



# Revue suisse de viticulture arboriculture horticulture

Septembre-Octobre 2007 – Vol. 39 – N° 5

Prix: 13.-

Publiée par la Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW, l'Ecole d'ingénieurs de Changins, Agridea et avec l'appui d'Agora





**OldSTONES®**  
PANEL SYSTEM

Extrêmement fins, ...

**Des vrais murs  
en fausses pierres**



flexibles, ...



résistants au feu, ...



isolants, ...



Des murs en parfaite harmonie avec leur entourage.

légers, ...

Des solutions pratiques pour créer de nouveaux espaces.



Des combinaisons avec tous types de styles et de matériaux.

impermeables, ...



indéformables, ...



facile à poser, ...



**Votre fournisseur  
monteur...**



Construction **P**lastic

1070 Puidoux

Tél. 021 946 33 34 - Fax 021 946 33 86

[www.serex-plastic.ch](http://www.serex-plastic.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](mailto:info@multivitis.ch) [www.multivitis.ch](http://www.multivitis.ch)



Tracteur Viti-plus équipé d'une préailleuse Binger ou Ero

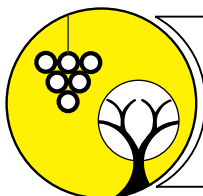
# LOEFFEL

- 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](http://www.loeffel-fils.com)



## Sommaire



### Photo de couverture:

Après la récolte, les fruits entament une nouvelle période de leur vie, souvent plus longue que leur développement sur l'arbre, dans les entrepôts jusqu'à leur commercialisation. Cette étape fait appel à des techniques de climatisation et de conditionnement toujours plus pointues, adaptées à l'espèce et à la variété. La fraîcheur et la santé des pommes sont ainsi maintenues parfois jusqu'à la récolte suivante (voir l'éditorial et les articles de Siegrist et Cotter et Siegrist *et al.* en p. 295 et 301). Les légumes de garde font également l'objet d'essais pour préserver leur qualité durant et après le stockage (voir l'article de Crespo *et al.* en p. 327).

(Photo G. Skory,  
Agroscope Changins-Wädenswil ACW)

### Editorial

L'entreposage des fruits: hier, aujourd'hui, demain – E. HÖHN 285

### Agroscope Changins-Wädenswil ACW

Sélection de nouvelles variétés de pommes à Agroscope ACW 287

M. KELLERHALS, S. von BURG, P. A. KNOBEL, A. PATOCCHI, B. DUFFY,  
D. CHRISTEN et J. FREY

Entreposage frigorifique de pommes Pinova en atmosphère contrôlée AC et ULO 295

J.-P. SIEGRIST et P.-Y. COTTER

Recommandations 2007-2008 aux entrepositaires de fruits et légumes 301

J.-P. SIEGRIST, E. HÖHN et F. GASSER

Expression végétative et alimentation azotée de la vigne.  
Observations sur Chasselas et Pinot noir 315

J.-L. SPRING et V. ZUFFEREY

Préservation de la qualité de la carotte après récolte 327

P. CRESPO, D. BAUMGARNER, A. KÄGI, W. HELLER et E. HÖHN

Le glyphosate: bilan de la situation mondiale et analyse de quelques conséquences  
malherbologiques pour la Suisse 333

N. DELABAYS et C. BOHREN

### En collaboration avec Sol-Conseil

Le diagnostic foliaire en arboriculture: bilan de 20 ans d'étude 307

J.-A. NEYROUD, S. AMIGUET, G. ANDREY et Ch. EVEQUOZ

### Ecole d'ingénieurs de Changins

Projet «Fûts de chêne» de l'Ecole d'ingénieurs de Changins  
Une filière suisse de tonnellerie certifiée 323

J. AUER et A. RAWYLER

### Nouveautés de l'Ecole d'ingénieurs de Changins

Deux étudiants de l'EIC à la conquête de l'Europe – J. DUCRUET 341

Etude des terroirs viticoles de Genève 342

S. BURGOS, N. DAKHEL, M. DOCOURT et J.-J. SCHWARZ

### Informations agricoles

SIMEI 2007 du 13 au 17 novembre 2007 à Milan 314

SITEVI 2007 du 27 au 29 novembre 2007 à Montpellier 332

AGROVINA 2008 du 22 au 25 janvier 2008 à Martigny 340

Actualités de Wädenswil 343

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

Ces deux revues sont référencées dans les banques de données internationales suivantes: Agricola, AGRIS, CAB, ELFIS et FSTA.

**ÉDITEUR:** AMTRA (Association pour la mise en valeur des travaux de la recherche agronomique).  
CP 1006, 1260 Nyon 1 (Suisse) – www.amtra.ch

**RÉDACTION:** André Maillard (directeur et rédacteur en chef)  
Eliane Rohrer et Sibylle Willi  
tél. (+41) 22 363 41 54, fax (+41) 22 363 41 55,  
e-mail: eliane.rohrer@acw.admin.ch

**COMITÉ DE LECTURE:** J.-Ph. Mayor (directeur), Ch. Carlen, N. Delabays,  
P. Gugerli, F. Murisier et O. Viret (ACW)  
C. Briguet (directeur) EIC  
Dominique Barjolle (directrice) Agridea

