ecole spécialisée de Changins: qu'en est-il des employeurs?

Nouvelle formation...: offre aux employeurs

La nouvelle formation en viticulture, œnologie et arboriculture de l'Ecole spécialisée de Changins est entrée en vigueur en janvier 2003. Sa principale nouveauté réside dans le découpage de l'apprentissage professionnel en modules autonomes.

Comme tout changement, la réforme engagée implique des choix dont certains peuvent être mal perçus ou incompris s'ils ne sont pas suffisamment expliqués.

Des employeurs de nos étudiant(e)s nous ont fait part de leurs interrogations, voire de leur mécontentement, vis-à-vis des conséquences de la formation modulaire. Parmi celles-ci figurent notamment l'allongement de la durée totale des études ainsi que l'irrégularité de la disponibilité des étudiant(e)s en cours d'emploi pour leur employeur.

Sans minimiser les remarques reçues, nous voulons donner ici quelques explications permettant de mieux saisir la réforme mise en place.

Les modèles de formation évoluent à l'instar de toute la société. Les demandes se diversifient et les personnes en réorientation professionnelle sont de plus en plus nombreuses. Le système de formation professionnelle classique, avec des cours à plein temps dans le schéma «CFC-Brevet-Maîtrise», est devenu trop rigide. Un nombre croissant de personnes, compte tenu de leur âge ou de leur parcours professionnel, ne peuvent plus consacrer une année et demie à une formation sans activité rémunératrice.

Nous sommes partis de ce constat et de la réforme qu'il appelait pour repenser l'ensemble de la formation.

Le système modulaire mis en place poursuit les buts suivants:

- Améliorer l'enseignement en visant davantage l'acquisition de compétences professionnelles, en opposition au savoir théorique. Cet aspect implique des modifications importantes au niveau des travaux pratiques, mais c'est surtout dans l'évaluation (examens) des compétences acquises que le changement est le plus important.
- Renforcer les compétences professionnelles en faisant coïncider chronologiquement l'enseignement pratique et théorique avec l'actualité des activités au vignoble, en cave ou au verger. Il est, par exemple, plus profitable d'apprendre à maîtriser les vers de la grappe sur le terrain en juin et juillet lors d'un cours bloc, qu'en salle de cours au mois de décembre à raison de deux heures par semaine.
- Permettre aux personnes de se former à leur rythme en ne leur imposant pas obligatoirement une formation complète, mais en mettant à leur disposition une offre de modules de formation qu'il est possible d'étaler dans la durée.
- Donner la possibilité aux personnes de se former en cours d'emploi, ce qui offre les deux avantages suivants: une meilleure acquisition des compétences grâce à la simultanéité des expériences pratiques et/ou la poursuite d'une activité lucrative en cas de réorientation professionnelle.
- Mettre à la disposition des ancien(ne)s diplômé(e)s de l'Ecole spécialisée certains modules à titre de formation continue.

Pour atteindre ces objectifs, nous avons voulu qu'un(e) étudiant(e) ayant choisi une double formation (Viticulture-Œnologie ou Viticulture-Arboriculture) ne soit que rarement astreint(e) à plus de trois jours de cours par semaine. Même si le nombre d'heures de cours n'a pratiquement pas changé par rapport au système précédent, ceci implique effectivement que les études s'étalent sur une plus longue période qu'auparavant. Le système antérieur permettait d'accomplir une double formation en 18 mois à plein temps, alors qu'il faut compter actuellement entre 30 et 36 mois (selon les modules à option choisis) pour acquérir un double diplôme de l'ES. Nous pensons que c'est l'effort à fournir pour posséder une formation qui soit plus ancrée dans la pratique. Pour les candidat(e)s visant uniquement les Brevets fédéraux, les modules obligatoires peuvent être réalisés en 24 mois.

L'Ecole spécialisée a pour mandat de former des chefs de culture ou des chefs d'équipe; c'est le niveau exigé par la Confédération puisque celle-ci reconnaît à l'EIC la compétence de préparer des candidat(e)s aux Brevets fédéraux de viticulteurs, d'arboriculteurs et de cavistes. Ces postes demandent aujourd'hui des compétences nombreuses et variées sur les plans théorique, pratique et organisationnel. Comparé aux modalités d'accès au Brevet dans d'autres branches professionnelles, nous pensons que notre nouveau système correspond aux exigences sans entraîner des charges inconsidérées pour les étudiant(e)s et leurs employeurs.

Nous tenons néanmoins à garder un contact étroit ainsi qu'à rester en dialogue avec les employeurs, qui sont nos partenaires indispensables dans la formation professionnelle. Si cela devait rejoindre le désir d'un nombre suffisant d'entre eux, nous serions disposés à organiser une rencontre avec les personnes concernées au cours de laquelle nous pourrions présenter cette nouvelle formation et accueillir leurs remarques et suggestions. Nous prions donc les employeurs intéressés de remplir le coupon-réponse ci-dessous.

Philippe Dupraz, doyen

Etes-vous intéressé(e) par une séance d'information sur la nouvelle formation modulaire qui pourrait avoir lieu fin octobre 2004? Si oui, merci de nous retourner le coupon ci-dessous.

Vous pouvez également vous pré-inscrire par e-mail auprès de: office@eic.vd.ch, par téléphone au ++41 22 363 40 50 ou par fax au ++41 22 363 40 70. Merci.

Nom: _____

Prénom: _____

Adresse: _____

N° postal: _____ Localité: _____

Tél.: _____ Fax: _____

E-mail: _____

Les trois levures de Wädenswil: une success story

Schweiz. Z. Obst-Weinbau **139** (18), 6-8, 2003

Trois levures en vente sur le marché ont été isolées à la Station de recherches de Wädenswil, Lalvin W15 en 1997, Lalvin W27 en 1980 et Lalvin W46 en 1995. Les levures de Wädenswil peuvent faire fermenter des vins blancs à 10, 15, 20 et 25 °C sans sucre résiduel. Les vins blancs qui ont fermenté à 15-20 °C sont jugés les meilleurs. La production de glycérine et d'acide succinique augmente généralement avec la température. Les vins ensemencés avec la levure Lalvin W15 ont comparativement jusqu'à 1 g/l d'acide succinique et 3 g/l de glycérine de plus que les autres. Plusieurs qualités dues à l'effet de cette levure les caractérisent: un très faible développement du goût de bock, une sédimentation rapide de la levure, une hausse de température et une production d'acide acétique très faibles. Les trois levures isolées à Wädenswil n'ont pas d'effet négatif sur la fermentation malolactique. Leur résistance à l'alcool est élevée, des vins ont pu déjà fermenter jusqu'à un volume de 16% d'alcool.

Klaus Sutterlin, Petra Hoffmann-Boller, Daniel Baumgartner, Jürg Gafner, FAW

Etude comparative de systèmes: production de pommes intégrée et biologique

1. Mesures phytosanitaires

Schweiz. Z. Obst-Weinbau **139** (21), 9-13, 2003

En réponse à l'intérêt accru pour la production de pommes biologique dans les années nonante, la Station fédérale de Wädenswil (FAW) a lancé en 1993, en collaboration avec l'Institut de recherche pour l'agriculture biologique, un essai comparatif des deux méthodes de culture PI et bio. A cause des importants dégâts provoqués par la grêle en 1994, l'installation expérimentale a dû être replantée en 1995. Les arbres ont été arrachés en automne 2002 et les résultats des dernières analyses de la qualité des fruits sont encore à l'étude.

La première publication présentée ici traite des mesures phytosanitaires. Il s'est avéré qu'il était plus difficile de réguler les populations d'acarien rouge avec les méthodes bio qu'avec les méthodes PI. La tavelure et les maladies de conservation ont posé des problèmes avec la culture bio. Les études ont montré que la production de fruits conformes aux exigences du marché représente un véritable défi dans notre contexte climatique avec l'arsenal de produits auxiliaires biologiques dont nous disposons actuellement. La proportion généralement un peu plus élevée de pertes de fruits en production bio par les ravageurs confirme cette impression.

Mathias Zürcher, Werner Siegfried, Mirjam Sacchelli, Heinrich Höhn, Alfred Husistein, Lukas Bertschinger, FAW

«Réparation» d'arrêts de fermentation par des levures

Schweiz. Z. Obst-Weinbau **139** (22), 4-7, 2003

Le changement du rapport glucose/fructose (RGF) est souvent la cause d'arrêts de la fermentation dans les exploitations viticoles. Dans le moût, avant le début de la fermentation, le RGF est d'environ 1, il y a donc à peu près

la même quantité de glucose que de fructose dans le raisin mûr. Comme la levure *Saccharomyces cerevisiae* consomme plus de glucose que de fructose (elle est glucophile), le RGF baisse au courant de la fermentation. Au-dessous d'une valeur de 0,2, *S. cerevisiae* ne peut plus continuer la fermentation dans des conditions optimales. Nos expériences ont montré que la levure fructophile *Candida stellata* permet de reprendre une fermentation arrêtée, car cette levure fructophile consomme plus de fructose que de glucose.

Naomi A. Porret, Patrick Coreth, Petra Hoffmann-Boller, Daniel Baumgartner, Jürg Gafner, FAW

Influence de la charge sur la qualité des pommes pour Gala et Elstar

Schweiz. Z. Obst-Weinbau **139** (22), 8-12, 2003

Le travail consistait à mettre au point les paramètres d'une charge optimale (fruits/cm² de section du tronc) comme base d'une production régulière et conforme au marché de fruits de qualité des variétés Gala, Elstar et Golden Delicious.

Les paramètres qualitatifs pris en considération portaient sur des critères internes (fermeté de la chair, teneur en sucre et en acidité, sels minéraux) et sur l'aspect extérieur (calibrage des fruits en fonction de la taille et de la couleur).

Plus la charge est importante, plus la taille des fruits et leur teneur en sucre diminuent. Pour les variétés Gala et Elstar, une charge de plus de onze fruits/cm² a donné de bons résultats avec plus de 90% de 1^{er} choix. Mais les valeurs en degrés Brix exigées par le commerce n'ont en partie pas été atteintes, surtout pour la variété Gala, lorsque la production excédait 60 t/ha. En revanche, la plage des mesures pratiquées dans le cadre du présent essai n'a pas permis d'établir un lien statistiquement assuré entre la charge spécifique et la fermeté de la chair des fruits.

Les procédés avec une faible charge de moins de huit fruits/m² sont économiquement parlant inintéressants.

En plus d'une rentabilité à l'hectare amoindrie, on constate aussi une sensibilité accrue de l'arbre aux perturbations physiologiques.

L'approche consistant à déterminer la charge optimale en termes de quantité de fruits/cm² de section du tronc soulève des interrogations, étant donné qu'avec le vieillissement d'un sujet, le rapport entre volume de la couronne et section du tronc se modifie de manière significative. La charge optimale dépend donc de la variété, du porte-greffe, de l'emplacement et des conditions climatiques durant la période végétative, ainsi que de l'âge de l'arbre.

Julia Angstl, Fachhochschule Weihenstephan (D), Albert Widmer, Walter Stadler, FAW

Monilia fructicola, nouvel organisme de quarantaine en Europe, menace-t-il aussi l'arboriculture suisse?

Schweiz. Z. Obst-Weinbau **139** (23), 4-6, 2003

Les premiers spécimens de *Monilia fructicola*, jusqu'alors inconnu en Europe, ont été repérés en 2001 dans des plantations de fruits à noyau en France, puis en 2002 en Autriche. Afin d'évaluer le risque d'une éventuelle introduction en Suisse, le Service fédéral de la protection des plantes et l'Inspectorat phytosanitaire ont décidé, à

l'instigation d'un canton romand, de faire analyser des échantillons de fruits à noyau importés au laboratoire de diagnostic de la Station fédérale de Wädenswil (FAW), en vue du dépistage éventuel de M. fructicola. Parallèlement, une étude a été menée sur les espèces de Monilia établies dans les plantations fruitières, les vergers et les arbres des champs.

Des spécimens de Monilia isolés sur des fruits importés et suisses ont été identifiés au moyen de la méthode PCR provenant de la biologie moléculaire. Dans cinq échantillons de produits importés sur 42, la présence de Monilia fructicola a pu être confirmée. Dans les vergers de fruits à noyau suisses, ce parasite ne semble pas encore s'être établi. Mais ce résultat est à considérer avec prudence, compte tenu des très faibles populations de Monilia recensées en 2003 en raison de la grande sécheresse. Le Service fédéral de la protection des plantes et l'Inspectorat phytosanitaire vont analyser la situation sur le plan international lorsque les résultats des études menées cette année seront disponibles, avant de décider des prochaines démarches à envisager.

Hans-Jakob Schärer, Elisabeth Bosshard,
Maja Hilber-Bodmer, FAW

Optimisation de la qualité lors de la préparation du vin de glace

Schweiz. Z. Obst-Weinbau **139** (24), 10-12, 2003

La fermentation du vin de glace (Eiswein) ou d'autres vins de dessert représente un véritable défi pour la levure à cause de la teneur élevée en sucre des moûts concernés. Les sucres sont des substances à effet osmotique qui «aspirent» l'eau de la cellule de levure. Pour se protéger contre le stress osmotique, la levure produit de la glycérine. Plus le stress est grand et plus la teneur en glycérine augmente dans le vin, mais en même temps, la levure du vin accroit aussi sa production d'acide acétique.

Des essais de fermentation avec les levures sélectionnées W15 et W27 de Wädenswil ont montré que la W15 présentait des propriétés idéales pour la fermentation de moûts à teneur élevée en sucre. A des températures de fermentation situées entre 20 et 25 °C, les valeurs d'acide acétique étaient très basses.

Klaus Sütterlin, Petra Hoffmann-Boller, Jürg Gafner,
Agroscope FAW Wädenswil

Les fruits étaient-ils vraiment plus riches en éléments nutritifs auparavant?

Agrarforschung **11** (2), 54-59, 2004

Ces dernières années, on a pu lire dans certains journaux que «les fruits et les légumes perdent en qualité nutritionnelle». Cette prétendue diminution a été attribuée à l'intensification de l'agriculture. Sur la base de valeurs issues de trois banques de données différentes, l'évolution, au cours des dernières décennies, des teneurs en neuf minéraux et onze vitamines présents dans les cinq fruits les plus produits en Suisse a été étudiée. Cette comparaison montre que les changements survenus au cours des 20 à 40 dernières années sont minimes. Une réduction significative du magnésium (-3%) et une augmentation de l'acide folique (168%) et de la vitamine C (19%) ont pu être observées. Ces variations peuvent être dues à des erreurs d'échantillonnage ou d'analyse. La production des fruits a fortement changé pendant les 40 à 50 dernières années. Jusqu'à présent, aucun effet négatif n'a pu être constaté au niveau

de la qualité nutritionnelle des fruits. Dans l'alimentation actuelle, les fruits continuent de fournir des quantités importantes de minéraux et de vitamines.

Ernst Höhn, Ulrich Künsch, Agroscope FAW Wädenswil,
Esther Infanger, Schweizerische Vereinigung für Ernährung,
Bern, Walter Koch, Strickhof Fachstelle Gemüse,
Eschikon-Lindau

Etude comparative de systèmes: production de pommes intégrée et biologique. II^e partie: croissance, rendement, calibre, sol

Schweiz. Z. Obst-Weinbau **140** (3), 6-9, 2004

*Dans une installation expérimentale plantée en automne 1995, des essais comparatifs de production de pommes PI ou bio ont été menés. Cette deuxième publication décrit les résultats techniques de la culture (mesures phytosanitaires I^e partie, cf. SZOW **139** (21), 9-13 2003). Le recouvrement des lignes d'arbres au moyen de feuille plastique a freiné la croissance des arbres, mais il n'y a pas eu de divergences marquées entre les cultures PI et bio. Les rendements obtenus jusqu'à la septième année d'implantation étaient inférieurs de 15% dans la parcelle bio sur la moyenne des quatre variétés testées, surtout à cause d'une plus forte alternance. Le calibre au poids et à la couleur a donné de faibles différences pour la quote-part de 1^{er} choix sur la moyenne des années 1998 à 2002. Les fruits bio avaient tendance à être plus petits. La parcelle bio présentait des valeurs plus élevées pour la plupart des substances nutritives. La teneur en humus et la masse des micro-organismes dans le sol étaient également supérieures.*

Albert Widmer, Alfred Husstein, Lukas Bertschinger,
Agroscope FAW Wädenswil, Franco Weibel,
Andreas Fliessbach, Mélanie Käser, Institut de recherches
en agriculture biologique de Frick

RIMpro – un système de simulation de la tavelure

Schweiz. Z. Obst-Weinbau **140** (4), 6-10, 2004

Dans l'arboriculture, la tavelure est la maladie fongique la plus redoutée. Un programme de simulation de la tavelure appelé RIMpro est censé permettre de lutter de manière ciblée contre les infections les plus graves. Agroscope FAW Wädenswil a conduit les premiers essais avec RIMpro. A la différence des calculs d'infection selon Mills, ce programme prend également en compte le vol potentiel d'ascospores. Les paramètres suivants interviennent dans les calculs d'après ce modèle: température de l'air, humidité atmosphérique relative, précipitations et durée d'humectage des feuilles.

En 2002 et en 2003, on a comparé à Wädenswil et Güttingen le vol effectif d'ascospores, la charge du piège à spores Myco-Trap et le vol simulé de spores selon RIMpro. Les périodes d'infection selon Mills (Smart Graph) et RIMpro ont en outre été comparées.

Les expériences faites jusqu'ici à la FAW ont révélé des différences parfois considérables entre les productions simulée et effective d'ascospores. Même constat pour les périodes d'infection: avec RIMpro, c'est avant tout en fonction du développement des ascospores que se calcule l'infection par la tavelure. Lorsque le modèle ne simule pas de production de spores, aucune infection n'est signalée. Des essais plus poussés devront montrer si RIMpro permet d'optimiser encore les traitements dans les conditions de la pratique.

Mirjam Sacchelli, Werner Siegfried,
Agroscope FAW Wädenswil



VINITECH: du 30 novembre au 3 décembre 2004 à Bordeaux

■ Vinitech 2004

Vinitech, Salon mondial des équipements et techniques de la vigne et du vin, s'annonce comme le rendez-vous incontournable de toute l'activité vitivinicole avec plus de 50 000 visiteurs attendus à Bordeaux. Ce nouveau Vinitech va rassembler sur les 65 000 m² du Parc des Expositions de Bordeaux Lac plus de 1000 marques différentes consacrées aux métiers du vin en amont: 38% des exposants sont du secteur vinicole, 29% du «viticole», 23% de l'emballage et 10% des services. Par ailleurs, à l'heure de l'internationalisation du marché du vin, Vinitech offre aussi une belle vitrine mondiale avec quelque 800 stands internationaux.



■ Mondiaiviti

Vinitech représente une occasion exceptionnelle de connaître les dernières avancées technologiques et d'en discuter avec des experts internationaux. Co-organisées avec l'ITV (Institut des techniques du vin) et en partenariat avec l'OIV (Office international du vin) et l'Union internationale des œnologues, ces conférences attirent un public de plus en plus nombreux. Cette année, les différents thèmes seront répartis en deux colloques scientifiques et une dizaine de conférences techniques.