**PUBLICITÉ:** PRAGMATIC SA, 9, av. de Saint-Paul, 1223 Coligny,  
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

### 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 (2007)

	SIMPLE (6 numéros)	COMBINÉ (12 numéros)
SUISSE:	CHF 43.–	CHF 64.–
FRANCE:	€ (Euros) 34.–	€ (Euros) 49.–
AUTRES PAYS:	CHF 49.–	CHF 72.–

**RENSEIGNEMENTS ET COMMANDES:** Pierre-Alain Nussbaum,  
Agroscope Changins-Wädenswil ACW, 1260 Nyon 1  
Tél. (+41) 22 363 41 51/52 ou fax (+41) 22 363 41 55  
E-mail: pierre-alain.nussbaum@acw.admin.ch

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



natural

Vins de caractère avec un profil sensoriel plus complexe.  
**Bactéries malolactiques**  
**BioStart®** – Pour un procédé naturel en toute sécurité.

- **BioStart® Forte SK2®**  
Adapté à des conditions de FML défavorables.
- **BioStart® Bianco SK3®**  
Spécialement pour la FML des vins blancs.

Importateur pour la Suisse:  
**köppel**

Tel.: 071 638 03 33  
 www.koepfel-berg.ch  
 Représentant pour la Suisse romande et Tessin:  
 John Fontannaz • Tel.: 079 310 16 28  
 E-Mail: john.fontannaz@netplus.ch



www.erbsloeh.com

**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

**LA PUISSANCE MAÎTRISÉE**  
 Asservi ou impulsif

Hyper puissant  
 Léger (860 gr.)  
 Autonomie + de 8h  
 Fiabilité et service apprécié  
**GARANTIE 3 SAISONS !**  
 (avec programme de révision)

20 ans de collaboration avec  
**CERCLE DES AGRICULTEURS**  
 Rue des Sablières, 15 - Cp 15 - 1242 Satigny / GE  
 Tél. : 022 306 10 10 - Fax : 022 306 10 11

## L'entreposage des fruits: hier, aujourd'hui, demain

### Une étape dans la chaîne de production

L'entreposage des fruits est un maillon de l'ensemble de la chaîne de production allant de la culture à la vente en passant par la récolte. Le choix du moment de la cueillette est particulièrement important: les fruits cueillis trop tôt manquent de goût, les fruits cueillis trop tard se conservent moins longtemps. Dans le cas des pommes, le stade de maturité adéquat se mesure à la fermeté de la chair, à la teneur en matière sèche soluble et au niveau de dégradation de l'amidon. Ces critères permettent de définir une «fenêtre de récolte» optimale, de une à deux semaines selon la variété.

### L'entreposage frigorifique

Dans ce type d'entreposage, l'exploitant peut contrôler les paramètres de conservation des fruits tels que la température, l'humidité, la composition ou la «pureté» de l'atmosphère et les mouvements de l'air. L'abaissement de la température diminue l'intensité de la respiration des fruits et retarde leur dégradation. La composition de l'air, en particulier la teneur en oxygène et en gaz carbonique, influence la respiration et d'autres réactions du métabolisme. Cet effet est également utilisé dans l'entreposage en atmosphère contrôlée (AC).

### Atmosphère contrôlée

En 1960, l'entreposage des fruits à pépins a été révolutionné par l'introduction de l'atmosphère contrôlée. La réduction de 1 à 5% des teneurs en O<sub>2</sub> et l'augmentation de 1 à 5% des teneurs en CO<sub>2</sub> réduisent l'activité respiratoire des fruits de 30 à 50% par rapport aux frigos. Le stockage peut ainsi être rallongé de trois à six mois. En Suisse, actuellement plus de 95% des fruits à pépins sont mis en AC: les pommes se conservent ainsi de dix à douze mois, les poires de sept à huit mois. Au fil des années, cette technique a été encore développée par l'abaissement du taux d'oxygène (LO, ULO), qui exige une très bonne étanchéité des locaux vis-à-vis des gaz. Toutes les variantes AC nécessitent une surveillance des

entrepôts avec un système de contrôle informatisé des paramètres d'entreposage, relativement complexe.

### Entreposage dynamique en AC

Aujourd'hui, deux nouveaux systèmes sont en phase d'introduction, l'entreposage dynamique en AC (DCA ou DCS) et le 1-MCP, qui pourraient représenter un nouveau saut quantique dans la technologie de l'entreposage. L'entreposage dynamique en AC consiste à adapter les conditions d'entreposage, en particulier la teneur en oxygène de l'atmosphère de l'entrepôt, à l'état physiologique du fruit, un entreposage en quelque sorte «intelligent», qui utilise la réaction physiologique des fruits à une baisse de la teneur en oxygène de l'atmosphère pour contrôler les conditions de stockage. Les fruits peuvent par exemple réagir à une baisse de la teneur en oxygène en augmentant leur production d'éthanol ou en modifiant la fluorescence de la chlorophylle.

### Le 1-MCP et l'entreposage des pommes

Les pommes et les poires sont des fruits dits climériques, c'est-à-dire qui entament après la récolte une phase de maturation. Celle-ci est déclenchée par l'éthylène, une phytohormone qui stimule la production des enzymes de maturation. Le 1-méthylcyclopropène (1-MCP) est un inhibiteur de l'éthylène: il ralentit donc la maturation des fruits. Le 1-MCP est autorisé en Suisse depuis 2005 pour le stockage des pommes. Le traitement au 1-MCP ralentit la perte de fermeté et d'acidité des pommes pendant l'entreposage. S'agissant de ces deux paramètres, les fruits traités sont mieux notés par les consommateurs que les fruits non traités. Les adeptes enthousiastes de cette méthode pensent que le 1-MCP va révolutionner l'entreposage des pommes, comme autrefois le lancement de la technique d'entreposage en AC. L'avenir nous dira si ces espoirs sont justifiés.

Ernst Höhn, ACW

@ E-mail: [ernst.hoehn@acw.admin.ch](mailto:ernst.hoehn@acw.admin.ch)

# FELCO

SWISS  MADE

# FELCO 810

FELCOTRONIC



## Nouveau

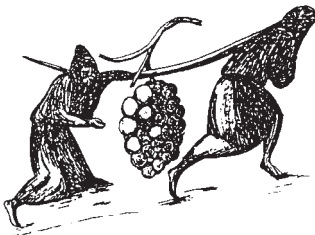
FELCO SA

CH-2206 Les Geneveys-sur-Coffrane

T +41 328 581 466 • F +41 328 571 930

info@felco.ch • www.felco.ch

# YVES MARTIN



## PÉPINIÈRE VITICOLE



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

[www.chamoson.ch/pepiniere-martin](http://www.chamoson.ch/pepiniere-martin)  
e-mail [pepiniere-martin@bluewin.ch](mailto:pepiniere-martin@bluewin.ch)



## Optisol

La force de votre sol



Engrais adapté à toutes vos cultures

## TRADECORP

Complément idéal pour les besoins de vos plantes

Les produits Optisol et Tradecorp sont distribués en Suisse par Optisol, 1913 Saillon.

Vos conseillers:  
Claude Dumauthioz 079 350 53 56  
Robert Justamond 079 641 26 03



## Sélection de nouvelles variétés de pommes à Agroscope ACW

M. KELLERHALS, S. von BURG, P. A. KNOBEL, A. PATOCCHI, B. DUFFY, D. CHRISTEN et J. FREY,  
Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW, CP 185, 8820 Wädenswil

@ E-mail: [markus.kellerhals@acw.admin.ch](mailto:markus.kellerhals@acw.admin.ch)  
Tél. (+41) 44 78 36 242.

### Introduction

La station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil (ACW) conduit des programmes de sélection pour le pommier, le poirier et l'abricotier. Le programme de création de variétés de pommes, localisé principalement à Wädenswil, suit une tradition qui remonte au début du siècle dernier. Des variétés comme Maigold, Arlet, Iduna, Ariwa (résistante à la tavelure et à l'oïdium), Milwa (Diwa®), La Flamboyante (Mairac®) et Galmac sont issues de ce programme. Au début des travaux, à Wädenswil, la sélection du pommier était orientée vers des variétés destinées à la production de jus de pomme et de cidre. Après la Seconde Guerre mondiale, à la suite du grand succès de la variété Golden Delicious, la sélection chercha à obtenir des pommes de table de bonne qualité, de longue conservation, avec une production régulière et abondante. En 1985, le programme pour le pommier a été renforcé, en intégrant les exigences de la production intégrée et biologique et en considérant le regard critique des consommateurs à l'égard des traitements phytosanitaires, des résidus et d'une sélection trop éloignée de la nature.

Aujourd'hui, les objectifs de sélection sont déterminés par les exigences des producteurs, du commerce et des consommateurs:

- Excellente qualité des fruits
- Bonne production
- Résistance vis-à-vis des maladies (feu bactérien, tavelure, oïdium, etc.)
- Bonne conservation et tenue jusqu'à l'étalage (*shelf life*).

### Résumé

Le programme de sélection pour le pommier d'Agroscope Changins-Wädenswil (ACW) a pour but de développer des variétés de haute qualité, performantes sur le plan agronomique et munies de résistances durables aux principales maladies. Après les croisements, la sélection se poursuit par des méthodes classiques et moléculaires. Les marqueurs moléculaires servent à retrouver les plantes qui associent plusieurs gènes de résistance contre le même pathogène. Actuellement, les marqueurs moléculaires utilisés pour la résistance à la tavelure donnent de très bons résultats. D'autres marqueurs moléculaires sont testés pour la résistance au feu bactérien, ainsi que pour des caractères qualitatifs, tels que la fermeté et l'acidité des fruits. Pour commercialiser les obtentions ACW, un partenariat a été mis en place avec la société VariCom Sàrl, spécialisée dans le marketing des variétés.



Fig. 1. Pour les croisements, les branches du parent femelle sont ensachées pour éviter la pollinisation par des insectes.