Les colloques se tiendront sur deux matinées, de 9h à 12h30 au Palais des Congrès de Bordeaux:

- Le **mercredi 1^{er} décembre 2004**, le colloque aura pour thème «**L'optimisation des conditions de mise en œuvre des produits phytosanitaires**».
- Le **jeudi 2 décembre 2004** sera consacré à **l'adaptation de la conduite du vignoble et des vinifications aux conditions climatiques du millésime**.

■ Conférences VINITECH

Parallèlement à Mondiaiviti, les conférences techniques Vinitech se tiendront également durant tout le salon dans le Hall 2 visant à accompagner de façon globale les vignerons dans leur démarche de qualité:

- Des thèmes liés aux **techniques du vin**, comme l'«Etude comparative des performances des bouchons synthétiques, techniques et classiques», «L'actualisation des données sur la clarification des vins» ou «La dissémination des levures dans l'environnement et leur ensemencement».
- Des thèmes en lien avec **l'économie et le marché**, comme «Vin et Santé, Vin et Société, l'harmonisation des pratiques œnologiques internationales, les résultats de l'étude de prospective de la filière».



■ Des excursions dans le vignoble bordelais

Congrès & Expositions de Bordeaux, organisateur de Vinitech, a choisi de renouveler cette offre faite aux visiteurs du Salon: un programme d'excursions dans les plus grandes appellations du Bordelais telles que les Graves, Sauternes, Médoc et Saint-Emilion pour y découvrir un panel de technologies utilisées dans les chais et le vignoble.



Renseignements:

Promosalons (Suisse), General Wille-Str. 15, CH-8002 Zurich,
tél. 044 291 09 22, fax 044 242 28 69, courriel switzerland@promosalons.com
ou Internet www.vinitech-bordeaux.com



Wine PAC de Metrohm Analyses du vin et du moût



Wine Potentiometric Analysis Collection est une collection d'informations pour le praticien dans le domaine de l'industrie des boissons.

Classeur d'applications avec 25 méthodes, prenant en considération des normes internationales pour l'analyse des moûts et des vins en provenance de l'Union européenne, d'Australie et de Nouvelle Zélande, d'Israël, de la Suisse, de l'Afrique du Sud, d'Amérique du sud et des Etats Unis.

Une carte mémoire SRAM pour charger des méthodes complètes, selon le titreur à disposition.

Deux CD-ROMs avec des versions de démonstration des programmes: Metrodata VESUV, TiNet, VA Database, IC Net etc., des Bulletins d'application, toutes les méthodes, paramètres et courbes de titrage inclus, ainsi que des exemples d'analyses sur les thèmes suivants:

- Valeur pH
- Acide total titrable
- Acide sulfureux libre
- Acide sulfureux total
- Acides volatiles
- Acide restant
- Acide ascorbique (vitamine C)
- Sucre réducteur
- Acide carbonique (CO₂)
- Cendres et alcalinité des cendres
- Calcium et magnésium
- Chlorure
- Phosphore total
- Sulfate
- Na, NH₄, K, F, alcool

Toutes les méthodes peuvent être utilisées comme SOPs (Standard Operating Procedures) par votre laboratoire.

Analyses du vin et du moût – tout simplement avec Metrohm

Information de commande:
Wine PAC 6.6043.002 (français)

 **Metrohm**
Analyse des ions

Metrohm SA
CH-9101 Herisau/Suisse
Tél. +41 71 353 85 85
Fax +41 71 353 89 01
www.metrohm.com
info@metrohm.com



Bischof & Partner

76 degrés. Une performance respectable.



NEW HOLLAND

Nos plus petits tracteurs sont les plus grands! Les tracteurs **NEW HOLLAND TNN** et **TNV** pour la viticulture et l'arboriculture séduisent par leurs dimensions compactes, un équipement riche et leur cabine entièrement climatisée. Leur énorme force de levage permet l'utilisation sans problème des outils de travail les plus lourds. **Le petit NEW HOLLAND TNN** vous assure une puissance et une maniabilité exemplaires dans les plus petits espaces grâce à son réglage électronique de relevage, son système de traction intégrale automatique, sa boîte à vitesses Dual-Command avec inverseur sous charge et son essieu avant exclusif SuperSteer. **Quant à notre plus petit, le tracteur viticole TNV**, il reste l'un des plus performants dans les petits espaces avec sa largeur hors-tout de 1 mètre seulement ainsi que son système hydraulique avec Lift-o-matic et un grand choix de boîtes à vitesses. C'est pourquoi vous devriez nous appeler sans détour pour faire un essai. **Téléphone 024 425 71 35.**

BUCHER

Le partenariat à valeur ajoutée.

Bucher Technique agricole SA 1401 Yverdon-les-Bains
Téléphone 024 425 71 35 www.bucher-goldclub.ch



6 sens pour votre réussite

Erbslöh-

Partenaire Leader
en biotechnologie!

Nouveau! Découvrez
l'Erbslöh Taste Scout 24/7 sur:
www.erbsloeh.com

Levures Oenoferm[®], enzymes Trenolin[®], activateurs de fermentation Vitamon[®], ferments malolactiques BioStart[®] et naturellement les produits connus de la Most-Vinifikation - vous connaissez bien les produits éprouvés d'Erbslöh. Faites connaissance avec nos innovations :

Oenoferm[®] PinoType **nouveau**
Les levures pour des Pinots à profil moderne

VitaFerm **nouveau**
Le complexe de nutriments parfait pour
l'alimentation optimale des levures

Trenolin[®] Mash DF **nouveau**
Complexe d'enzymes pour la MashZeration
des moûts blancs

BioStart[®] Bianco SK3 **nouveau**
Les ferments malolactiques spécialement sélectionnés
pour l'amélioration de la structure des vins blancs

Importateur pour la Suisse:

Köppel

Köppel Lebensmitteltechnologie • Neuwiesstrasse 3a
8572 Berg / Thurgau • Tél.: 0 71 6 38 03 33
E-Mail: info@koepfel-berg.ch • www.koepfel-berg.ch

Représentant pour la Suisse romande et Tessin:
P. Doria oenologue • 1262 Eysins
Tél.: 0 79 6 08 09 03 • E-Mail: pdoria@dplanet.ch


ÉTUDE DES TERROIRS VITICOLES VAUDOIS



Etude des terroirs viticoles vaudois

1. Méthodologie, organisation, perspectives

F. MURISIER, Agroscope RAC Changins, Centre viticole du Caudoz, CH-1009 Pully
C. BRIGUET, Prométerre, CH-1006 Lausanne

 E-mail: francois.murisier@rac.admin.ch
Tél. (+41) 21 72 11 560.

Introduction

A l'heure où l'ouverture du marché des vins tend à se généraliser, la plupart des régions viticoles s'interrogent sur la manière d'orienter leur production. Le vignoble suisse n'échappe pas à cette réflexion.

La mise en valeur des terroirs est un moyen d'exprimer l'originalité d'une région. Cette méthode a été largement utilisée par le passé et fait aujourd'hui encore la force de certains vins d'appellation d'origine. Des associations «sol-climat-cépage» ont fini par s'affirmer avec le temps et par se fonder dans une appellation géographique. L'expérience montre qu'il ne suffit pas de diviser les vignobles en appellations géographiques pour leur donner une notoriété. Celle-ci est le plus souvent antérieure à la dénomination d'origine et provient essentiellement d'une qualité des vins reconnue et confirmée au cours du temps. L'étude scientifique des terroirs intéresse actuellement de nombreuses régions viticoles, en particulier celles qui n'ont pas encore de système de classification des vignobles.

Le terroir est généralement défini comme l'aire viticole dont les caractéristiques pédoclimatiques et géographiques permettent de produire des vins reconnaissables et distincts de ceux issus d'autres provenances. Quels que soient les objectifs visés, la connaissance de la valeur des différents terroirs est très importante. Son analyse est toutefois extrêmement complexe, les facteurs naturels susceptibles d'influencer la qualité des vins étant nombreux. Des études faites ces dernières années, il ressort qu'un facteur pris isolément ne suffit pas à expliquer la valeur d'un terroir. Il faut au contraire intégrer plusieurs paramètres liés au sol, au climat et à la topographie. Il existe aujourd'hui des moyens informatiques très puissants capables d'intégrer ces divers para-

mètres. De nombreuses approches de caractérisation des terroirs ont été entreprises à ce jour, en particulier en France (VAN LEEUWEN *et al.*, 2002).

Avant d'entreprendre l'étude des terroirs du canton de Vaud, nous avons analysé les méthodes et les résultats obtenus dans les différentes régions concernées. Il apparaît que la méthode choisie dépend beaucoup de la situation et des objectifs visés et qu'une méthode utilisée dans une région ne peut pas être appliquée telle quelle dans une autre. Les objectifs recherchés dans l'étude des terroirs viticoles vaudois étaient de trouver une méthode applicable aux différentes régions viticoles du canton, de constituer un outil de travail utilisable au niveau du vigneron, d'une cave, d'une région ou du canton et de créer une base de données capable de recevoir l'ensemble des informations recueillies.

Le projet a été réalisé par l'Association pour l'étude des terroirs viticoles vaudois en collaboration avec plusieurs partenaires. Il a démarré en novembre 2000 et s'est terminé à fin avril 2004. La réalisation du projet a été possible grâce au financement de la Confédération (Commission pour la technologie et l'innovation) et des viticulteurs vaudois.

Méthodologie et organisation du projet

Dans les études de terroirs réalisées jusqu'ici, il est rare que soient intégrés à la fois les différents aspects liés au sol, au climat et au comportement de la plante. Dans un thème aussi complexe qui fait intervenir une multitude de facteurs, il a paru important de mettre en œuvre, dès le départ, des compétences multiples qu'on peut réunir seulement en associant plusieurs partenaires. Cette manière de procéder a offert des complémentarités et des synergies déjà en cours d'étude.

Ainsi, par exemple, l'étude du comportement de la plante entreprise dès le départ du projet a influencé et conforté les méthodes de caractérisation des sols, en particulier dans l'appréciation de leur réserve hydrique.

L'étude des sols s'est appuyée sur la géologie et la pédologie, en visant essentiellement à comprendre le fonctionnement des sols et en prenant largement en compte les connaissances du vigneron. Ce dernier a été largement intégré dans la démarche de caractérisation des sols (LETESSIER et FERMOND, 2004).

La caractérisation du climat a été faite à la fois en mettant en valeur les nombreuses données existantes et en utilisant la modélisation. Celle-ci a permis d'intégrer des facteurs essentiels tels que la température, le rayonnement solaire et la protection face aux vents dominants. Un indice climatique global intégrant différents facteurs a été mis au point (PYTHOUD, 2004).

L'étude du comportement de la plante a été faite sur un réseau d'une cinquantaine de parcelles de Chasselas réparties dans quatre zones pilotes du canton. La très bonne corrélation entre le comportement de la plante (croissance, poids des baies, accumulation des sucres) et la réserve hydrique des sols permet d'affirmer que la méthode utilisée pour caractériser les sols est pertinente. La mise en relation des stades phénologiques de la vigne (comme le débourrement) avec les entités climatiques identifiées par l'étude des terroirs a donné des résultats encourageants (ZUFFEREY et MURISIER, 2004).

Enfin, le volet informatique de l'étude assuré par l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne comporte deux éléments importants: la base de données capable d'accueillir toutes les informations enregistrées dans le projet et le système d'information géographique (SIG) qui permet, entre autres, de représenter cartographiquement toute information géographique numérisée.

Terroirs viticoles vaudois

Résultats et documents réalisés

L'ensemble des résultats est présenté sous la forme d'une série de documents à l'intention des vigneron, services de vulgarisation, écoles de viticulture, organisations et institutions viticoles. Ce sont:

- ▶ des cartes des sols viticoles, grand format, pour chacun des secteurs étudiés dans le canton (17 cartes au total)
- ▶ un rapport géo-pédologique pour chaque secteur comprenant un condensé de géologie viticole appliquée, ainsi que le détail des unités de sol du secteur considéré (14 rapports)
- ▶ un dossier de seize cartes climatiques pour chacun des quatorze secteurs avec un texte explicatif vulgarisé (14 dossiers différents)
- ▶ le rapport de l'étude physiologique sur le comportement de la vigne pour les quatre zones pilotes étudiées durant les trois millésimes du projet (2001 à 2003)
- ▶ un CD-Rom par secteur contenant l'ensemble des documents cités précédemment.

Enfin, une version simplifiée des cartes pédologiques et climatiques pourra être consultée sur le site Internet de l'Etat de Vaud (www.geoplanet.ch).

Les trois publications qui suivent cette présentation (LETESSIER et FERMOND, 2004; PYTHOUD, 2004; ZUFFEREY et MURISIER, 2004) donnent une vision synthétique des principaux résultats obtenus.

Un outil pour le vigneron

Un des objectifs de l'étude des terroirs était de donner au vigneron un outil d'orientation et d'aide à la décision. Le vigneron va chercher à tirer le meilleur profit possible de ses sols et du climat. Le choix des techniques culturales (alimentation de la vigne, couverture des sols, systèmes de conduite) va influencer directement le comportement de la vigne et la qualité de ses produits.

La caractérisation des sols et des climats ne vise pas, en premier lieu, à établir un ordre hiérarchique de la qualité des terroirs. Elle permet, par contre, de les différencier et d'identifier leurs points faibles et leurs points forts. Le rôle capital du vigneron consiste à appliquer les techniques qui limitent les points faibles et valorisent les points forts. Par exemple, dans les sols à grand



Comment caractériser un terroir? Ici, le vignoble du Nord vaudois.

réservoir hydrique propice à la croissance végétative continue, le choix d'une technique appropriée d'enherbement des sols peut limiter l'approvisionnement en eau de la plante et favoriser la maturation du raisin. A l'inverse, on réduira au minimum la concurrence de la couverture herbeuse dans les sols à petit réservoir en eau.

Les grandes différences climatiques observées durant la période d'étude du comportement de la plante (années 2001 très humide et 2003 très sèche) ont montré que les points faibles d'un terroir pouvaient se transformer en facteurs de qualité dans une année particulière. Ainsi, en 2003, les sols à grand réservoir ont permis à la vigne d'éviter de subir un stress hydrique trop marqué. La caractéristique des grands terroirs viticoles est de donner des vins de qualité quelles que soient les conditions climatiques du millésime. Ces grands terroirs ont en particulier la capacité de limiter à la fois les effets des excès et des manques d'eau. Cette aptitude à réguler l'alimentation hydrique apparaît comme le principal facteur qualitatif d'un terroir.

Perspectives

L'étude des terroirs viticoles s'inscrit dans une dynamique à long terme. Il est envisagé actuellement de poursuivre le projet dans deux directions. La première consiste à étudier l'adaptation des cépages aux différents terroirs du vignoble vaudois. Pour cela, un réseau de plus de cent vingt parcelles a été implanté en 2003 avec différents cépages rouges et blancs répartis dans les principaux types de sols. Le suivi de ces

parcelles, qui ira jusqu'à la vinification, commencera en 2006 et devrait permettre d'établir des cartes de recommandations pour l'encépagement du vignoble. La deuxième orientation a pour objectif la création d'un réseau viticole interactif en profitant des énormes possibilités offertes aujourd'hui par le Web. Le développement d'un site Internet interactif au service des entreprises vitivinicoles du canton permettra de collecter une quantité importante d'informations techniques au niveau des entreprises ou des parcelles viticoles. La mise en valeur de ces données au moyen d'outils performants (SIG) permettra d'établir des relations intéressantes soit pour le producteur, soit pour l'ensemble d'une région. Il devrait être possible de relier, par exemple, des facteurs qualitatifs du raisin comme la teneur en sucre ou le taux de pourriture avec le type de sol ou une technique culturale utilisée.

Bibliographie

- LETESSIER I., FERMOND C., 2004. Etude des terroirs viticoles vaudois: caractérisation des sols. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **36** (4), 4-10.
- PYTHOUD K., 2004. Etude des terroirs viticoles vaudois: modélisation des paramètres climatiques. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **36** (4), 10-14.
- VAN LEEUWEN C., CHERY Ph., ROBY J.-Ph., PERNET D., GOUTOULY J.-P., GAUDILLÈRE J.-P., 2002. Méthodologies pour étudier le sol en vue d'un zonage viticole. In: *Proceedings IV^e Symposium international sur le zonage vitivinicole*, Tome I, 17-20 juin 2002, Avignon, France, 179-191.
- ZUFFEREY V., MURISIER F., 2004. Etude des terroirs viticoles vaudois: comportement physiologique et agronomique de la vigne. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **36** (4), 14-20.

Etude des terroirs viticoles vaudois

2. Caractérisation des sols

Isabelle LETESSIER et C. FERMOND, Bureau d'études SIGALES, FR-38410 Saint-Martin-d'Uriage

Summary

Study of wine-growing land («terroirs») characteristics in the canton of Vaud (Switzerland): characterisation of the soils

A cartographical method and tools to conserve and represent practically the data, adapted and accepted by the potential users has been developed and validated for the viticultural area of the canton of Vaud. This soil characterisation aims to define the different soils in the vineyards of the canton of Vaud, to bring a pertinent map at a mean scale and keys to refine the reflection at the plot level. A validation of the selected choices has been performed in parallel, thanks to the study of the plant (cv. Chasselas) realised by Agroscope Changins.

Key words: wine-growing land, «terroirs», characterisation of soils, cartographical method.

Introduction

L'étude qui a été conduite dans le vignoble vaudois reprend, en l'affinant sensiblement, un protocole mis au point depuis de nombreuses années dans le vignoble du Languedoc et des Côtes-du-Rhône. Sa particularité est d'inclure l'expérience des vignerons dans l'interprétation cartographique des observations. Ce volet consacré plus particulièrement à la compréhension et à la cartographie des sols est indissociable de ceux traités en parallèle par l'EPFL (base de données, climat) et par Agroscope RAC Changins (plante et synthèse). Le tout a été mené dans un réel esprit pluridisciplinaire.

Quatre zones pilotes ont été étudiées dans un premier temps pour la mise au point des méthodes et outils. Les résultats ont ensuite été appliqués à l'ensemble du vignoble vaudois, découpé pour l'occasion en quatorze secteurs regroupant une ou plusieurs appellations contiguës.

L'objectif visé est de fournir une typologie complète des sols et une synthèse pertinente au niveau cantonal. La réalité du terrain montre une très forte variabilité des horizons profonds souvent masquée par un horizon de surface fortement modifié par l'homme. Le choix a été fait d'une prospection de moyenne précision complétée par une solide action de sensibilisation et de formation qui permet au viticulteur de franchir lui-même la distance qui demeure entre la représentation cartographique et ses propres parcelles.

Rappelons que plus de 80% des sols viticoles vaudois présentent, à un degré ou à un autre, des stigmates du dernier passage glaciaire. La roche-mère qui contient les éléments du futur sol est donc particulièrement changeante et l'expression de cette roche, qui se transforme progressivement en sol, est elle aussi régie par les conditions particulières propres aux vignobles de reliefs accidentés: pentes soutenues, terrasses, remaniements, circulations latérales internes des eaux issues des reliefs dominants.

Méthodologie

Déroulement des études de secteurs (fig.1)

Etape 1: préparation et reconnaissance

Synthèse et analyse des documents disponibles, cartes géologiques, coupes, sondages à la tarière et profils existants, stéréophotographies aériennes infrarouges au 1/10 000^e. Campagne de prospection à la tarière (un sondage pour 2,5 ha en moyenne, soit une précision de moyenne échelle: 1/15 000^e environ). Préparation des minutes de terrain, de la légende et des documents supports de la première réunion avec les viticulteurs.