Ces objectifs majeurs sont définis toujours plus précisément et actualisés en accord avec la filière fruitière et par le biais de tests de consommateurs. Le programme de sélection doit conserver une certaine diversité de caractères pour pouvoir répondre aux besoins sur dix à vingt ans, soit jusqu'au moment de la sortie d'une nouvelle variété. Certains des objectifs de la sélection du pommier concernent une production respectueuse de l'environnement et sont à l'origine de la création de variétés résistantes aux principales maladies telles que la tavelure (*Venturia inaequalis*), l'oïdium (*Podosphaera leucotricha*) et le feu bactérien (*Erwinia amylovora*). La tavelure est la principale maladie fongique du pommier. Au début du siècle dernier, des études ont été menées, principalement aux Etats-Unis et en Allemagne, pour trouver des sources de résistances et les utiliser dans des programmes de sélection (Kellerhals, 1989; Gessler *et al.*, 2006). La résistance du pommier à la tavelure est due à différents gènes de résistance: *Vf*, *Va*, *Vh2*, *Vb*, *Vbj*, *Vm* et autres. Ces gènes proviennent en majorité d'espèces sauvages du genre *Malus*, comme *M. floribunda*, *M. baccata*, *M. baccata jackii*, *M. micromalus*, etc. (*Vf*: *V* = *Venturia*, *f* = *floribunda*). Ces résistances se basent sur des gènes majeurs, dont l'expression est modifiée par des gènes mineurs (Williams et Kuç, 1969). Des variétés de bonne résistance ont été obtenues par rétrocroisement. Les résistances polygéniques sont connues depuis longtemps dans les variétés anciennes également et se manifestent par une sensibilité réduite, mais partielle vis-à-vis du champignon. Pour aboutir à une résistance durable, il est indispensable avant le croisement de connaître en détail le comportement des parents vis-à-vis des pathogènes. L'apparition de nouvelles races de pathogènes dans certaines régions européennes, en particulier les races 6 et 7 de *Venturia inaequalis*, capables de contourner la résistance *Vf* dans certaines conditions, démontre que la résistance est vulnérable; une attention particulière doit être portée au niveau génétique, ainsi qu'aux pratiques culturales (Parisi *et al.*, 1993). Au cours de ces dernières années, de nouvelles méthodes ont été développées. Les progrès en biologie moléculaire ont permis de participer à des programmes de recherche européens pour l'analyse génétique du pommier (King *et al.*, 1991; Lospinasse *et al.*, 2000; Gianfranceschi et Soglio, 2004). Ces projets permettent une collaboration étroite et fructueuse entre les sélectionneurs et les biologistes moléculaires et

mettent à disposition des outils de sélection de pointe. La synergie entre ACW, l'EPFZ et l'INRA d'Angers a permis de développer des marqueurs moléculaires pour la résistance au feu bactérien (Calenge *et al.*, 2005; Khan *et al.*, 2006; 2007).

## Matériel et méthodes

L'amélioration du pommier se fait en plusieurs étapes (tabl.1). Les géniteurs sont choisis en fonction de leurs résistances et de la qualité de leurs fruits, ainsi que des exigences spécifiques des régions de production suisses, du commerce et des consommateurs. Les croisements créent la diversité génétique désirée qui permet de sélectionner les plantes les plus performantes. Pour introduire dans la future variété un gène de résistance à une maladie, l'un des parents au moins doit être porteur de résistances. L'autre parent apporte souvent une haute qualité des fruits et la productivité. Chaque année, environ 10 000 pépins résultant de différents croisements réalisés à ACW (fig.1 et 2). Ils sont stratifiés pendant l'hiver et semés au mois de mars. La sélection se fait sur la descendance du croisement, aujourd'hui encore surtout par sélection massale, sur la base du phénotype.



Fig. 2. Le pollen du parent mâle est déposé au pinceau sur les étamines du parent femelle.

Toutefois, les techniques actuelles permettent de plus en plus de caractériser précocement les génotypes les plus intéressants issus des croisements.

## Evaluation des résistances aux maladies

Dans le programme de sélection ACW, les plantes sensibles à la tavelure sont dépistées précocement en les soumettant à une forte pression de maladie en serre. Une suspension aqueuse de 350 000 conidies/ml est appliquée au stade 4 feuilles. L'humidité reste à 98% pendant deux jours, afin de garder des gouttes sur les feuilles. Une humidité relative de l'air de 60-80% et une température de 18 à 20 °C sont maintenues pendant les dix jours suivants. Après cette période, les symptômes de l'infection sont visibles sur les feuilles. Ce test d'infection permet de diminuer le nombre de plantes à environ 50% du nombre initial, s'il s'agit d'un parent résistant hétérozygote. Dans le cas de résistances majeures comme *Vf*, *Vh2*, *Vb* ou *Vbj*, l'échelle de Chevalier *et al.* (1991) est utilisée pour différencier les classes de résistance sur les feuilles des jeunes plantes préalablement inoculées (fig. 3). Pour une résistance partielle, l'échelle quantitative de



Fig. 3. Symptômes de résistance à la tavelure basée sur le gène *Vh2* d'un semis de pommier en serre.

Tableau 1. Schéma de sélection de variétés de pommes résistantes aux maladies à Agroscope ACW.

Année	Stade/Opération	Remarques
1	Hybridation	Croisements avec porteurs de résistances
2	Semis Tests précoces de résistance en serres et en laboratoire	Sélection visuelle pour la tavelure en serre et sélection assistée par marqueurs moléculaires
3	Sélection végétative pour l'oïdium, la juvénilité, etc. en plein champ	Greffage sur porte-greffe nanisant M27
5-9	Sélection pour la qualité des fruits et de l'arbre (stade 1)	Multiplication la plus rapide possible pour le stade suivant
8-13	Test stade A (3 arbres) sur les caractères du fruit et de l'arbre	Test avec partenaires commerciaux, comparaison avec variétés de référence, test virologique
12-18	Test stades B (4 x 4 arbres) et C (50 arbres)	Test de conservation d'éclaircissage, test de consommateurs, démonstrations
19-20	Homologation	Diffusion par VariCom Sàrl





Fig. 4. Sélections plantées au stade 1 à raison d'un arbre par génotype.

Lefrancq *et al.* (2004) est appliquée. Pour leurs descendances, la dose d'inoculation est réduite à 10% (c'est-à-dire 35 000 conidies/ml d'eau). Depuis plusieurs années déjà, la base génétique de la résistance est en train d'être élargie. Différents gènes de résistance, comme Vf et Vh2, sont combinés dans le même génotype par voie classique. Des marqueurs moléculaires liés à ces gènes permettent de détecter les plantes issues de ces croisements qui portent plusieurs types de résistances. Pour l'analyse moléculaire, l'extraction de l'ADN et les analyses se font selon la méthode de Frey *et al.* (2004). Les feuilles des plantes à analyser sont prélevées sous serre ou au champ.

Pour les tests d'inoculation au feu bactérien dans les serres sécurisées d'ACW, des plantes greffées et plantées en pots de plastique (Stuewe & Sons, Corvallis, US; 35,5 cm de haut et 7 cm de diamètre) sont utilisées, avec dix répétitions par génotype. Les rameaux en croissance sont inoculés par injection à la seringue d'une goutte de suspension bactérienne, juste au-dessous de l'apex. Cette solution aqueuse contient 10<sup>6</sup> ufc/ml d'*E. amylovora*. La longueur de la partie nécrosée est mesurée une, deux et trois semaines après l'inoculation par rapport à la longueur totale du rameau. La grande variabilité des résultats d'une plante à l'autre du même génotype est bien connue (Le Lezec *et al.*, 1986) et ne permet qu'une classification grossière.

Pour la première fois cette année, des marqueurs moléculaires (GE-8019 et AE10-375) liés à un QTL (*quantitative trait loci*) ont été testés contre le feu bactérien (très difficile à contrôler autrement).

En deuxième année, la sensibilité à l'oïdium, la juvénilité et le type de croissance sont les critères qui permettent de réduire à 10% la population initiale. Les hybrides ainsi sélectionnés sont écussonnés sur un porte-greffe faible en pépinière. Ils sont alors plantés en verger «stade 1» et y fructifient par la suite (fig. 4).

## Qualité du fruit et de la production

Les observations ultérieures portent essentiellement sur la qualité du fruit, la production et le comportement des arbres. Les meilleurs hybrides, soit les 1 à 2% restants, sont testés à raison de 3 arbres. A ce stade, les hybrides sont comparés aux dernières obtentions des sélectionneurs étrangers. Les meilleurs génotypes sont ensuite plantés à raison de 4 x 4 arbres et comparés avec des variétés commerciales connues. Leur aptitude pour la production intégrée et biologique est également examinée.

Une variété présentant une bonne résistance aux maladies sera valorisée seulement si les fruits ont une qualité élevée et les arbres des rendements satisfaisants et réguliers. Les critères définissant la qualité sont multiples: à part l'aspect extérieur – calibre, coloration, épiderme, etc. – la qualité intrinsèque est essentielle, comme l'équilibre acidité/sucre (saveur), la fermeté, la jutosité, la résistance aux dégâts physiologiques, la bonne conservation et la longue tenue à l'étalage.

Dans le programme de sélection du pommier, les premiers fruits se récoltent environ cinq ans après le croisement. Dans une pre-

mière phase, des critères bien définis permettent de distinguer les plantes avec des fruits prometteurs des autres. Les milieux du commerce, la commission professionnelle pour l'examen des variétés de fruits et d'autres personnes sont intégrés dans l'évaluation. A part ces intervenants, des panels d'experts jugent également des critères qualitatifs. Des dégustations par des consommateurs et des tests de conservation sont réalisés dans une phase ultérieure.

Le projet européen Hidras (*High-quality Disease Resistant Apples for a Sustainable Agriculture*, [www.hidras.unimi.it](http://www.hidras.unimi.it)), auquel la Suisse participe, a pour but d'identifier les facteurs génétiques qui déterminent la qualité des fruits (Eigenmann et Kellerhals, 2007). Les variétés résistantes à la tavelure y jouent en rôle important. Des partenaires de différents pays européens collaborent en parfaite synergie. Les partenaires suisses sont ACW et l'EPFZ. A Wädenswil, des tests sur la perception de la qualité des fruits ont été réalisés avec des panels d'experts et avec des consommateurs (Kellerhals et Eigenmann, 2006). Ces résultats seront utilisés dans la sélection assistée par marqueurs moléculaires.

Le niveau de production et la régularité des rendements, la rapidité de la mise à fruit, la ramification et la fructification de l'arbre sont des aspects importants pour la production qui sont observés dans les essais.

Finalement, des 30 000 à 50 000 semis du début sort en moyenne une seule variété commerciale.