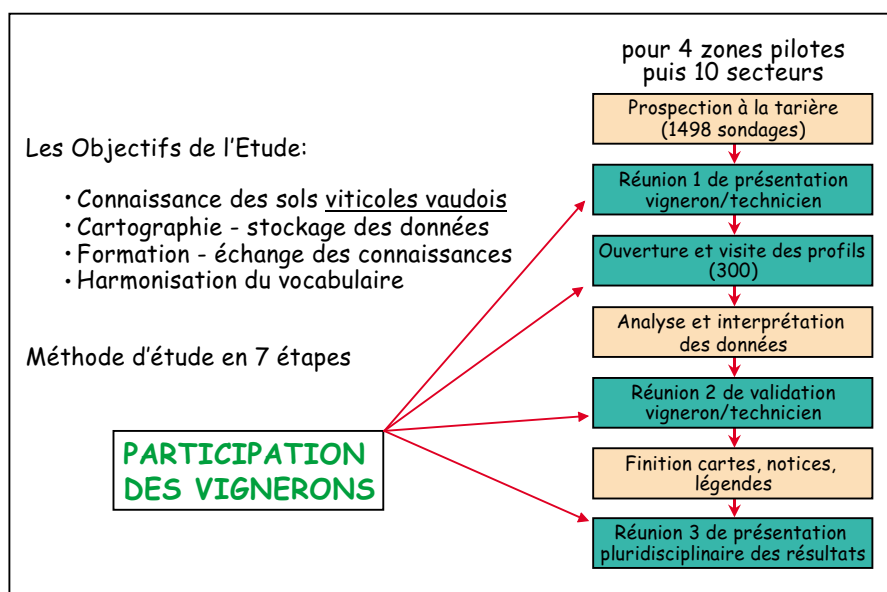


Fig. 1. Les sept grandes étapes des différentes phases d'acquisition et de traitement de l'information.

Terroirs viticoles vaudois

Étapes 2, 3 et 4: acquisition et mise en ordre des observations

Première réunion avec les viticulteurs: présentation et choix des emplacements des profils à creuser après étude de la première minute de carte.

Ouverture des profils par les vignerons, description et analyse des profils, prélèvements pour analyse.

Visites de terrain sur les profils les plus représentatifs, avec les viticulteurs et des conseillers. Apprentissage de la lecture d'un profil, évaluation du réservoir, comparaison de sols différents représentatifs de l'appellation.

Numérisation de la carte provisoire, rédaction de la légende, renseignement de la base de données: saisie des observations, édition des fiches de profils, des fiches d'unités, des schémas et des graphiques hydriques et racinaires.

Étape 5: validation et corrections

Séance de validation: explications, présentations, puis validation ou correction des unités de sols et des limites des unités avec les viticulteurs (trois à quatre heures).

Étapes 6 et 7: saisie, stockage et synthèse

Prise en compte des modifications et remarques dans l'élaboration de la carte, édition définitive des fiches de profils et des cartes, rédaction du rapport d'accompagnement.

Pour les quatorze secteurs, une présentation finale plus formelle de l'étude pluridisciplinaire complète a conclu provisoirement l'aventure.

Investigations et outils utilisés

Prospection

L'étude pédologique a été réalisée sur la base de 1400 sondages à la tarière, 300 profils et plus de 60 réunions de travail autour des cartes ou des profils. Les profils et analyses réalisés antérieurement ont été intégrés lors de la synthèse.

Base de données

La base de données a été conçue et progressivement mise au point par la chaire de SIRS de l'EPFL pour stocker les observations, mais aussi restituer les informations sous forme de fiches illustrées. Elle peut être mise en relation avec les étiquettes présentes sur les cartes. Cet outil ainsi que les fiches de saisie manuelles utilisées sur le terrain sont d'usage et d'adaptation faciles après une prise en main rapide. La base de données contient ainsi beaucoup plus d'informations sous forme codifiée que les fiches de restitution proprement dites. Les normes de codification ont été reprises en grande partie du Guide de description des sols (BAIZE et JABIOL, 1995), les listes de choix étant adaptées au contexte cantonal sans rechercher l'exhaustivité.

Cartographie et légende

Lorsque l'on parle de sols viticoles, il est indispensable d'ajouter à la description traditionnelle de type agronomique une brève caractérisation de la roche-mère à l'origine du sol, puisque les racines de la vigne plongent très souvent dans ces horizons de roche-mère.

Un type de légende original a été conçu qui contient l'essentiel des informations que l'on désire visualiser sur la carte, soit:

- L'origine géologique des sols, simple, ou parfois rendue complexe par la superposition de matériaux différents (/ = «sur autre roche-mère», < = «sous autre roche-mère»).
- Le degré d'évolution du sol dans ce contexte de roches initialement toujours calcaires (de 0, pour les REGOSOLS de roche brute à peine transformée, à 6, pour les LUVISOLS les plus évolués qui sont acides et lessivés, c'est-à-dire sensiblement plus argileux en profondeur qu'en surface).
- La profondeur moyenne d'enracinement, paramètre essentiel mais certainement le plus délicat à estimer (six classes).
- Et enfin, le degré éventuel d'excès d'eau (quatre classes de gravité croissante).

Chaque combinaison (étiquette de la carte) permet de prévoir un profil modal de l'unité de sol, mais aussi de comprendre les causes et l'amplitude de la variabilité des différents paramètres sensibles, comme ceux qui permettent de calculer par exemple la réserve hydrique (pierrosité et profondeur en particulier). Les nombreux phénomènes difficilement généralisables, très locaux, de transition progressive ou de recouvrement, sont traités par une palette de «variantes» juxtaposées au code.

Ainsi l'étiquette «2135,1 X» peut-elle se lire comme suit: *sol issu de moraine rhodanienne caillouteuse de type latéral (21), calcique (3 = pH neutre et non calcaire sur 60 à 80 cm au moins, accompagné d'un affinage de la tex-*

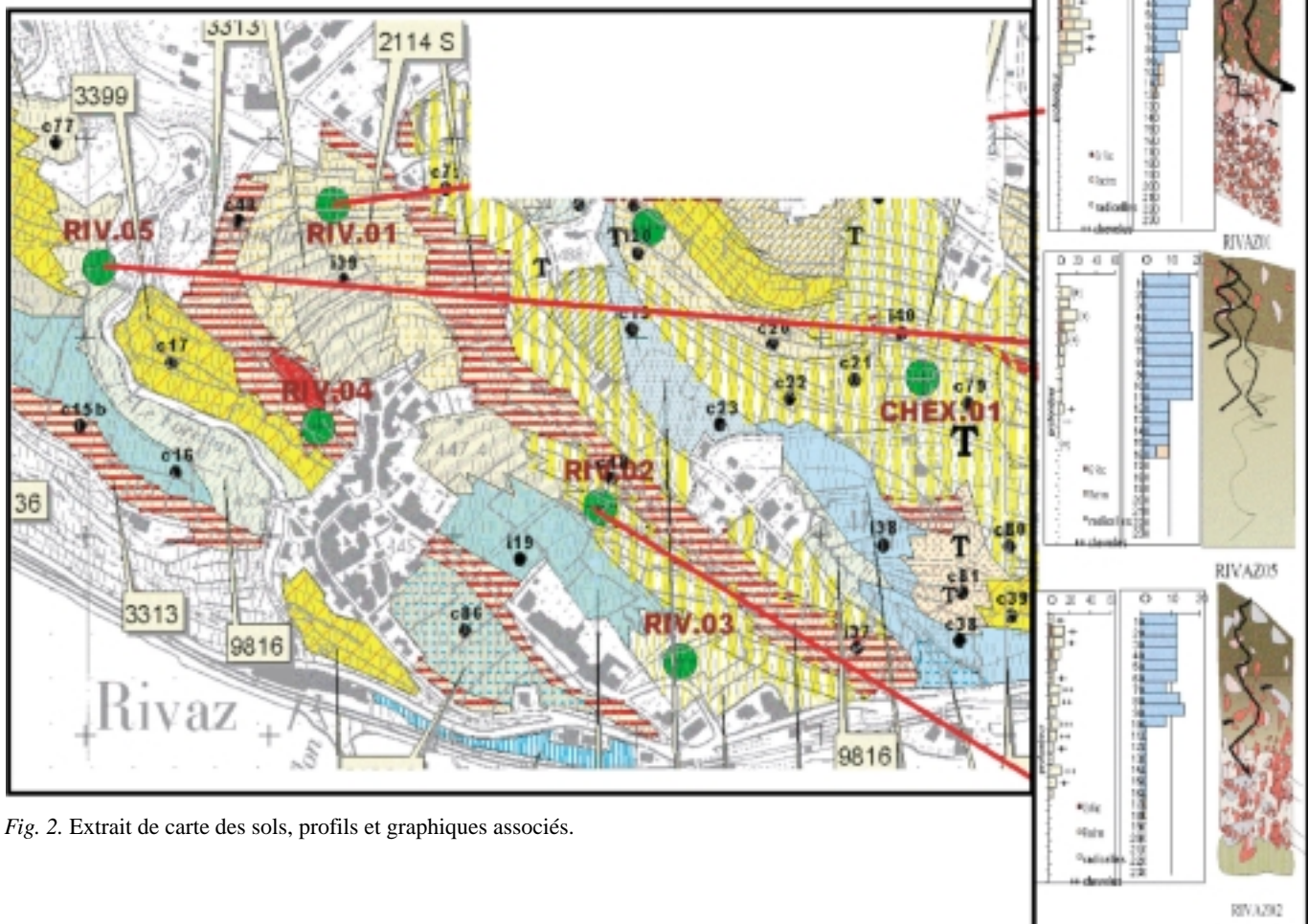


Fig. 2. Extrait de carte des sols, profils et graphiques associés.

Terroirs viticoles vaudois

Paramètres du sol			Paramètres racinaires				Zone de calcul					
Profondeur	Texture	Pierrosité	Gr Ra	Raci-nes	Radi-celles	ch	coef Raci	Coeff. Text.	Réserve utilisable par les racines	Réserve non utilisée	R totale	Cumuls (50 cm)
0-10	lsa	25%					1,00	1,6	12,00	-	12,00	12
10-20	lsa	25%					1,00	1,6	12,00	-	12,00	24
20-30	lsa	25%	8				1,00	1,6	12,00	-	12,00	36
30-40	lsa	20%	6				1,00	1,6	12,80	-	12,80	48,8
40-50	lsa	20%		18	8		1,00	1,6	12,80	-	12,80	62
50-60	lsa	15%		18	8		1,00	1,6	13,60	-	13,60	13,60
60-70	las	15%		2	8		1,00	1,75	14,88	-	14,88	28,475
70-80	las	15%			2		1,00	1,75	14,88	-	14,88	43,35
80-90	las	15%		2	++		1,00	1,75	14,88	-	14,88	58,225
90-100	ls	15%		4	++		1,00	1,2	10,20	-	10,20	68
100-110	s	15%		6	++		1,00	1	8,50	-	8,50	8,5
110-120	ls	50%		7	++		1,00	1,2	6,00	-	6,00	14,5
120-130	s	30%		7	++		1,00	1	7,00	-	7,00	21,5
130-140	sl	50%		7	++		1,00	1,1	5,50	-	5,50	27
140-150	sg	70%		4	+		1,00	0,5	1,50	-	1,50	29
150-160	ls	30%		4	+		1,00	1,2	8,40	-	8,40	8,4
160-170	l	50%		2	(+)		0,50	1,75	4,38	4,38	8,75	12,775
170-180	ls	50%		2	(+)		0,50	1,2	3,00	3,00	6,00	15,775
180-190	Sg	40%					0,10	0,5	0,30	2,70	3,00	16,075
190-200	Sg	10%					-	0,5	-	4,50	-	16
200-210							-	0	-	-	-	-
210-220							-	0	-	-	-	-
220-230							-	0	-	-	-	-

Fig. 3. Feuille de calcul des réserves estimées.

ture dans cet horizon) à *enracinement profond* (5 = 100 à 180 cm), à *circulations d'eau temporaire profondes* (-,1), les variantes X et + précisant dans ce cas: **X un peu plus caillouteux** que l'unité 2135, soit de 25 à 40% de cailloux arrondis de moraine, et + *recarbonatation de l'horizon de surface, sur roche-mère de moraine calcaire et caillouteuse, à matrice en général variable (sableuse à silteuse)*. Pour cet exemple, l'incidence viticole est la suivante: si la réserve hydrique modale de l'unité 2135 est de 180 à 200 mm, celle de cette variante, un peu plus caillouteuse, est de 150 mm seulement.

La carte est numérisée en trois couches d'information (unités de sol, sondages et profils), la couche «unités de sol» étant assortie d'une table qui sépare pour chaque unité cartographique le code d'unité en quatre chiffres, l'hydromorphie et les variantes, le tout étant synthétisé dans une étiquette unique (fig. 2).

Estimation du réservoir hydrique

Dès que l'importance de la notion de réserve hydrique a été confirmée par l'étude de la plante dans le contexte climatique vaudois (ZUFFEREY et MURISIER, 2004), la méthode de représentation imagée des réservoirs hydriques a été automatisée pour pouvoir être facilement et rapidement appliquée aux très nombreux profils ouverts.

Rappels

La variabilité des réserves hydriques des sols viticoles peut s'échelonner entre 40 et 300 mm. Pour prendre en compte cette variabilité, il est préférable de choisir une méthode qui permette de réaliser rapidement un nombre élevé d'observations. Souvent profonds, caillouteux ou rocheux, ces sols se prêtent d'ailleurs mal à des caractérisations précises, qui ne sont évidemment pas exclues.

Un outil de calcul et de représentation rapide a donc été mis au point. Utilisée depuis 1999 dans le cadre des études de terroirs, cette méthode permet une bonne représentation de la notion de réserve hydrique, fon-

damentale dans la compréhension des terroirs viticoles. Accompagnée d'un schéma de description du sol, cette représentation permet de mémoriser facilement des grandes caractéristiques des sols et leur interprétation. Cet outil permet par ailleurs de visualiser rapidement la répartition et la quantité d'eau utile dans le sol.

Le préalable est bien évidemment l'ouverture d'un profil pédologique «en situation», étape dont l'intérêt global en matière d'explication et de raisonnement ne peut être compensé par aucune mesure indirecte.

Principes

Le calcul se fait par tranche fixe de 10 cm pour s'affranchir de la notion d'horizon d'épaisseurs variables et permettre d'intégrer des variations rapides de texture, de pierrosité, etc. (fig. 3).

Pour chaque tranche de sol, il faut noter de façon normalisée la texture, puis le pour-

centage de cailloux et graviers, puis les comptages racinaires et enfin un coefficient de colonisation racinaire.

Le calcul des réserves et la représentation instantanée des graphes racinaires et hydriques se font ensuite automatiquement. La zone orangée du profil hydrique correspond donc à un volume pouvant s'humidifier mais pas colonisé par les racines (fig. 4). Le bleu plus clair peut être affecté aux zones très sableuses (moindres déplacements capillaires). Des figurés peuvent être ajoutés sur la figure pour signaler une difficulté d'interprétation (arrivée d'eau, rocher en plaque, etc.) ou une forte probabilité de poursuite au-delà de la tranche observée.

Remarques

Les causes d'erreurs proviennent plus de l'estimation de la profondeur effectivement utilisée et de l'estimation de la pierrosité que de la précision des coefficients texturaux

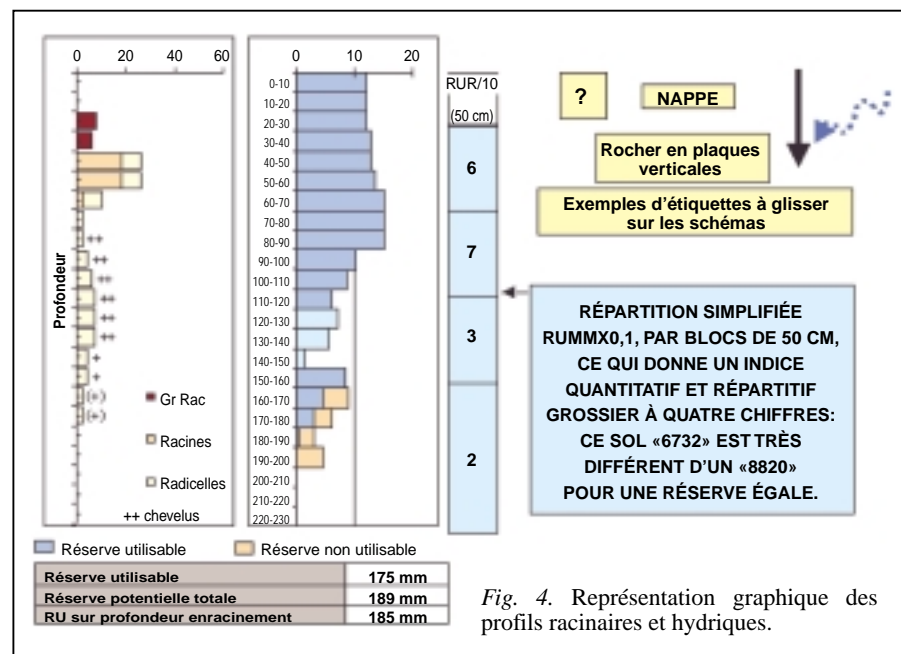


Fig. 4. Représentation graphique des profils racinaires et hydriques.

Terroirs viticoles vaudois

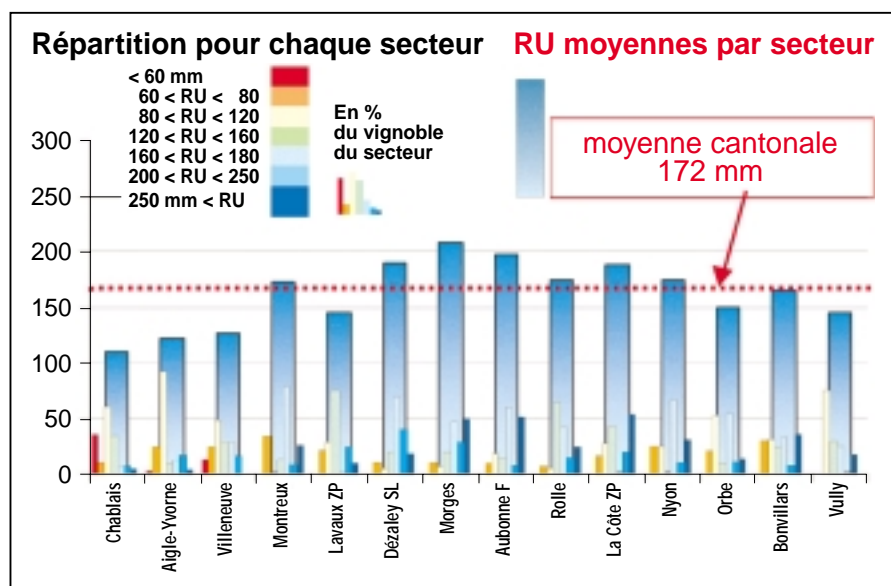


Fig. 5. Moyennes et répartitions en classes de réservoirs par secteur d'étude.

choisis, surtout dans les horizons de forte pierrosité, fréquents dans les sols viticoles. Par exemple: passer de 70 à 90% de cailloux, c'est passer de 30 à 10% de terre fine et diminuer par trois la réserve hydrique!