## Résultats et discussion

Actuellement, un pool de géniteurs présentant une large gamme de qualité de fruits et d'arbres, et de résistances vis-à-vis des maladies, est à disposition. Les sélections avancées et les variétés du programme ACW sont souvent utilisées comme parents (tabl. 2). A côté d'elles figurent des géniteurs du pool mondial, comme la variété américaine «Enterprise», résistante à la tavelure et au feu bactérien, de même que des variétés anciennes, comme «Bellefleur Jaune», intégrées pour certaines caractéristiques typiques des fruits afin d'élargir la base génétique des variétés commerciales ACW.

Tableau. 2. Exemples de croisements effectués en 2006.

Parent femelle	Parent mâle	Nombre de pépins
Milwa	FAW 13652 (Vf, PI2)	327
Milwa	Enterprise (Vf, FB)	383
FAW 9794 (Vf)	FAW 11640 (Vf, PI2)	535
FAW 10444 (Vf)	FAW 15423 (Vf, PI2)	592
FAW 11567 (Vh2)	FAW 12556 (Vf, Pld)	618
Rucliva	Bellefleur Jaune	644

Vf, Vh2: gènes de résistance à la tavelure. Pld, PI2: gènes de résistance à l'oïdium. FB: résistance au feu bactérien.

## Résistances aux maladies

La classification des symptômes de tavelure dans le test en serre permet une première sélection des plantes (fig. 5). La répartition dans les classes de sensibilité diffère selon la constitution génétique des parents choisis. Un parent hétérozygote pour *Vf* (exemple Ariane, FAW 8259) croisé avec une variété sensible (Fuji) donne 50% de plantes résistantes *Vf* (classes 0 à 3b selon Chevalier *et al.*, 1991). En associant deux gènes de résistance à la tavelure (*Vh2* × *Vf*), une ségrégation de 3:1 est attendue entre résistantes et sensibles. En général, seule la classe 4 est considérée comme sensible, bien que les symptômes de la classe 3b soient proches de la sensibilité. Dans le cas des résistances polygéniques démontrées par les descendance Milwa × Korastojnka et Rucliva × Bellefleur Jaune, seules les classes 0 à 2 (selon Lefrancq *et al.*, 2004) sont considérées comme résistantes. Cette proportion est souvent plus petite. Dans l'exemple de Milwa × Korastojnka, il semble que le parent mâle, Korastojnka, d'origine bulgare, porte une résistance partielle assez vigoureuse.

Pour mieux cibler les sélections résistantes au feu bactérien, le développement d'un test d'infection sur des sélections prometteuses dans une serre sécurisée à Wädenswil a été une étape importante (fig. 6). Ce test donne une indication sur la résistance et la sensibi-

lité de sélections prometteuses. Des candidates sont incluses pour une éventuelle commercialisation, ainsi que des parents potentiels pour la suite du programme ACW. En 2007, FAW 14995 et FAW 12309 sont ressorties du lot avec bonne résistance et une déviation standard plus faible que les autres génotypes. Chez ces deux sélections, le développement de la nécrose est pratiquement stoppé tandis que les autres sélections montrent une sensibilité comparable au témoin Gala, assez vulnérable aux attaques de feu bactérien dans les vergers suisses (fig. 6).

Des marqueurs moléculaires liés à la résistance à la tavelure ainsi que des QTL responsables de la résistance au feu bactérien ont été testés dans une descendance de FAW 9991 × Enterprise. Les deux parents portent le gène de résistance à la tavelure *Vf*. Ils sont hétérozygotes pour le marqueur co-dominant de *Vf*. Le tableau 3 montre la ségrégation pour le marqueur de *Vf* et pour deux marqueurs du feu bactérien. La descendance comprenait 509 semis dont 379 plantes phénotypiquement résistantes à la tavelure (75,1%), ce qui correspond parfaitement à une ségrégation résistant:sensible de 3:1 attendue avec deux parents hétérozygotes pour *Vf*. De ces 379 plantes phénotypiquement résistantes, 266 sont hétérozygotes et 104 sont homozygotes, soit la relation de 2:1 attendue.

Le marqueur du feu bactérien AE a distingué 277 plantes positives et 93 plan-

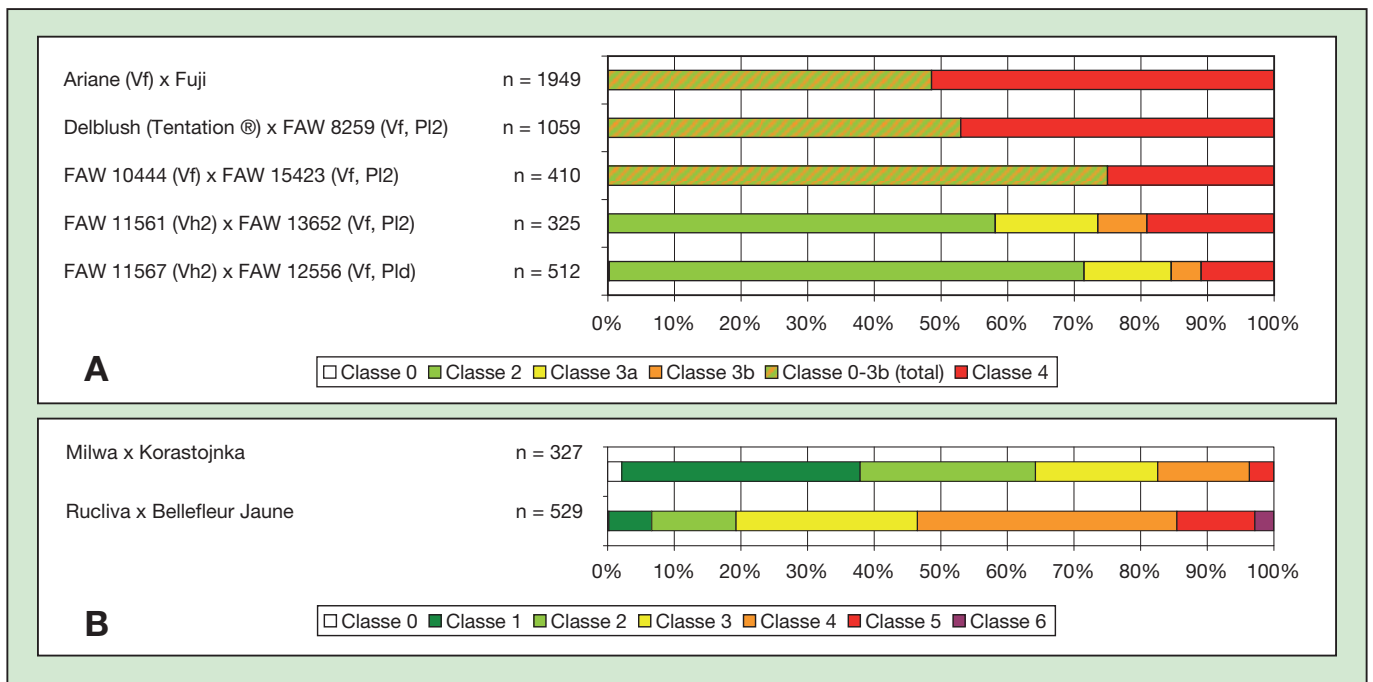
**Tableau 3. Analyse moléculaire de la descendance FAW 9991 × Enterprise et des parents (*Vf*: gène de résistance tavelure, AE, GE: marqueurs pour résistance feu bactérien).**

<i>Vf</i>	AE10-375	GE-8019	Nb de plantes
<b>h</b>	<b>+</b>	<b>+</b>	<b>139</b>
h	+	-	64
h	-	+	4
h	-	-	59
<b>H+</b>	<b>+</b>	<b>+</b>	<b>45</b>
H+	+	-	29
H+	-	+	0
H+	-	-	30
FAW 9991	+	-	
Enterprise	+	+	

h: gène *Vf* en état hétérozygote, H: gène *Vf* en état homozygote.  
+: marqueur présent. -: marqueur absent.

tes négatives. Cette ségrégation 3:1 permet de conclure que les deux parents sont hétérozygotes pour ce marqueur. 188 plantes portaient le marqueur GE et 182 ne le portaient pas. Cela permet de conclure qu'un parent porte le marqueur à l'état d'homozygote et que l'autre pas, ce que confirme l'analyse moléculaire des parents.

Ces résultats permettront de sélectionner les plantes dont les marqueurs AE



**Fig. 5. Répartition des symptômes de tavelure en serre dans différentes classes de résistance (n = nombre de plantes). A: Résistances pléiotropiques selon Chevalier *et al.* (1991): 0 = pas de symptômes à 4 = sensibilité totale. B: Résistances polygéniques selon Lefrancq *et al.* (2004): 0 = pas de symptômes à 6 = 75-100% de sporulation.**

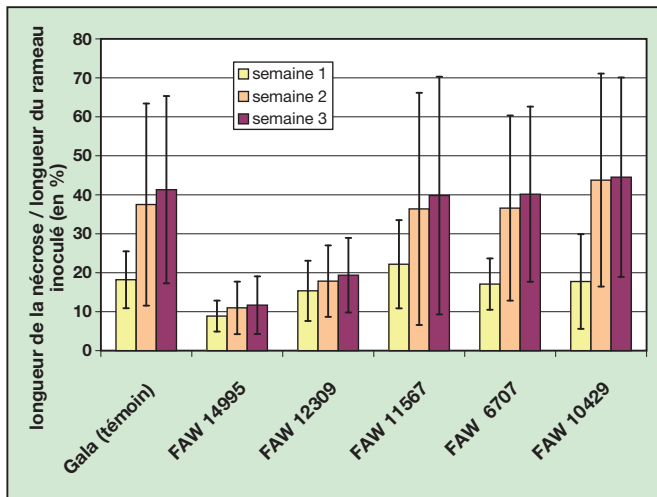


Fig. 6. Sensibilité au feu bactérien de sélections avancées par rapport au témoin Gala (test 2007).

et GE sont amplifiés, portant logiquement l'allèle du QTL lié à une résistance accrue au feu bactérien.

Depuis l'installation de chambres sécurisées dans les serres d'ACW, la résistance au feu bactérien fait partie intégrante du schéma de sélection. L'infection artificielle des plantes n'était pas réalisable avant l'arrivée de la maladie en Suisse. Des travaux mandatés par Fructus dans le cadre du programme PAN, plan d'action national pour les ressources génétiques, sont aussi en cours chez Agroscope pour identifier parmi les anciennes variétés de pommes et de poires les plus résistantes à ce fléau. Les premières observations sont encourageantes.