Le choix est fait de ne pas «arranger» les calculs, mais de se limiter à l'observation et aux calculs standard, sans introduire de coefficients correctifs plus ou moins validés, bien que l'on puisse en imaginer de nombreux. Cette simplicité voulue n'empêche pas de formuler des commentaires et des hypothèses.

Par exemple, la pierrosité peut être poreuse, altérée, ou encore arrangée selon une architecture serrée qui permet un certain stockage de l'eau. Ainsi, le «bulbe» de consommation que l'on peut dessiner autour d'une racine de profondeur est de taille très variable selon la texture et la qualité des enrobages colloïdaux autour des sables ou des éléments grossiers.

Pour les très fortes pierrosités en profondeur à matrice non sableuse, on observe une sous-estimation systématique de la réserve lors des validations par les mesures de potentiel hydrique (ZUFFEREY et MURISIER, 2004) ou plus simplement lors de discussions avec les vignerons. Il est probable que les remontées capillaires à partir de la profondeur s'effectuent sur plusieurs décimètres. La figure 5 donne la moyenne et la répartition en classe des réservoirs pour chaque secteur de l'étude réalisée dans le vignoble vaudois.

Gestion de la réserve et millésime

La représentation simplifiée de la réserve hydrique peut induire un ensemble de raisonnements sur le comportement particulier au cours d'un millésime en termes de stockage hivernal, de recharge par les pluies d'été, de consommation, de contrainte modérée puis forte de façon plus ou moins précoce et sur des durées plus ou moins longues. Ce travail de réflexion est mené de façon bien plus poussée par l'étude de la plante, mais peut être amorcé en réunion de travail et sur le terrain.

Principaux résultats

Unité, originalité, diversité sont les trois mots qui viennent à l'esprit pour caractériser les sols viticoles vaudois. Il est paradoxal mais pas contradictoire de les associer, selon l'échelle de représentation utilisée. L'exercice du changement d'échelle nécessite un apprentissage et une grande modestie. C'est aussi cela qui va restituer sans démagogie au vigneron son rôle central.

Unité: l'origine géologique d'un vignoble modelé par le glacier du Rhône

La toute dernière glaciation du quaternaire, celle de «Würm», voit s'installer sur le canton une langue de glace d'un kilomètre d'épaisseur qui ne s'est retirée que depuis 12 000 ans. Le rôle du glacier du Rhône est fondamental par son empreinte – il a modelé l'ensemble du vignoble vaudois – et bien sûr par ses dépôts, les moraines (plus de 60% des surfaces en vigne dérivent directement de dépôts glaciaires). Selon les roches et les reliefs qu'il a chevauchés, le glacier a déterminé:

- ▶ soit un dépôt assez épais de moraines: dans ce cas, l'influence du sous-sol ancien disparaît et les nuances de la composition morainique prennent toute leur importance;
- ▶ soit un rabotage complet: c'est alors la roche ancienne qui est directement à l'origine des séries de sols. Cette roche est très souvent la molasse tertiaire du bassin vaudois.

Entre ces deux extrêmes se rencontrent les cas de dépôts morainiques d'épais-

seur modeste où la surface est semblable à celle des dépôts morainiques, mais où les racines atteignent soit la molasse, marseuse ou dure, soit les calcaires jurassiens, triasiques ou gypseux, qui peuvent être massifs ou affectés d'une nette schistosité. Enfin, les dépôts glaciaires peuvent être eux-mêmes recouverts par des éboulis gravitaires encore plus récents, voire des colluvions de bas de pente ou des alluvions.

Originalité: les terroirs des formations glaciaires, les moraines

Les paysages et les sols des vignobles de montagne qui ont vécu une histoire glaciaire présentent bon nombre de singularités.

■ **Une conjoncture particulière:** les moraines latérales permettent une combinaison très favorable à la viticulture; elles associent des sols très caillouteux et profonds à des pentes fortes (souvent aménagées en terrasses) qui optimisent l'interception du rayonnement énergétique au printemps et en automne.

■ **Une minéralité des sols:** jeunes (moins de 10 000 ans) et en pente, les sols de moraines sont encore peu évolués. Les niveaux organiques n'excèdent souvent pas 60 cm, ce qui donne aux racines une ambiance minérale conditionnée par la rochemère. La liaison entre le degré d'évolution du sol et le pourcentage de pente est très forte.

■ **Un équilibre minéralogique des sols:** les éléments constitutifs de la moraine proviennent de l'érosion des roches encaissantes de tout le bassin versant du Rhône depuis le haut cirque glaciaire. On retrouve des éléments granitiques, schisteux, gneissiques, calcaires, etc. noyés dans une farine glaciaire silteuse et calcaire. Cette cohabitation d'éléments siliceux et calcaires ne peut se rencontrer, en situation de coteaux, que dans un tel contexte glaciaire récent (notamment dans les vignobles de montagne). Les moraines rhodaniennes contiennent la majeure partie des éléments qui constituent la surface de la terre. L'altération lente de ces minéraux très variés doit conférer un équilibre particulier à l'alimentation minérale de la vigne.

■ **Des moraines récentes mais parfois très compactes:** le glacier du Rhône fut, au cours des dernières glaciations, l'un des plus puissants glaciers

Terroirs viticoles vaudois

Fig. 6. Réservoir, état de la réserve, établissement des contraintes hydriques.

des Alpes. Il a pétri et compacté les dépôts qui se trouvaient sous la glace et qu'on appelle alors «moraines de fond». Le silt de fond a subi 800 t/m² de pression dans un état d'humidité sub-saturé, qui a permis l'ajustage parfait de ses particules et la disparition de la porosité. La moraine de fond brute est presque impénétrable par les eaux et par les racines de vigne qui n'en altèrent que très lentement la masse. De telles compacités ne sont jamais rencontrées dans les autres formations superficielles récentes.

Ces moraines sont stratigraphiquement intercalées entre deux autres familles de roche-mère, plus anciennes ou plus récentes qu'elles.

● **Les terroirs de roches anciennes: les molasses et les calcaires**

Le terme de molasse désigne des roches mises en place à l'ère tertiaire à la périphérie des jeunes reliefs alpins. Les molasses contiennent toujours du calcaire, mais selon leur mode de dépôt, elles seront des roches de grain et de consolidation très

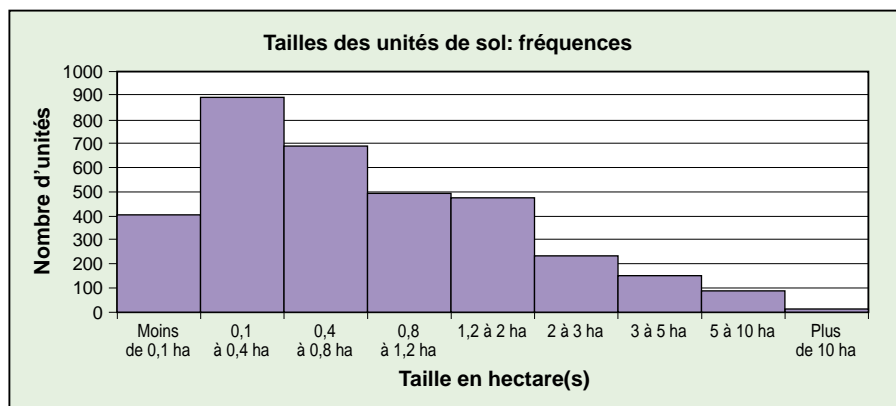
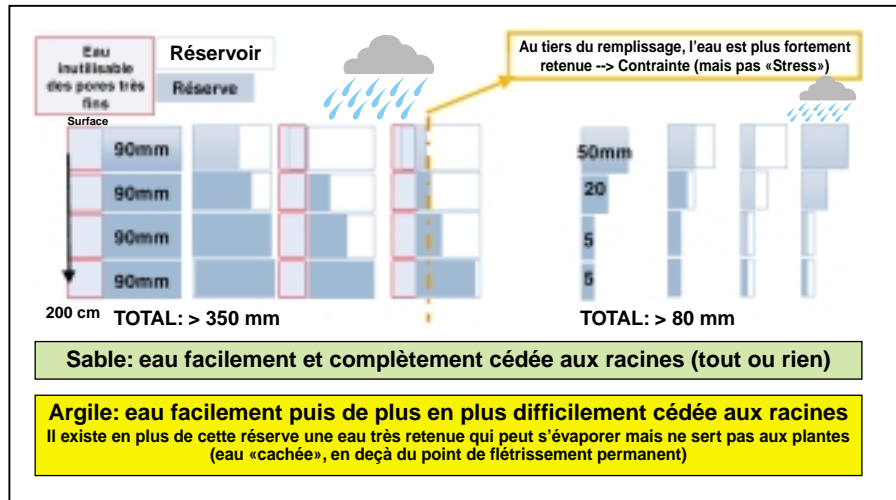


Fig. 7. Histogramme de fréquence: taille des unités cartographiques.

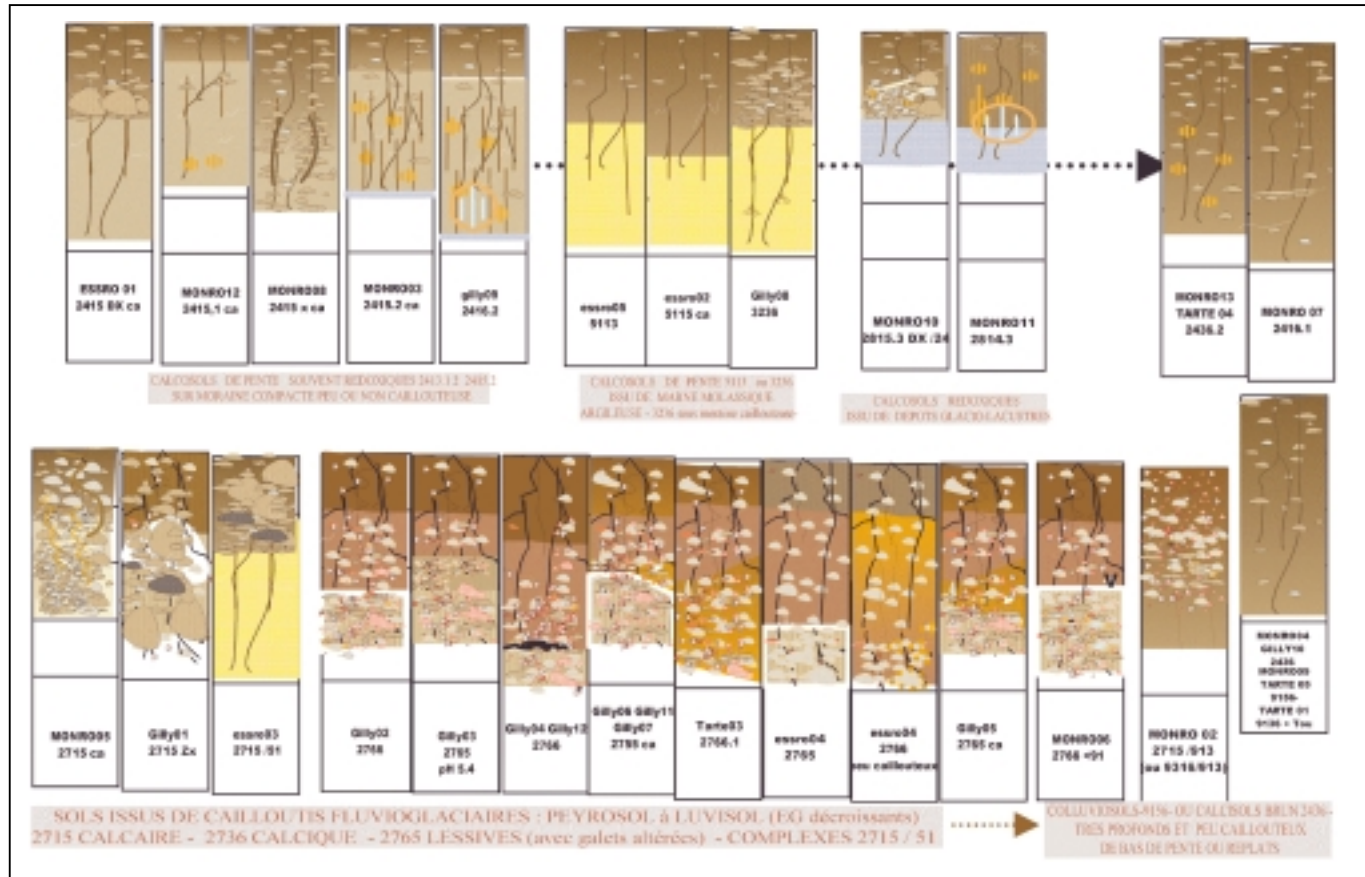


Fig. 8. Schémas de sols, familles, variantes et nuances sur une appellation.

Terroirs viticoles vaudois

différents: dans le vignoble vaudois, on trouve toute la palette des molasses périalpines: marnes (bariolées, argileuses, sableuses...), marnes gréseuses, grès en bancs massifs, poulingues ou sables gréseux. Ces roches, vieilles de 15 à 35 millions d'années, supportent 14% des sols viticoles du canton pratiquement sans couverture morainique. Selon les faciès, les sols seront argileux, sableux ou caillouteux, très profonds ou rendus superficiels par la présence d'un banc rocheux ou de la marne brute compacte. D'autres roches calcaires, beaucoup plus anciennes, interviennent à l'ouest du lac de Neuchâtel et dans le Chablais.

- **Les terroirs de couverture: les éboulis, les alluvions et colluvions récentes**

Les cailloutis blancs et anguleux du Chablais proviennent des falaises calcaires dominantes dont les roches se fragmentent depuis la fin des glaciations (12 000 ans), permettant l'alimentation de tabliers d'éboulis réguliers ou de larges cônes caillouteux à l'histoire parfois brutale. Les colluvions – l'acception de COLLUVIOSOL est dans notre démarche très restrictive et appliquée uniquement aux dépôts fins, épaissis et

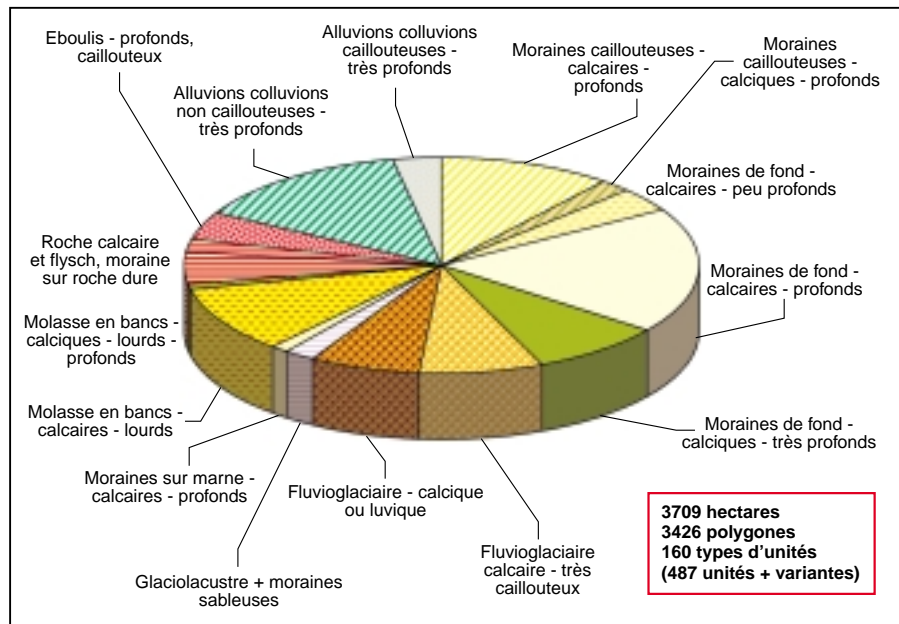


Fig. 9. Répartition des unités de sol au niveau du canton (regroupements).

peu caillouteux de bas de pente – et les alluvions récentes représentent 17% des sols du canton.

Diversité (fig. 6, 7, 8, 9 et 10)

La taille moyenne des unités de sol dessinées est de 1,05 ha environ, mais la médiane n'est qu'à 0,62 ha. Ce dé-

coupage est issu du croisement des unités de sol avec le découpage matériel créé par les chemins et routes dont le contour a été respecté. Ce chiffre indique que la moitié des 3426 unités dessinées ne fait pas plus de 60 ares, confirmant ainsi la grande sensibilité de l'épaississement et de l'évolution des sols, deux paramètres majeurs du

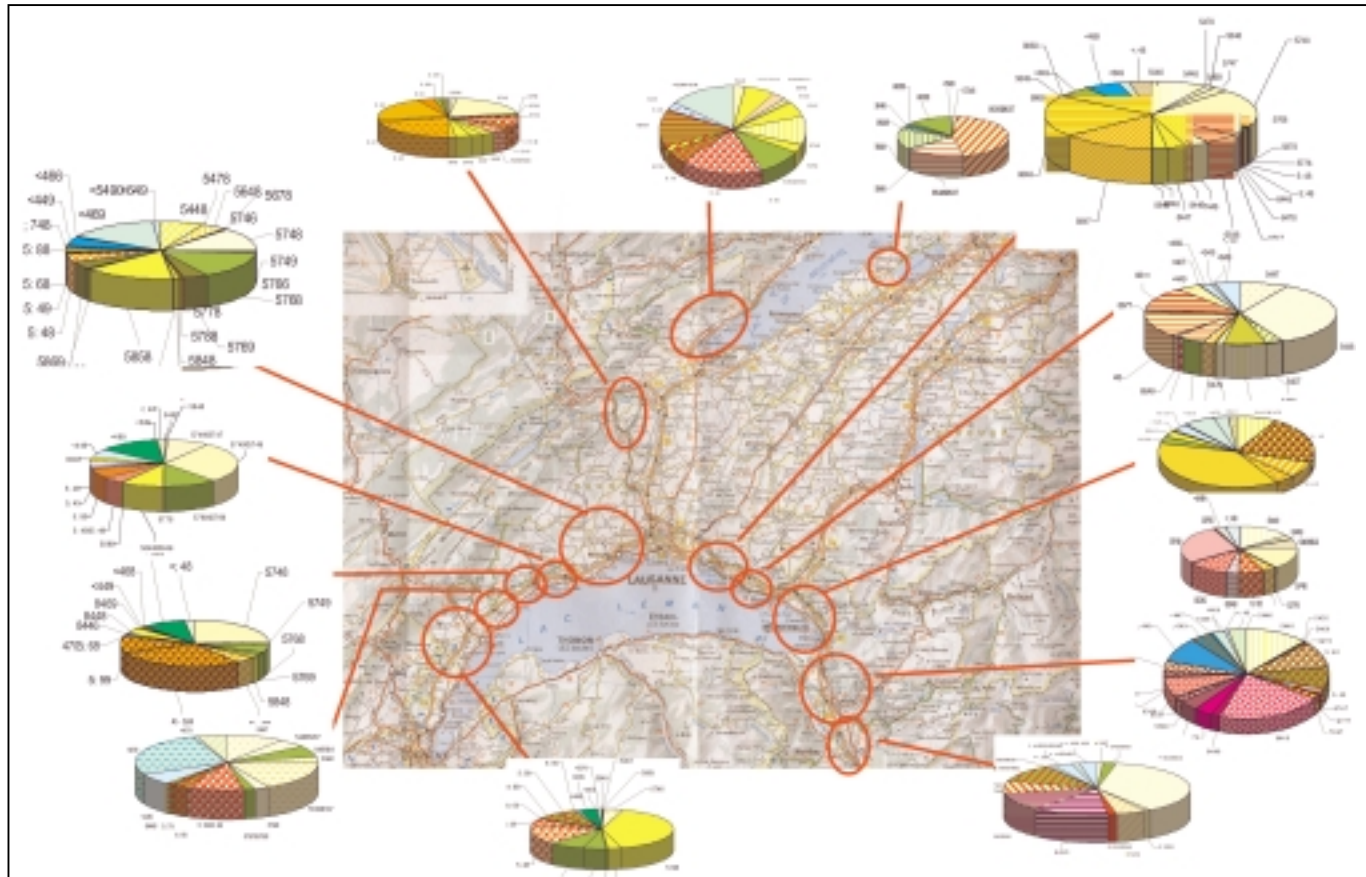


Fig. 10. Répartition des unités de sol par secteur (aperçu).

Terroirs viticoles vaudois

fonctionnement viticole, aux moindres variations de topographie. Le découpage parcellaire est calqué sur cette réalité qui ne propose que très exceptionnellement des zones homogènes de plus de deux hectares traitables en une seule unité culturale: les terroirs-sols existent, mais sous une forme irréductiblement émiettée.

Structurer cette diversité tout en respectant la réalité fut donc l'un des objectifs de la cartographie. Quelques exemples graphiques illustrent la dualité entre synthèse et réalité.

Bibliographie

BAIZE D., JABIOL B., 1995. Guide pour la description des sols. Ed. INRA, 000 p.

ZUFFEREY V., MURISIER F., 2004. Etude des terroirs viticoles vaudois: comportement physiologique et agronomique de la vigne. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **36** (4), 14-20.

Conclusions

Dans des domaines différents, les applications pratiques de la cartographie des sols viticoles vaudois peuvent se résumer comme suit:

- Contribution aux interprétations des essais viticoles existants et à leur généralisation à la diversité des sols.
- Meilleure formulation des spécificités du canton par rapport aux autres régions viticoles (en liaison très forte avec les résultats de l'étude climatique).
- Aide à la compréhension de phénomènes physiologiques et œnologiques propres à certains cépages ou millésimes et irrégulièrement répartis dans le vignoble.
- Mise en place de réseaux de suivi parcellaires (essais de cépages, pratiques culturales) dans le but de rationaliser les choix avant la plantation.
- Sélections des apports, production de cuvées «Terroirs» argumentées.


Le rôle central dévolu aux viticulteurs et la formation continue des viticulteurs sont mis à jour et dynamisé. Le travail en groupe et les présentations permettent une **communication interne** (entre vigneron d'une même appellation et d'appellations différentes, mais aussi entre les vigneron et leurs organismes et représentants professionnels) et d'enrichir progressivement la **communication externe** (autres collègues, consommateurs).

L'accueil fait par les vigneron aux présentations pluridisciplinaires finales nous a confortés dans la philosophie respectée tout au long du travail.

Etude des terroirs viticoles vaudois

3. Modélisation des paramètres climatiques

Karine PYTHOUD, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Laboratoire de systèmes d'information géographique (LASIG), CH-1015 Lausanne

 E-mail: Karine.Pythoud@epfl.ch
Tél. (+41) 21 69 35 785.

Summary

Study of wine-growing land («terroirs») characteristics in the canton of Vaud (Switzerland): modelization of the climatical parameters

As part of a study on the viticultural terroirs of «canton de Vaud», a climatic model integrating temperature, relief, radiation and pluviometry was built.

The climate is defined by pluviometry and the thermal gradient. For standard needs, climatic parameters are determined at small scale ($\pm 1/300\ 000$), which is not accurate for the study of the mesoclimate. The adopted approach uses a digital elevation model with a resolution of 25 meters, the DEM25 of the Swiss Federal Office of Topography, at 1/25 000 scale.

The thermal gradient is deduced from solar radiation, wind effect estimations and an empirical model of thermal altitudinal distribution. The radiation is calculated with a model that integrates the effects of the surrounding relief (slope, exposition and casted shadow) and the sun height above the horizon during a specific period. The relief shape and the principal wind directions based on a regional cartography allowed to estimate wind effect.

Then climatic parameters are calculated for critical periods in the vineyard's vegetative cycle. A comparison with the map of thermal levels of «canton de Vaud», determined on the basis of a phenological survey, allows to adjust the microclimate model.

The rainfall distribution is the result of a data regionalization coming from Meteoswiss stations network. The calculation was based on the monthly rainfall values collected in the stations near or inside the vineyard during the last 30 years.

The final climatic zoning is a weighting of the previous mentioned variables. Its value is more qualitative than quantitative. It offers however a comparison basis between the different regions concerned by the study.

Key words: modelization, climate, terroirs, thermal gradient, pluviometry.

Terroirs viticoles vaudois

Introduction

L'étude des terroirs viticoles vaudois a pour but de caractériser le vignoble notamment au niveau géopédologique et mésoclimatique. L'échelle de perception mésoclimatique est adaptée à l'appréciation de l'«effet terroir» induit par la configuration spécifique de chaque portion du vignoble.

L'appréciation des conditions topographiques et géologiques de l'ensemble du vignoble et l'étude pédologique, sur la base de sondages à la tarière et de profils, ont permis de caractériser les sols viticoles du canton. Vu l'importance de la surface considérée, la caractérisation du mésoclimat n'a pas été réalisée sur la base de mesures réelles, mais au moyen de modèles permettant d'intégrer les particularités géomorphologiques du vignoble vaudois.

L'étude du comportement de la plante conduite sur un réseau d'une cinquantaine de parcelles a permis, en plus de la validation de la cartographie des sols, de mener des premiers essais de validation du mésoclimat.

La définition d'unités climatiques homogènes du point de vue de la culture viticole est relativement complexe. Chaque situation du territoire est soumise à des échanges thermiques qui déterminent son mésoclimat. Ces échanges dépendent directement de paramètres tels que la radiation solaire, la pente, l'exposition, l'altitude et l'exposition aux vents.

L'indice climatique est perçu à travers le gradient thermique altitudinal théorique, la radiation solaire potentielle et l'effet du vent. Tous ces paramètres sont mesurés et enregistrés régulièrement dans des stations météorologiques du canton, mais peuvent difficilement être extrapolés à l'ensemble du territoire. L'utilisation de modèles a permis de pallier l'impossibilité de les mesurer en chaque point du vignoble. Cette démarche a débouché sur l'élaboration d'une cartographie intégrant les variations locales recherchées.

Les variations ressenties à l'échelle des unités de terroirs relèvent cependant d'effets relatifs conjoints. L'aspect climatique ne peut expliquer à lui seul les différences de comportement de la plante. Il s'insère dans la problématique globale des terroirs, intégrant les particularités physiologiques de la vigne, les conditions pédologiques et les spécificités climatiques. Par ailleurs, cette approche par modélisation ne tient pas compte d'effets climatiques localisés tels que vents locaux, effet du fœhn ou du lac. C'est une caractérisation globale à l'échelle cantonale.

Tous les paramètres théoriques et constitutifs du mésoclimat sont dérivés du modèle numérique d'altitude de 25 m de résolution (MNA25), distribué par l'Office fédéral de topographie.

Le mésoclimat et ses composantes

Gradient thermique théorique

Théoriquement, le gradient de température est une fonction affine du gradient altitudinal. Dans nos régions, la température relative diminue en moyenne de 0,65 °C par 100 m d'élévation. L'altitude est donc un très bon indicateur de la tendance générale de la température, sauf dans les situations en cuvette qui sont, à altitude égale, plus froides. Le gradient thermique théorique est modélisé à l'aide du MNA25. Du fait que le modèle mésoclimatique fonctionne avec des grandeurs normalisées, le gradient thermique théorique dépend donc uniquement de l'altitude de chaque point. Chaque maille est ainsi affectée d'une température relative directement proportionnelle à son altitude.

Ce modèle a cependant des limites. Les effets microclimatiques liés entre autres aux pratiques culturales ne sont pas intégrés, tout comme les mouvements thermiques, le brassage des masses d'air par le vent et le réchauffement des rangs à proximité des grands murs dans les zones de terrasses.

Rayonnement ou énergie solaire reçue

Du point de vue des potentialités climatiques, le rayonnement est un des paramètres importants pour la définition d'entités mésoclimatiques homogènes.

Sa quantification indicative sera déduite indirectement de la radiation globale potentielle. A l'échelle du globe, le gradient latitudinal de l'insolation provient de la géométrie de la rotation de la Terre autour du Soleil. A l'échelle du paysage, la topographie est le facteur déterminant dans la distribution de l'ensoleillement. La variabilité altitudinale, l'exposition des surfaces (pente et orientation) et l'ombre projetée par le relief proche ou lointain engendrent des variabilités locales du rayonnement. Selon la saison et l'heure, le rayonnement solaire direct est maximal à une pente et une exposition données.

Le territoire suisse comporte plusieurs stations de mesure du rayonnement solaire, la plupart du temps couplées à des stations météorologiques. Le canton de Vaud en comporte quatre: Changins, Pully, Aigle et Payerne. Les données de rayonnement, représentatives des conditions locales des stations, sont fournies depuis 1978. L'extrapolation des valeurs à l'ensemble du territoire n'est pas envisageable sans tenir compte des conditions topographiques et géomorphologiques locales. Les modèles de calcul du rayonnement solaire potentiel représentent les seules solutions susceptibles d'intégrer plus précisément sa variation temporelle et spatiale à l'échelle du paysage.

Le modèle utilisé, exploité par le logiciel Solar Analyst, calcule l'ensoleillement pour une région donnée à partir d'un modèle numérique de terrain. Il fournit les cartes de la radiation globale, directe et diffuse, exprimée en joules/m² (ou watt-heure/m²) pour n'importe quelle durée (instantanée, journalière, mensuelle, etc.). Le seul paramètre nécessaire à connaître, outre le modèle numérique de terrain, est la latitude moyenne de la zone géographique. Les périodes d'intégration de l'énergie ont été choisies en fonction de la phénologie de la vigne. Elles devaient être suffisamment restreintes pour que les comparaisons soient pertinentes. On est parti du principe que le rayonnement potentiel aux alentours des dates critiques était déterminant dans le développement physiologique de la vigne. Les périodes définies sont:

- 5 au 25 avril: débourrement
- 5 au 25 juin: floraison
- 1^{er} au 20 août: véraison
- 1^{er} au 30 septembre: maturation.

La radiation a également été calculée sur l'ensemble de la période de végétation.

La figure 1 donne une représentation graphique résultant du modèle Solar Analyst, sur un extrait du MNA25 dans la région de Bex (Chablais vaudois). L'image correspond aux valeurs de radiation potentielle journalière.

Les calculs réalisés ont permis de connaître pour chaque période considérée le rayonnement global potentiel indicatif pour l'ensemble des zones viticoles du canton de Vaud en Wh/m², sans tenir compte de la couverture nuageuse. Les cartes établies fournissent donc des indications quant à l'énergie potentielle maximale que peut recevoir une parcelle ou un groupe de parcelles, compte tenu de la période considérée et de leur situation (pente, orientation).

Terroirs viticoles vaudois

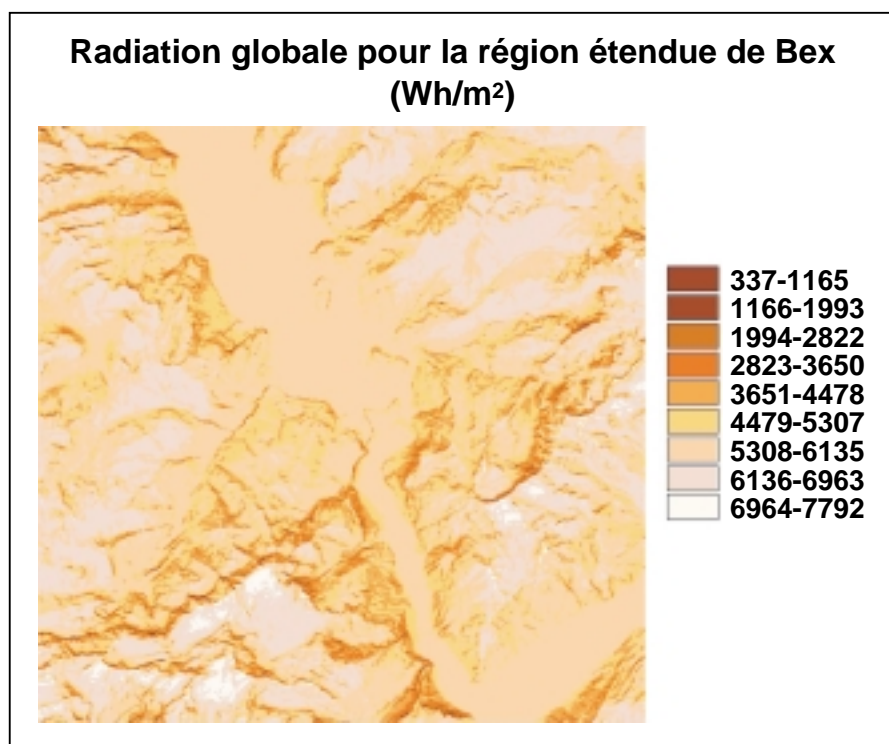


Fig. 1. Extrait du modèle de rayonnement (radiation potentielle journalière).

Indice de protection par rapport aux courants dominants

L'effet du vent sur les variables mésoclimatiques des parcelles est indéniable. Les zones abritées du vent démontrent l'effet favorable de cette situation sur la température. Bien connus la plupart du temps des viticulteurs, ces phénomènes mésoclimatiques restent des paramètres complexes à quantifier. L'exposition au vent influence les échanges thermiques au voisinage des pieds de vignes, la sensibilité aux maladies fongiques et aux dangers de gel printanier.

Les cartes de Haerberli, établies de 1966 à 1970 en relevant la déformation de la couronne des arbres, donnent une grandeur indicative des courants locaux dominants (direction et intensité) (HAE-BERLI, 1971). L'échelle de restitution de ce document (environ 1:3 000 000) n'est toutefois pas adaptée aux besoins du projet; elle a cependant l'avantage de définir les directions préférentielles des courants présents dans les vignes.

L'approche suivie pour la modélisation de l'exposition aux courants est celle de l'ombrage. Connaissant les directions préférentielles de courants données par la carte de Haerberli, les zones soumises à l'action du vent sont modélisées grâce aux fonctions d'ombrages intégrées dans la plupart des logiciels d'analyse spatiale. Elles créent l'ombre d'un rayonnement solaire fictif qui agit

sur le relief pour en faciliter sa représentation. Dans notre cas, il ne s'agit pas de rayonnement solaire mais bien d'un courant défini par une direction horizontale (azimut) et un angle vertical. Un vent d'ouest sera représenté par l'azimut 270° et une inclinaison de 30° environ. Les résultats de deux tests effectués sur la région de Lavaux sont présentés à la figure 2a et 2b. Plus une zone est protégée par rapport aux courants dominants, plus elle apparaît foncée.

Sur la base de la carte empirique de déformation de la couronne des arbres, les zones viticoles sont découpées en zones d'exposition homogènes. Les directions préférentielles de chacune ont été transformées en paramètres caractérisant l'ombrage correspondant.

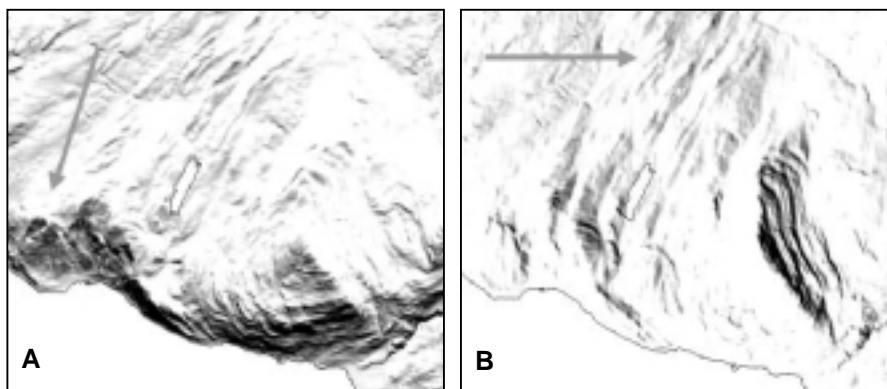


Fig. 2a et 2b. Résultats de l'ombrage du MNA dans deux directions de vents connus (bise et vent d'ouest).

Niveaux thermiques de Schreiber

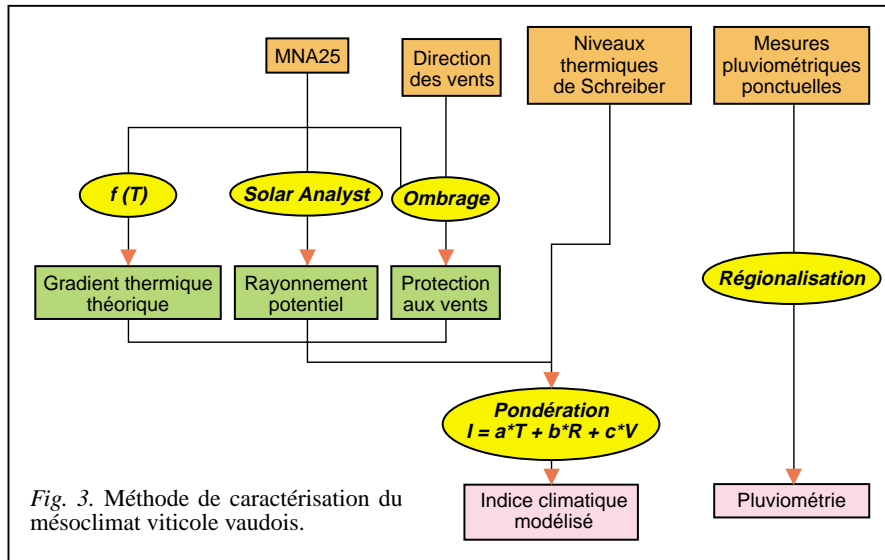
Les relevés des stades phénologiques effectués par Schreiber entre 1962 et 1964 ont abouti à la création de la carte des niveaux thermiques au printemps du canton de Vaud (SCHREIBER, 1968). Basée sur la floraison de différentes espèces végétales, elle fournit les niveaux thermiques relatifs et les possibilités d'exploitation agricole. Elle a été établie à l'échelle 1:100 000. Pour l'étage de la vigne, le découpage est fait en trois zones (assez chaud, chaud, très chaud). Bien que l'échelle de restitution au 1:100 000 soit peu adaptée à l'étude du mésoclimat, cette cartographie reste intéressante et sert de référence dans la modélisation des paramètres mésoclimatiques à plus grande échelle.

Indice climatique modélisé

Le modèle du mésoclimat utilisé se réfère à un indice climatique résultant d'une combinaison du gradient thermique altitudinal théorique, de l'effet du vent (protection par rapport aux courants dominants) et de l'ensoleillement (rayonnement solaire). La graduation thermique de l'ensemble du canton présentée par Schreiber est sans doute significative du point de vue temporel mais trop générale pour évaluer le mésoclimat à l'échelle de quelques parcelles. Il est donc nécessaire de prendre en compte des informations à plus grande échelle. La carte des niveaux thermiques de Schreiber intervient alors dans notre démarche pour estimer le poids respectif des trois facteurs retenus. La pluviométrie qui joue un rôle parallèle et complémentaire n'est pas intégrée à l'indice.

Chacun des paramètres précédemment modélisés est réduit à la zone du vignoble, à l'aide d'une extraction de

Terroirs viticoles vaudois



grille sur la base de la délimitation des zones de vignes (données numériques cantonales), puis normalisé. Les valeurs extrêmes se retrouvent en effet fréquemment en dehors des zones viticoles et cachent ainsi les écarts localisés plus intéressants du point de vue de la caractérisation du vignoble. Sur la base de ces trois paramètres modélisés, un indice climatique a été défini de la manière suivante:

$$I_{\text{climatique}} = a * \text{Température théorique} + b * \text{Rayonnement} + c * \text{Vents}$$

La carte des niveaux thermiques de Schreiber est ensuite utilisée pour estimer les facteurs de pondération a, b et c de l'équation ci-dessus et permet d'établir ainsi la carte résultante qui s'ajuste au mieux à la cartographie existante. Le modèle suivant a été retenu:

$$I_{\text{climatique}} = 0,5 * \text{Température théorique} + 0,35 * \text{Rayonnement} + 0,15 * \text{Vents}$$

La méthode utilisée pour caractériser le mésoclimat du vignoble du canton de Vaud est synthétisée à la figure 3.

Pluviométrie

La pluviométrie est le dernier paramètre important du point de vue climatique dans la définition d'unités de terroir homogènes. Les données pluviométriques proviennent des stations de mesures du réseau Météosuisse, dont une trentaine sont disponibles aux environs du vignoble vaudois. Le réseau fournit des données météorologiques depuis plus d'un siècle pour certaines d'entre elles. La Station fédérale de recherches agronomiques Agroscope RAC Changins a synthétisé les données mensuelles moyennes sur trente ans pour chaque station de la Suisse romande. Les stations de mesures ont été référen-

cées de manière à spatialiser l'information mensuelle. Dans le cadre de l'étude, les stations d'intérêt, représentatives du vignoble, sont situées dans des zones climatiques comparables à faible altitude, la modélisation de la pluviométrie sur les reliefs environnants n'apportant rien dans ce contexte. L'interpolation des valeurs des stations pluviométriques à l'ensemble du vignoble peut, dans ce cas, se faire au moyen de modèles relativement simples. Les stations pluviométriques trop éloignées géographiquement ou situées à des altitudes trop élevées ont été exclues du réseau pour le calcul. L'interpolation entre les valeurs ponctuelles (précipitations mensuelles moyennes sur trente ans) a été réalisée à l'aide de la méthode du plus proche voisin. Compte tenu du cycle végétatif de la vigne, la procédure a été appliquée mensuellement entre avril et septembre. Quatre cartes d'intérêt du point de vue du cycle végétatif ont été retenues et insérées dans le document.

La cartographie de la pluviométrie montre des différences régionales marquées, mais ne peut être utilisée comme élément comparatif à l'échelle parcellaire. Les données pluviométriques sont des

variables indépendantes au même titre que les résultats de synthèse de l'indice climatique. Ces résultats sont utilisés dans l'étude du comportement de la plante lors de l'établissement des bilans hydriques.

Discussion et synthèse

Les variations mésoclimatiques, en grande partie responsables des conditions de culture particulières, restent difficiles à modéliser. L'approche utilisée ne permet pas d'intégrer les variations mésoclimatiques à l'échelle de la parcelle, mais apporte cependant un découpage relativement précis à l'échelle du vignoble. Le résultat obtenu reste relatif et très lié à la précision du modèle numérique MNA25. On sait d'avance que, dans les zones escarpées ou topographiquement marginales, un point tous les 25 m ne suffit pas à décrire correctement le relief réel. C'est le cas en particulier des zones de terrasses (Lavaux, Aigle-Yverne). Dans ces régions, une correction de la pente naturelle des coteaux a été nécessaire de manière à prendre en compte l'effet positif de la pente artificielle créée par les terrasses sur l'ensoleillement réel des parcelles de vignes. Cette correction n'a pu être réalisée sur la totalité des vignes en terrasses ou en terrain accidenté, en particulier lorsqu'elle concernait des surfaces relativement marginales. Bien que le calcul du rayonnement potentiel reste basé sur des modèles de calcul, les résultats obtenus sont prometteurs et jugés corrects pour le calcul de l'indice climatique.

La combinaison des différents paramètres normalisés aboutit à un zonage climatique apportant une meilleure connaissance des terroirs. Différents essais de validation avec des mesures sur la plante ont mis en évidence des corrélations entre les paramètres mésoclimatiques et le comportement agronomique de la vigne (débourrement, maturation). Le principe de validation de l'indice est présenté dans la figure 4.

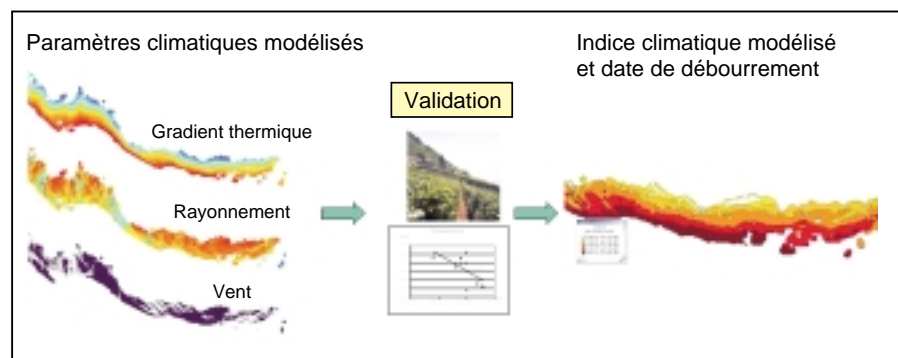


Fig. 4. Principe de validation de l'indice climatique à l'aide de mesures sur la plante.

Terroirs viticoles vaudois

La figure 5 illustre le concept de validation par une carte superposant l'indice climatique et les dates de débournement de la vigne sur une des zones-tests du projet.

Concernant la répartition pluviométrique, le zonage montre une variabilité assez forte en particulier dans les zones proches du relief préalpin.

Le stress hydrique de la vigne est lié au sol et au climat. Concernant le climat, l'évapotranspiration de la vigne, qui conditionne le facteur de stress, dépend de la radiation solaire, de la température et de la ventilation. La méthodologie retenue pour l'étude des terroirs viticoles du canton de Vaud est par conséquent bien adaptée à la caractérisation des conditions générales régulant le comportement de la plante.

Bibliographie

- SCHREIBER K.-F., 1968. Les conditions thermiques du canton de Vaud. Cahier n° 5 de l'aménagement régional du canton de Vaud.
- HAEBERLI R., 1971. Carte des dangers de gel tardif printanier dans le canton de Vaud. Cahier n° 11 de l'aménagement régional du canton de Vaud.

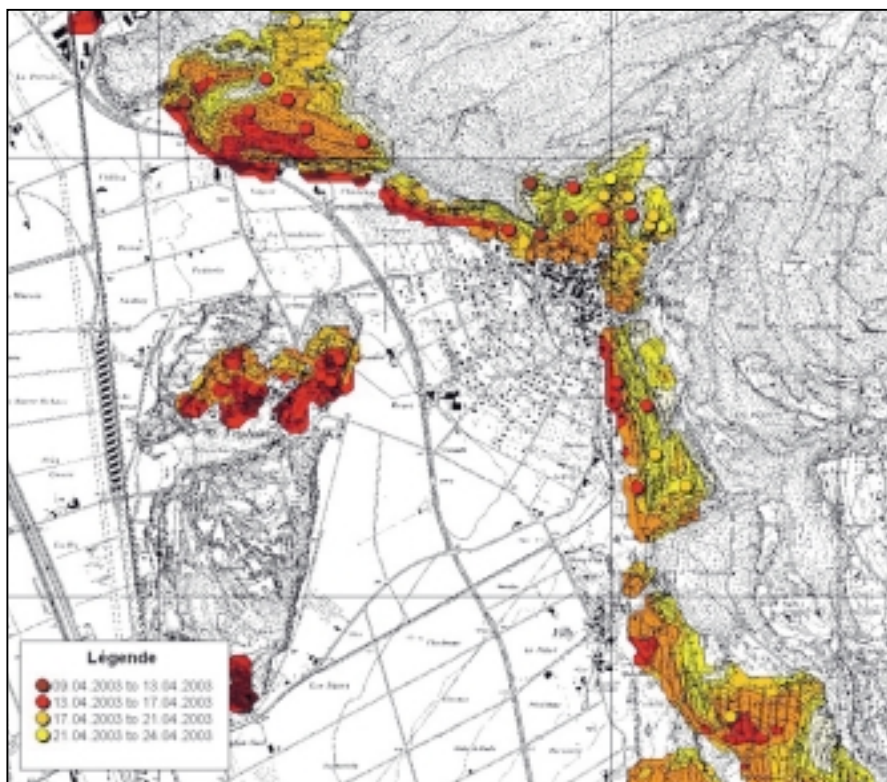


Fig. 5. Superposition de l'indice climatique printanier et des dates de débournement de la vigne dans la zone pilote du Chablais.

Etude des terroirs viticoles vaudois

4. Comportement physiologique et agronomique de la vigne

V. ZUFFEREY et F. MURISIER, Agroscope RAC Changins, Centre viticole du Caudoz, CH-1009 Pully

@ E-mail: francois.murisier@rac.admin.ch
Tél. (+41) 21 72 11 560.

Summary

Study of wine-growing land («terroirs») characteristics in the Canton of Vaud (Switzerland): physiological and agronomical behaviour of the vine

A study of the physiological and agronomical behaviour of the vine (cv. Chasselas) was conducted between 2001 and 2003 by the Swiss Federal Research Station for Plant Production at Changins (Agroscope RAC Changins) on various wine-growing farms in the Canton of Vaud (Switzerland).

Conditions of water supply to the vine were closely linked to soil water reserves (useful reserve, RU) and to summer rainfall during the 2001-2003 growing seasons. The study of water supplies to the vine, measured by means of Ψ_{base} , showed that the level of water stress was low in 2001, moderate in 2002 during the period of grape development on sites with low RU and high in 2003 due to severe water stress in summer period.

Results from measurements of minimum stem potential (Ψ_{TMIN}) have also demonstrated that temporary water stress on a daily basis is possible. Our observations indicate that there is a close correlation between the carbon isotope discrimination technique ($\Delta C13$) in grape sugars and the water supply observed in grapevines during ripening.

Plant outgrowth of vines, as an expression of leaf biomass together with rootstock strength (weight of pruned wood), were largely dependant on soil water reservoirs and conditions of plant water stress during the growing season.

The water supply system to plants, which was observed during grape development, had an important influence on the final berry size and the accumulation of their reduced sugars. Higher levels of sugar in berries were obtained from vines which had suffered from moderate water stress than from vines without any water stress. However, situations of increased water restriction (high stress) penalised sugar concentration in must, more especially as the water stress was early.

Key words: wine-growing land, «terroirs», ecophysiology, water supply, water potential, grape quality.

Terroirs viticoles vaudois

Introduction

L'incidence du milieu naturel sur la qualité et la typicité du raisin et des vins est largement reconnue (SEGUIN, 1983; MORLAT, 1989; LEBON, 1993; VAN LEEUWEN, 1991). Néanmoins, l'étude des terroirs s'avère complexe car les facteurs susceptibles d'influencer la qualité des vins sont multiples et le rôle exercé par chacun d'eux n'est pas encore clairement établi. Une chose est toutefois certaine: un facteur isolé ne suffit pas à expliquer la valeur d'un terroir.

De nombreuses approches de caractérisation des terroirs viticoles ont été entreprises à ce jour (MORLAT, 2001). Parmi celles-ci, l'approche éco-physiologique, orientée sur l'étude des fonctions entre les différentes parties du système terroir-vigne (MORLAT, 1989), semble très judicieuse quand il s'agit d'intégrer et de caractériser, dans le milieu édaphique et climatique, les facteurs pertinents pour le fonctionnement de la plante et la qualité de la production (LEBON, 1993). En effet, l'influence du terroir sur la vigne se traduit par des différences dans le comportement physiologique et agronomique de la plante. Diverses études ont montré que les effets les plus importants concernaient la régulation de l'alimentation en eau de la vigne et la précocité des terroirs (MORLAT, 1989; VAN LEEUWEN, 1991).

L'influence des facteurs pédologiques (réserve hydrique, types de sols) et climatiques sur les principaux aspects physiologiques de la vigne (expression et cycle végétatifs, régime hydrique et évolution de la maturation) et sur les potentialités de la vendange a été ainsi analysée dans cette étude sur un réseau d'une cinquantaine de parcelles, réparties dans les principales zones viticoles du canton de Vaud (environ 1000 ha).

Matériel et méthodes

Caractéristiques pédologiques et climatiques des sites

Types de sols

L'étude des sols a permis d'opérer des regroupements par types et d'élaborer une première cartographie des entités pédologiques (LETESSIER et FERMOND, 2004). La grande majorité des sols, soit environ 80% de la superficie des zones pilotes, sont issus de la moraine alpine, mélange de débris indifférenciés et de toutes tailles transportés par le glacier du Rhône. Les moraines peuvent être classées en trois types de roches-mères (LETESSIER et FERMOND, 2004):

- **Les moraines latérales caillouteuses** rhodaniennes sont formées de cailloutis mixte (30-60% d'éléments grossiers siliceux et calcaires) et de terre fine moyenne à légère. Les moraines dites «locales» (Chablais) sont beaucoup plus riches en graviers et en cailloux calcaires.
- **Les moraines de fond** sont peu caillouteuses (0-30% d'éléments grossiers) et limoneuses: déposées sous les glaces, soumises à de fortes pressions, elles sont non poreuses, massives, parfois fissurées selon des faces de compression et très compactes.
- **Les moraines de retrait et/ou formations fluvio-glaciaires** (Peyrosols) sont beaucoup plus gravelo-caillouteuses et/ou sableuses, toujours meubles. Ce sont des sols à horizon pierreux ou caillouteux (> 60% d'éléments grossiers) qui sont très perméables.

On observe, à certains endroits, une moraine peu épaisse sur la molasse grésosableuse ou marneuse, d'âge oligocène (La Côte et Lavaux), ou sur le calcaire gréseux du Jura (Bonvillars), parfois de moins de 60 cm d'épaisseur. La moraine recouvre sur plusieurs coteaux du Chablais, en couche parfois très mince (≤ 60 cm), une formation gypso-calcaire (*gysses*, carbonates et sulfates de calcium) du Trias. Les sols de la colline de Chiètres (Bex, Chablais) se différencient nettement des précédents par l'absence totale d'éléments morainiques même épars en surface. La roche-mère est directement le *flysch lité* sombre, schisto-argilo-gréseux et faiblement carbonaté.

Les *colluvions* se retrouvent en général en bas de pente et sont issues de l'érosion progressive des pentes dominantes. Elles sont généralement peu ou pas caillouteuses, profondes, et présentent quelquefois des tendances hydromorphes.

Réserve hydrique des sols (RU)

La réserve en eau du sol (RU) a été estimée par tranches de 10 cm de sol (réserve décimétrique) dans les profils pédologiques en tenant compte de la texture, de la quantité d'éléments grossiers (BAIZE et JABIOL, 1995) et de la colonisation racinaire. Les estimations de RU ont été effectuées par LETESSIER et FERMOND (2004), qui ont ainsi évalué le profil hydrique ou la quantité d'eau directement utilisable par la vigne dans les différents sites de l'étude.

Caractéristiques climatiques des années 2001-2003

L'année 2001 a été caractérisée par une pluviométrie importante (1248 mm à Chârgins, pour une moyenne pluriannuelle de 945 mm, et 1565 mm à Pully, pour une moyenne de 1100 mm). Du mois de janvier à la fin de juin, les précipitations ont été particulièrement abondantes et les orages estivaux très réguliers. Sur le plan des températures, les mois de mai et d'août ont été particulièrement chauds avec des températures supérieures de 2,5 à 3 °C à la moyenne des 30 ans.

En 2002, la pluviométrie a été légèrement supérieure à la moyenne pluriannuelle, principalement durant la période végétative à

Lavaux et dans le Chablais. Des précipitations faibles, mais fréquentes, ont été observées pendant la maturation du raisin dans ces deux régions également. Les vignobles à La Côte et à Bonvillars ont bénéficié d'un temps plus sec durant le mois de septembre. Les températures annuelles ont partout dépassé de 2 à 2,5 °C la moyenne des 30 ans. Le mois de juin a été exceptionnellement chaud. Le bilan des températures mensuelles a présenté un solde positif durant la période de végétation.

En 2003, les températures estivales ont été largement supérieures à la normale de 4 à 6,5 °C durant les mois de juin à août. La période estivale a également été caractérisée par de faibles précipitations et par un déficit hydrique important sur l'ensemble du réseau.

Dispositif expérimental

Compte tenu de sa prépondérance dans le vignoble vaudois (70% des surfaces), le cépage étudié est le Chasselas, greffé sur 3309C. Les parcelles d'étude sont conduites en espalier (Guyot simple avec un plan de palissage vertical). Les vignes suivies dans le réseau sont âgées en moyenne d'une quinzaine d'années. La hauteur de feuillage et le rendement ont également été pris en compte dans le choix des parcelles afin d'avoir des rapports feuille/fruit les plus homogènes possible (≥ 1 m² SFE/kg de raisin).

Deux réseaux d'étude ont été mis en place. Un **réseau élargi de parcelles** (50 parcelles) a servi à examiner quelques critères clés du comportement viticole: suivi des stades phénologiques, analyses foliaires, suivi de la maturation du raisin. Un **réseau restreint de parcelles de référence** a été mis en place dans les entités particulièrement importantes et caractéristiques du vignoble dans chacune des zones pilotes (soit 32 parcelles au total). Dans ce réseau, outre les observations de paramètres agronomiques, nous avons étudié plus en détail le comportement physiologique de la vigne, notamment les conditions d'alimentation hydrique de la plante.

Mesures expérimentales

Régime hydrique de la vigne

La mesure des potentiels hydriques (Ψ) de la vigne a été effectuée au moyen de la chambre à pression ou bombe de Scholander (SCHOLANDER *et al.*, 1965). Le Ψ_{base} a été mesuré en fin de nuit (2 h à 6 h) à l'obscurité complète, sur des feuilles insérées dans la partie médiane du feuillage. L'échantillonnage a été constitué de huit feuilles par microparcelle, issues de souches différentes. Le potentiel tige (Ψ_T) a été déterminé sur des feuilles enséchées (dans une feuille plastique doublée d'une feuille d'aluminium) au moins une à deux heures avant la mesure. Les mesures du $\Psi_{T \text{ MIN}}$ (potentiel de tige minimum) ont été réalisées sur des feuilles adultes de rameaux principaux, insérées dans la partie médiane du feuillage, en milieu de journée (midi solaire), période pen-

Terroirs viticoles vaudois

dant laquelle la demande d'évaporation est la plus importante. Neuf feuilles par micro-parcelle ont formé l'échantillonnage. Des détails supplémentaires de mesures sont indiqués chez ZUFFEREY et MURISIER (2004).

Discrimination isotopique du carbone

La discrimination isotopique du carbone dans les sucres des raisins, appelée $\Delta^{13}C$ ($^{13}C/^{12}C$) et exprimée en ‰, a été dosée sur un échantillon de moût obtenu à partir d'un prélèvement de 300 baies à maturité par parcelle. L'échantillon (quelques millilitres) a été autoclavé, puis converti en CO_2 par combustion à l'aide d'oxygène pur. Le contenu isotopique a été ensuite déterminé à l'aide d'un spectromètre de masse à flux continu (Europe Scientific Ltd., Crewe, UK, AVICE *et al.*, 1996).

Suivis végétatifs et maturation du raisin

Les principaux stades phénologiques (débourrement, floraison, véraison) ont été notés sur l'ensemble des parcelles suivant l'échelle de BAGGIOLINI (1952), complétée par celle de BBCH (HACK *et al.*, 1992). La vigueur de la vigne a été estimée par le poids individuel des sarments à la taille. L'arrêt de la croissance végétative a été mesuré chaque semaine depuis la mi-août sur les apex des entreceurs.

A partir de la mi-août, 300 baies par semaine ont été analysées sur l'ensemble des parcelles d'étude pour suivre l'évolution des facteurs suivants: poids de 300 baies (g), acidité totale (g/l), acide malique (g/l), acide tartrique (g/l), sucres réducteurs (g/l), pH, composés azotés: mesure de l'indice de formol (azote directement assimilable par les levures).

Les résultats complets de l'étude des terroirs sont consignés dans un rapport (ZUFFEREY et MURISIER, 2004). La présente publication en montre uniquement les résultats principaux.

Résultats et discussion

Suivis du régime hydrique de la vigne

Le suivi du Ψ_{base} des différentes micro-parcelles à La Côte, regroupées selon leur réservoir en eau (RU), est illustré à la figure 1.

Il ressort de cette étude que les sites à forte RU (RU > 150 mm) n'ont présenté aucune contrainte hydrique durant les saisons 2001 et 2002, quel que soit le déficit hydrique cumulé pendant l'année. Les parcelles à faible RU (RU < 100 mm) ont par contre subi en fin de cycle végétatif des contraintes hydriques modérées, principalement en 2002, saison durant laquelle le déficit hydrique cumulé atteignait 220 mm à la fin de septembre. Si la réserve en eau

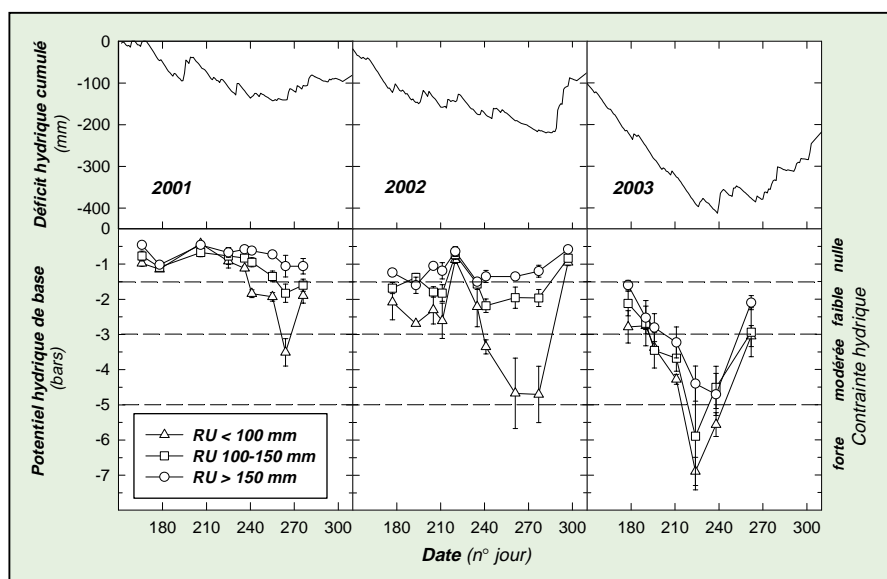


Fig. 1. Evolution du déficit hydrique potentiel (précipitations-ETP) et du potentiel hydrique de base (Ψ_{base}) en relation avec la réserve utile en eau (RU) des sols. Barres verticales: erreur standard. Chasselas, La Côte (CH), 2001-2003.

des sols est limitée, l'évolution du Ψ_{base} est largement dépendante du déficit hydrique cumulé en cours de saison, c'est-à-dire du cumul des précipitations estivales et de l'évapotranspiration de la végétation et du sol. Les vignes dont la réserve en eau des sols se situe entre 100 et 150 mm se sont trouvées dans une situation intermédiaire, affichant une contrainte hydrique faible durant les périodes de végétation 2001 et 2002.

La saison 2003 a été marquée par un déficit hydrique cumulé très élevé durant la période estivale, atteignant 400 mm à la fin d'août (fig. 1). Les vignes à forte RU (>150 mm) ont subi un niveau modéré de contrainte hydrique au cours des mois de juillet et d'août. Les parcelles dont la RU se situe entre 100 et 150 mm se sont montrées un peu plus sensibles au déficit hydrique que les vignes à grand réservoir. La contrainte a été importante à la mi-août puis modérée durant la maturation du raisin. Enfin, pour les vignes à faibles réservoirs en eau (RU < 100 mm), les niveaux de contrainte ont été modérés très tôt dans la saison (début juin) et importants pendant les mois de juillet et d'août. La chute des feuilles, dans la zone des grappes, a été manifeste sur les sites à réservoir hydrique très restreint.

De manière générale, on observe une relation étroite entre la RU des différentes micro-parcelles et l'état hydrique moyen des vignes enregistré durant la saison sur l'ensemble des zones pilotes à l'étude (ZUFFEREY et MURISIER, 2004), qui résulte des mesures du potentiel hydrique de base effectuées chaque semaine de la floraison à la vendange.

Nos résultats ont aussi mis en évidence que la mesure du potentiel de tige minimum ($\Psi_{T MIN}$) pouvait rendre compte d'une contrainte hydrique diurne momentanée. La mesure du $\Psi_{T MIN}$ donne l'estimation de la tension de sève qui existe dans les vaisseaux conducteurs en situation de transpiration de la plante entière et de forte demande climatique. De ce fait, le $\Psi_{T MIN}$ s'avère un bon indicateur pour étudier l'émergence de déficits hydriques ou la persistance d'une contrainte après une pluie dans les terroirs viticoles.

Réalisée en l'absence de contrainte hydrique ou à des faibles niveaux de stress, la mesure du $\Psi_{T MIN}$ a permis d'identifier de manière plus fine et plus prompte un début de restriction hy-

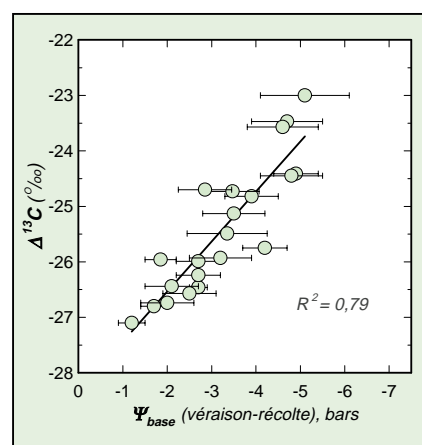


Fig. 2. Relation établie entre le rapport isotopique du carbone ($\Delta^{13}C$) dans les sucres des moûts à la vendange et les valeurs de Ψ_{base} , mesuré durant la période de la maturation à la récolte sur un réseau de 21 parcelles. Barres horizontales: erreur standard. Chasselas, canton de Vaud (CH), 2003.

Terroirs viticoles vaudois

drique ou des états d'alimentation en eau de la plante différents de ceux obtenus par la mesure du Ψ_{base} (résultats non présentés). Les mesures du $\Psi_{\text{T MIN}}$ effectuées en 2003 ont confirmé l'émergence progressive au cours de la saison d'un stress hydrique élevé chez la vigne durant la période la plus chaude de la journée. Des symptômes de sécheresse (décoloration des feuilles de la base, chute de feuilles) ont été observés sur les sites dont les $\Psi_{\text{T MIN}}$ indiquaient des valeurs inférieures à -11 bars. Les températures extrêmes enregistrées durant le mois d'août ont de surcroît accentué la demande évaporatoire en milieu de journée: les valeurs très négatives du $\Psi_{\text{T MIN}}$ ont reflété la double contrainte thermique et hydrique.

Les résultats de notre étude ont par ailleurs montré que la discrimination isotopique du carbone ($\Delta C13$) dans les sucres des raisins était étroitement corrélée au régime hydrique observé chez la vigne durant la maturation (phase d'accumulation des sucres dans les baies). La corrélation obtenue entre le rapport $\Delta C13$ et les valeurs du Ψ_{base} moyen, mesurés à plusieurs reprises en

cours de maturation du raisin, a été très significative en 2003 (fig. 2). Les valeurs de plus en plus négatives du $\Delta C13$ correspondent à une absence de contrainte hydrique. A l'inverse, les valeurs faiblement négatives traduisent une restriction en eau subie par la plante. Les valeurs du $\Delta C13$ varient entre -20 et -30‰ dans la majorité des études réalisées sur la vigne (GAUDILLERE et VAN LEEUWEN, 2000). Divers auteurs (GAUDILLÈRE *et al.*, 1999; CHONÉ, 2001; VAN LEEUWEN *et al.*, 2001; TRÉGOAT, 2003) ont déjà montré que la discrimination isotopique du carbone dans les sucres des raisins était étroitement corrélée au régime hydrique observé sur la vigne durant la maturation. Nos observations corroborent en tous points ces différentes études. L'intérêt évident de cet indicateur ($\Delta C13$) réside dans sa grande accessibilité, par rapport aux indicateurs classiques du régime hydrique de la vigne que sont les potentiels hydriques foliaires (ou l'humidimètre à neutrons). Cette technique pourrait constituer un outil de choix à l'avenir pour l'étude des terroirs viticoles.

Phénologie et cycle végétatif

Les facteurs qui semblent susceptibles d'influer sur la précocité des stades de développement de la vigne se rattachent principalement au mésoclimat thermique (très localement au microclimat), au pédoclimat thermique et hydrique ainsi qu'au niveau de la vigueur de la plante.

L'élaboration d'un indice climatique modélisé (PYTHOUD et CALOZ, 2003) a permis de dégager les paramètres-clés qui influencent la précocité d'un stade phénologique (notamment le débourrement; fig. 3) dans des situations géographiques plus ou moins favorisées sur le plan climatique (zones plus ou moins chaudes). Cet indice climatique prend en compte l'influence de l'altitude (gradient thermique), du rayonnement potentiel reçu par une surface de sol (en fonction de sa déclivité, de son orientation et des effets d'ombrage projeté par le paysage environnant) ainsi que de l'exposition aux vents dominants. Les observations réalisées sur la vigne ont clairement indiqué que des

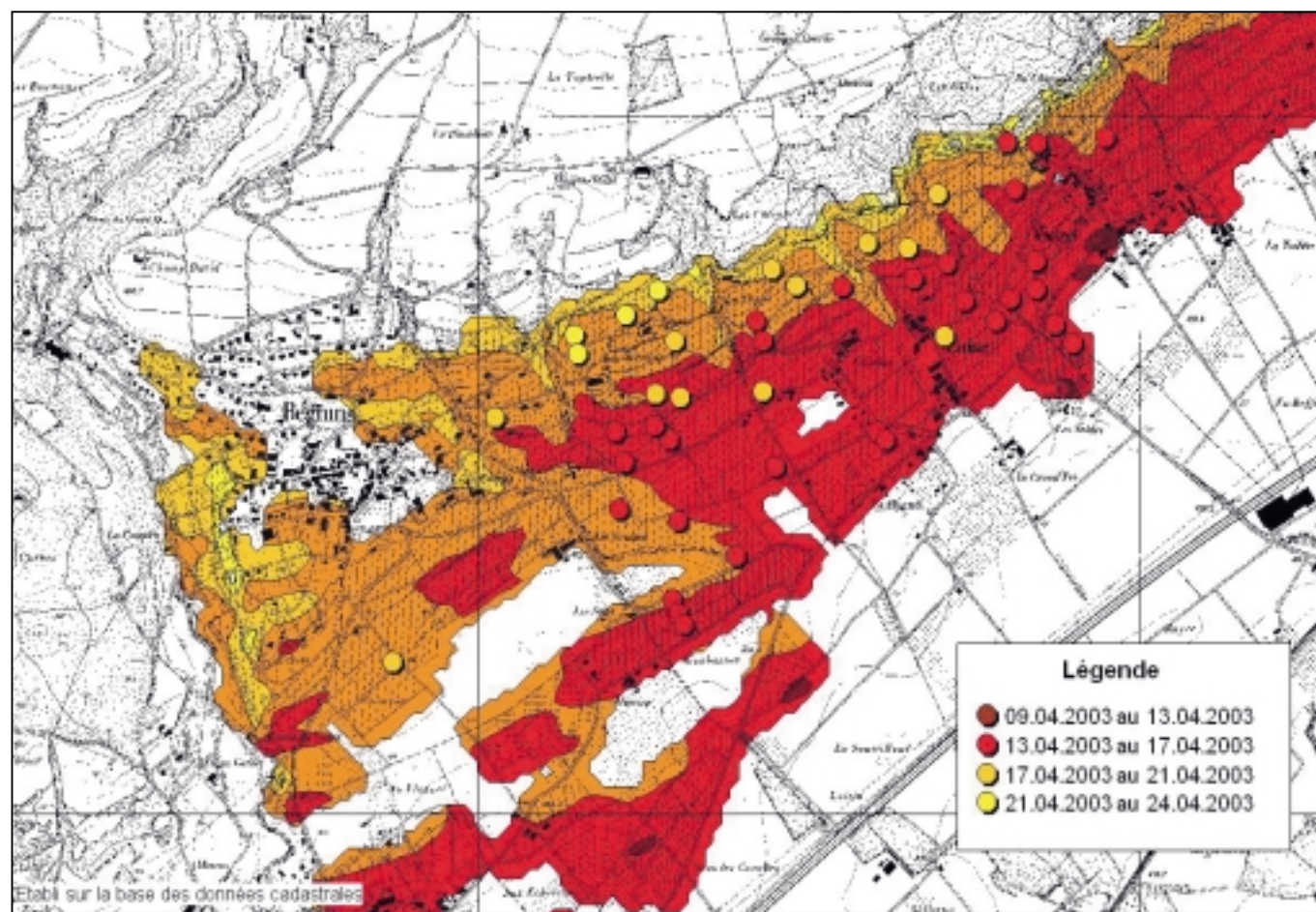


Fig. 3. Dates de débourrement de la vigne (stade C) sur un réseau élargi de parcelles et indice climatique modélisé au printemps (mois d'avril) selon PYTHOUD et CALOZ (2003). L'intensité des couleurs rouge, orange et jaune sur fond de carte correspond à des indices climatiques relatifs (rouge: zone chaude, jaune: zone plus fraîche). Chasselas, La Côte (CH), 2003. © Données propriété de l'Etat de Vaud.

Terroirs viticoles vaudois

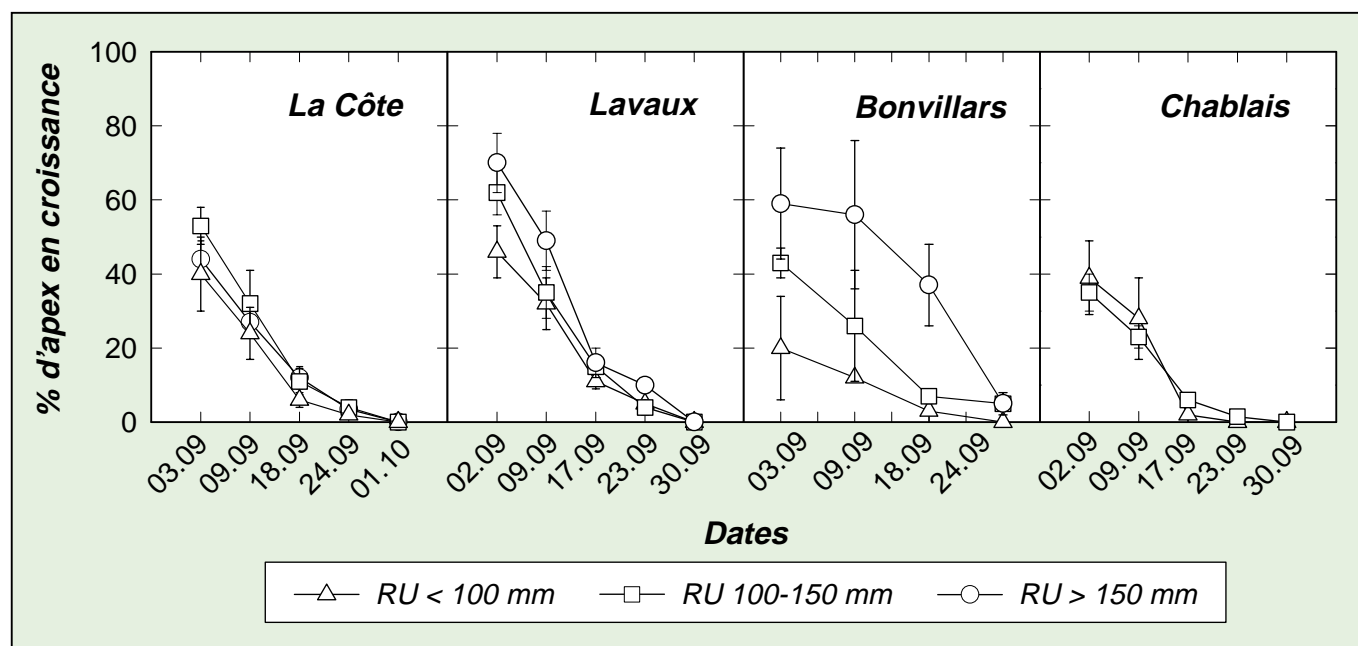


Fig. 4. Evolution du pourcentage d'apex de rameaux secondaires en croissance en fin de saison en relation avec la RU des sols. Barres verticales: erreur standard. Chasselas, zones pilotes dans le canton de Vaud (CH), 2002.

effets liés à des courants locaux (descente d'air froid ou chaud provenant de vallons ou de combes, foehn printanier ou automnal) et à des situations microclimatiques particulières (effets des murs, terrasses, réflexion lumineuse d'un plan d'eau) étaient également déterminants. Enfin, les facteurs se rapportant au sol tels que le pédoclimat thermique (qui n'a pas fait l'objet d'une étude spécifique) et hydrique sont autant d'éléments qui interagissent avec le comportement de la plante.

La nécessité d'affiner et de valider cet indice climatique par le comportement de la vigne est évidente; néanmoins, les résultats préliminaires obtenus dans l'étude et les possibilités offertes par les systèmes d'informations géographiques (SIG) laissent présager des applications intéressantes dans le domaine de la climatologie, très peu exploré jusqu'à présent dans les études de terroirs viticoles.

Expression végétative et vigueur de la vigne

Les mesures de l'expression végétative de la vigne ont porté sur la vitesse et l'arrêt de la croissance des rameaux, sur l'estimation des surfaces foliaires et des poids frais des rognages exportés par écimage, sur les analyses foliaires ainsi que sur le poids des bois de taille. Dans cet article, seuls les résultats sur l'arrêt de la croissance végétative et le poids des bois de taille sont présentés.

En fin de saison, l'arrêt de la croissance végétative est influencé de façon pré-

pondérante par les conditions de température (vignobles septentrionaux) permettant plus ou moins la croissance des apex et par l'équilibre hormonal de la plante. Le vieillissement de la végétation annuelle, accentué par des conditions du milieu peu favorables (contrainte hydrique, photopériode réduite, etc.), entraîne l'arrêt de la croissance végétative.

L'arrêt de la croissance végétative a été évalué en fin de saison 2002, en estimant le pourcentage d'apex de rameaux secondaires encore en croissance (fig. 4). Un fort ralentissement de la croissance a été constaté sur l'ensemble des quatre zones pilotes, autour de la mi-septembre, dû aux températures fraîches observées à cette période de la saison. De manière générale, l'interruption de la croissance ne s'est manifestée que tardivement dans la saison sur l'ensemble des terroirs. Les conditions peu contraignantes pour l'alimentation en eau observées sur la majorité des sites en 2002 permettent d'expliquer l'arrêt tardif de la croissance végétative. Le ralentissement de la croissance a été néanmoins constaté dès le début de septembre, notamment sur les sites à faible RU (inférieure à 100 mm).

L'arrêt de la croissance a été de manière générale plus précoce en 2003 que durant les millésimes précédents en raison des fortes contraintes hydriques et thermiques observées au cours de la période estivale (résultats non présentés).

Le poids individuel d'un sarment à la taille a été corrélé à la réserve en eau des sols et à l'alimentation hydrique de la vigne (fig. 5). Les situations de forte

restriction en eau ont entraîné la diminution du poids des bois de taille par rapport à des situations sans contrainte hydrique, où le poids des bois de taille était élevé.

Production et maturation du raisin

Poids des baies

Dans notre étude, l'alimentation hydrique, estimée soit par la RU des sols, soit par le régime hydrique de la vigne, a exercé une influence prépondérante sur le poids final des baies à la vendange (fig. 6). Les vignes ayant subi une restriction en eau modérée à forte en cours de saison ont affiché des poids de baies relativement faibles, se situant autour de 2 à 2,5 g. A l'inverse, les sites à forte disponibilité en eau (état proche de la turgescence) ont présenté les baies les plus lourdes, pesant jusqu'à 4 g. Le poids final des baies à la vendange observé en 2003 a été nettement inférieur (-25% environ) à celui des millésimes précédents, en relation avec la contrainte hydrique subie par la vigne cette année-là.

Maturation du raisin

Le régime hydrique de la vigne, observé durant la maturation du raisin, a influé fortement sur la concentration en sucres réducteurs des moûts (fig. 7 et 8). Les vignes soumises à une contrainte modérée ont montré des teneurs plus élevées en sucres des baies que les

Terroirs viticoles vaudois

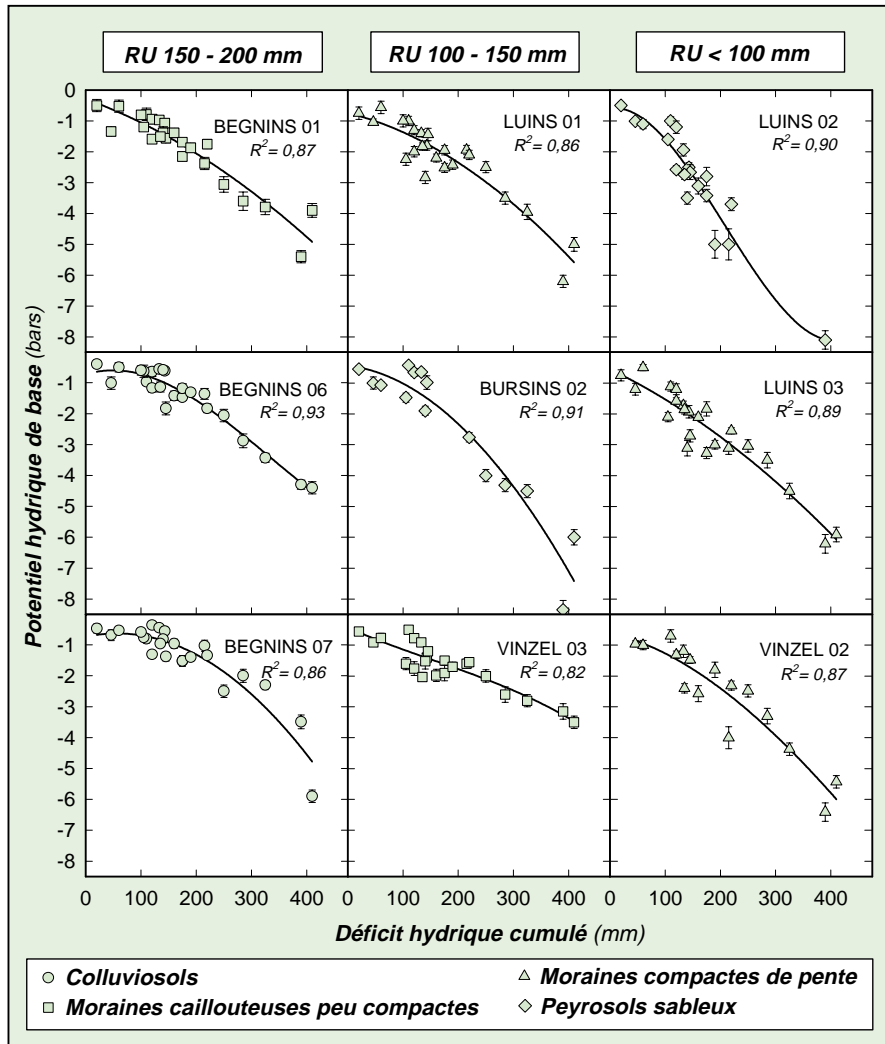


Fig. 5. Relation entre le Ψ_{base} moyen, mesuré durant la saison, et le poids des bois de taille sur l'ensemble du réseau de parcelles. Chasselas, quatre zones pilotes du canton de Vaud (CH), 2001-2002.

vignes n'ayant subi aucun stress hydrique. Ce résultat témoigne du rôle bénéfique d'une contrainte hydrique modérée pendant la maturation du rai-

sin dans l'accumulation des sucres (VAN LEEUWEN et SEGUIN, 1994; TRÉGOAT *et al.*, 2002; SPRING, 2004; SPRING et MURISIER, 2004) et dans l'arrêt pré-

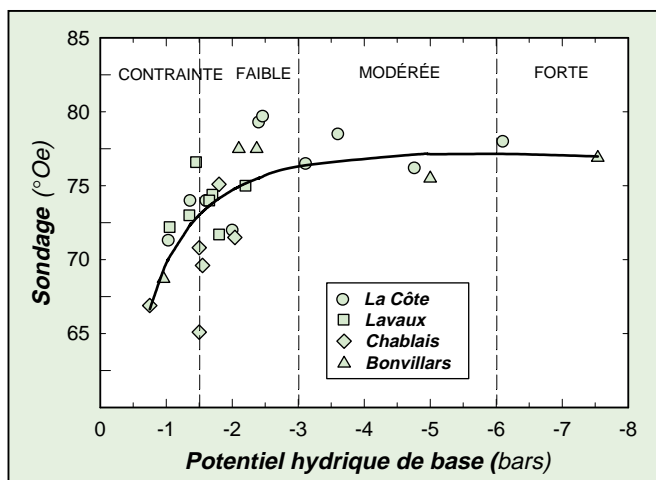


Fig. 7. Relation établie entre le Ψ_{base} durant la maturation et la teneur en sucres des raisins ($^{\circ}\text{Oe}$) à la vendange sur différentes parcelles du réseau à La Côte, Lavaux, Bonvillars et au Chablais. Chasselas, canton de Vaud (CH), 2002.

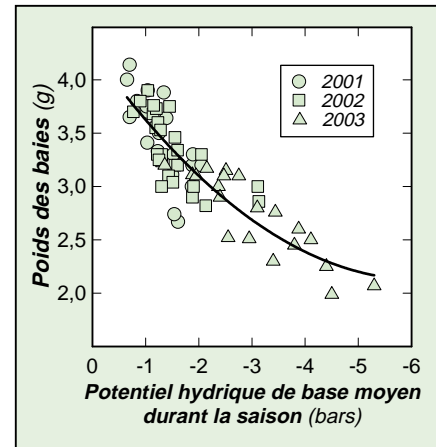


Fig. 6. Relation établie entre le Ψ_{base} moyen, mesuré durant la saison, et le poids final des baies à la vendange dans les quatre zones pilotes (La Côte, Lavaux, Bonvillars, Chablais). Chasselas, canton de Vaud (CH), 2001-2003.

coce de la croissance végétative (autour de la véraison). Des situations de trop forte restriction en eau ont par contre pénalisé la concentration des sucres dans les moûts d'autant plus nettement que la contrainte hydrique était précoce. La chute prématurée des feuilles dans la zone des grappes a entraîné une diminution de la surface foliaire, et donc de l'activité photosynthétique. Une alimentation trop généreuse en eau a conduit à des raisins moins riches en sucres et à des arrêts tardifs de la croissance végétative.

L'acidité totale des moûts ainsi que les teneurs en acide malique et tartrique des raisins ont été globalement comparables sur les différents sites (résultats non présentés). Dans les situations propices à la vigueur excessive de la vigne (forte RU), les moûts ont eu tendance à être un peu plus acides que dans les

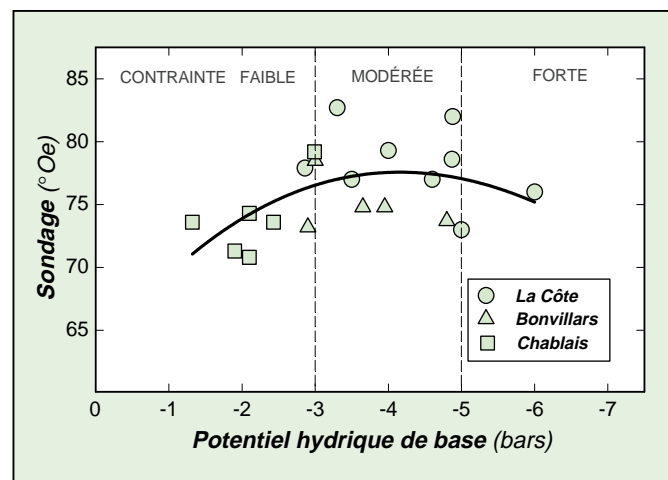


Fig. 8. Relation établie entre le Ψ_{base} durant la maturation et la teneur en sucres des raisins ($^{\circ}\text{Oe}$) à la vendange sur différentes parcelles du réseau à La Côte, à Bonvillars et au Chablais. Chasselas, canton de Vaud (CH), 2003.

Terroirs viticoles vaudois

sites à faible vigueur. Néanmoins, les différences ont été modestes au cours des millésimes 2001-2002. Les températures caniculaires enregistrées durant l'été et la maturation du raisin en 2003 ont fait chuter les teneurs en acidité totale et en acide malique des moûts sur l'ensemble du réseau. L'acide malique a été fortement dégradé en raison des températures extrêmes et du fort éclaircissement régnant dans la zone des grappes après la chute des feuilles due au stress hydrique.

Les valeurs de l'indice de formol en cours de maturation du raisin et à la vendange indiquent si les moûts ont été carencés ou non en azote assimilable par les levures. De manière générale, les sites étudiés n'ont pas présenté de carence élevée en azote durant les trois années d'observation (résultats non présentés).

Bibliographie

AVICE J., OURRY A., LEMAIRE G., BOUCAUD J., 1996. Nitrogen and carbon flows estimated by ^{15}N and ^{13}C pulse-chase labeling regrowth of alfalfa. *Plant physiol.* **112**, 281-290.

BAGGIOLINI M., 1952. Les stades de repères dans le développement annuel de la vigne et leur utilisation pratique. *Rev. romande Agric., Vitic.* **8**, 4-6.

BAIZE D., JABIOL B., 1995. Guide pour la description des sols. INRA, 375 p.

CHONÉ X., 2001. Contribution à l'étude des terroirs de Bordeaux: Etude des déficits hydriques modérés, de l'alimentation en azote et de leurs effets sur le potentiel aromatique des raisins de *Vitis vinifera* L. cv. Sauvignon blanc. Thèse de doctorat de l'Université de Bordeaux 2, 188 p.

GAUDILLÈRE J.-P., VAN LEEUWEN C., 2000. Mieux évaluer la contrainte hydrique. Agronomie et écophysologie: discrimination isotopique du carbone du sucre et des moûts. *VITI* **249**, 20-22.

GAUDILLÈRE J.-P., VAN LEEUWEN C., OLLAT N., GOUTOULY F., CHAMPAGNOL F., 1999. $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$. Discrimination measured in tartrate and sugars in mature grapevine berries. *Acta Hort.* **493**, 63-68.

HACK H., BLEIHOLDER H., BUHR L., MEIER U., SCHNOCK-FRICKE U., WEBER E., WITZENBERGER A., 1992. Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono- und dikotyledoner Pflanzen. Erweiterte BBCH-Skala. Allgemeine. *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd.* **44** (12), 265-270.

LEBON E., 1993. De l'influence des facteurs pédo- et mésoclimatiques sur le comportement de la vigne et les caractéristiques du raisin. Application à l'établissement de zonage des potentialités qualitatives en vignoble à climat semi-continentale (Alsace). Thèse de doctorat. Centre des sciences de la terre, Université de Bourgogne, 165 p. + annexes.

LETESSEIER I., FERMOND C., 2004. Etude des terroirs viticoles vaudois (Suisse), Géo-pédologie. Zone pilote de La Côte: Appellations Bursinel, Vinzel, Luins et Begnins. Rapports SIGALES, Etudes de sols et de terroirs, 38410 Saint-Martin d'Uriage, 70 p.

MORLAT R., 1989. Le terroir viticole: contribution à l'étude de sa caractérisation et de son influence sur les vins. Application aux vignobles rouges de la moyenne vallée de la Loire. Thèse doct. Etat, Bordeaux II, 289 p. + annexes.

Conclusions

- La méthode de travail retenue pour la caractérisation des terroirs viticoles vaudois tente d'intégrer l'ensemble des paramètres susceptibles d'expliquer le fonctionnement d'un terroir: d'une part, les facteurs naturels (géologie, pédologie et climat) et, d'autre part, le comportement de la vigne qui est le principal révélateur de la valeur d'un terroir.
- L'étude du comportement de la vigne a indiqué une très bonne corrélation entre la physiologie de la plante (état hydrique, développement végétatif, poids des baies, accumulation des sucres) et la réserve en eau des sols. Cette observation permet d'affirmer que la méthode utilisée pour la caractérisation des sols est pertinente.
- L'étude de la plante a mis en évidence le rôle bénéfique d'une contrainte hydrique modérée durant la maturation du raisin pour l'accumulation des sucres et pour un arrêt précoce de la végétation.
- Le principal facteur qualitatif d'un terroir paraît être son aptitude à réguler l'alimentation en eau.
- Les résultats de l'étude peuvent être utilisés pour la gestion des techniques culturales (couverture des sols, choix des porte-greffes, etc.) dans le vignoble en relation avec la réserve hydrique des sols.
- La caractérisation des terroirs effectuée à ce jour ouvre des perspectives passionnantes dans l'optique d'étudier l'adaptation des cépages aux différents terroirs du vignoble vaudois.

MORLAT R., 2001. Terroirs viticoles: Etude et valorisation. Editions Oenoplurimédia, collection Avenir Œnologie, 120 p.

PYTHOUD K., CALOZ R., 2003. Base de données, SIG et modélisation du mésoclimat. Rapport du laboratoire de SIG, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), CH-1015 Lausanne, 216 p.

SCHOLANDER P. F., HAMMEL H. T., BRADSTREET E. D., HEMMINGZEN E. A., 1965. Sap Pressure in Vascular Plants. *Science* **148**, 339-346.

SEGUIN G., 1983. Influence des terroirs viticoles sur la constitution et la qualité des vendanges. *Bull. O.I.V.* **623**, 3-18.

SPRING J.-L., 2004. Influence de l'alimentation hydrique sur le comportement de la vigne et la qualité des vins de cépages rouges. Les conférences d'Agrovina, Journée d'information viticole, Martigny, 28 janvier 2004, 26-33.

SPRING J.-L., MURISIER F., 2004. Comportement viticole et influence sur la qualité des moûts et des vins. Rapport sur le réseau de parcelles de Chamoson: VITI 2000 - Chamoson (CH). Résultats 1997-2000. Rapport Agroscope RAC Changins, Centre viticole du Caudoz, CH-1009 Pully, 78 p.

TRÉGOAT O., 2003. Caractérisation du régime hydrique et du statut azoté de la vigne par des indicateurs physiologiques dans une étude terroir au sein de huit grands crus de Bordeaux. Influence sur le comportement de la vigne et la maturation du raisin. Thèse de doctorat de l'Université de Bordeaux II, 285 p.

TRÉGOAT O., VAN LEEUWEN C., CHONÉ X., GAUDILLÈRE J.-P., 2002. Etude du régime hydrique et de la nutrition azotée de la vigne par des indicateurs physiologiques. Influence sur le comportement de la vigne et la maturation du raisin (*Vitis vinifera* L. cv. Merlot, 2000, Bordeaux). *J. int. Sci. Vigne Vin* **36** (3), 133-142.

VAN LEEUWEN C., 1991. Le vignoble de Saint-Emilion: répartition des sols et fonctionnement hydrique, incidences sur le comportement de la vigne et la maturation du raisin. Thèse doct. nouveau régime, Bordeaux II, 154 p.

VAN LEEUWEN C., SEGUIN G., 1994. Incidences de l'alimentation en eau de la vigne, appréciée par l'état hydrique du feuillage, sur le développement végétatif et la maturation du raisin. *J. int. Sci. Vigne Vin* **28**, 81-110.

VAN LEEUWEN C., GAUDILLÈRE J.-P., TRÉGOAT O., 2001. L'évaluation du régime hydrique de la vigne à partir du rapport isotopique $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$. L'intérêt de sa mesure sur les sucres du moût à maturité. *J. int. Sci. Vigne Vin* **35** (4), 195-205.

ZUFFEREY V., MURISIER F., 2004. Etude des terroirs viticoles vaudois (Suisse). Comportement de la vigne en fonction des conditions pédo-climatiques. Rapport final. Agroscope RAC Changins, Centre viticole du Caudoz, CH-1009 Pully, 221 p.

Remerciements

Les auteurs remercient vivement la Commission pour la technologie et l'innovation (CTI) pour son aide financière et la direction d'Agroscope RAC Changins, station fédérale de recherches agronomiques, qui nous a permis de réaliser ce travail de recherche viticole.

Nos remerciements chaleureux s'adressent également aux membres du comité du projet, à l'Office de la viticulture du canton de Vaud et à l'Association pour l'étude des terroirs viticoles vaudois, en particulier à son président Louis-Philippe Bovard, pour la confiance témoignée. Nous sommes profondément reconnaissants à Conrad Briguet (chef du projet) pour son soutien précieux et sa disponibilité renouvelée tout au long de la réalisation de cette étude.

Notre gratitude s'adresse finalement à tous les vigneron(ne)s qui ont partagé ce projet et nous ont fait part de leur savoir et de leur passion pour la culture de la vigne et du vin.