Les approches les plus performantes et les plus économiques sont recherchées en permanence, aussi pour les analyses moléculaires. Pour l'instant, toute la descendance (environ 10 000 semis par an) ne peut pas encore être testée avec des marqueurs moléculaires. Cette technique est réservée aux descendances qui possèdent plusieurs gènes de résistance pour le même pathogène, qui souvent ne peuvent pas être distingués visuellement.

## Qualité des fruits

Pour définir la qualité des fruits, le programme de sélection utilise des méthodes sensorielles et analytiques. La figure 7 montre la description sensorielle d'une sélection prometteuse d'ACW établie par un panel d'experts interne au sein du projet Hidras. Le goût actuel privilégie les pommes fermes, juteuses et savoureuses. Ces caractéristiques doivent se maintenir le plus longtemps possible durant l'entreposage, l'étalage et la consommation. Ces attributs sont ainsi évalués après dix jours à tempé-

ture ambiante. La qualité globale de la sélection mentionnée plus haut a été jugée encore meilleure après le test *shelf life* (dix jours à 20 °C).

## Production et commercialisation

Les obtentions d'ACW prennent toujours plus de place dans la production suisse et étrangère, en particulier les variétés Milwa (fig. 8) (Diwa® en Suisse et Junami® en Europe) et La Flamboyante (Mairac®). L'atout de la variété Galmac (fig. 9) est son époque de maturité précoce et la bonne qualité de ses fruits. La variété suisse Ariwa, avec sa bonne résistance à la tavelure et à l'oïdium, sa faible sensibilité au feu bactérien, la bonne qualité de ses fruits et son bon comportement agronomique, est une première étape très encourageante dans le créneau des variétés résistantes. D'autres produits encore plus performants sont en voie de développement pour répondre aux besoins de la filière fruitière.



Fig. 8. La variété Milwa (Diwa®).

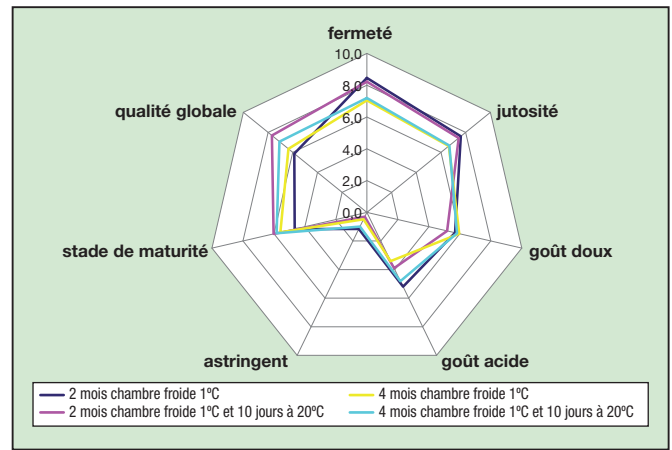


Fig. 7. Caractérisation sensorielle d'une sélection prometteuse d'ACW par un panel d'experts deux et quatre mois après la récolte (saison 2005-06). Entreposage en chambre froide normale (n = 13). Echelle: 0 = peu, 10 = beaucoup.



Fig. 9. La variété Galmac.

Une mise sur le marché professionnalisée s'impose de plus en plus pour assurer le succès d'une nouvelle obtention. L'accueil du produit par la production, le commerce, la vente et les consommateurs est essentiel, non seulement en Suisse, mais aussi au niveau mondial si possible. Aujourd'hui, Agroscope dispose d'un réseau performant au niveau international pour introduire des nouvelles obtentions sur le marché. Les partenaires commerciaux sont regroupés dans la société VariCom Sàrl ([www.varicom.org](http://www.varicom.org)), dont le but est de lancer les sélections intéressantes des programmes d'amélioration d'Agroscope.

## Réseaux de recherche

Depuis longtemps, les programmes de sélection de fruits d'Agroscope sont connectés à des instituts et à des programmes de recherches nationaux et internationaux, comme le groupe de phytopathologie de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich, pour ce qui

concerne la génétique et les marqueurs moléculaires; au niveau international, l'Institut d'East Malling Research en Angleterre, l'INRA Angers en France, l'Institut de recherches et de sélection de Holovousy en Tchéquie, le Hort Research en Nouvelle-Zélande, le centre de recherches de Laimburg en Italie et la Station fédérale de recherches en amélioration de Dresden en Allemagne sont nos partenaires pour l'échange d'informations, de parents et de méthodologie. Ces collaborations sont renforcées dans le cadre de projets européens de l'UE et de projets COST.

## Conclusions

- ❑ La sélection de nouvelles variétés de pommes ACW vise à améliorer la qualité des fruits, la résistance aux maladies et le comportement agronomique.
- ❑ Des méthodes classiques et moléculaires sont utilisées pour la sélection.
- ❑ La sélection pour la résistance au feu bactérien est un objectif de grande actualité et bien intégrée dans les activités de recherche d'ACW. Les premiers marqueurs moléculaires pour cette résistance sont disponibles.
- ❑ La mise sur le marché des variétés développées dans les programmes de sélection d'ACW est assurée par VariCom Sàrl, ce qui renforce l'impact du programme au niveau national et international.

## Remerciements

Nous remercions tous les collaborateurs et partenaires du programme de sélection ACW.

## Bibliographie

- Calenge F., Drouet D., Denance C., Van de Weg E., Brisset M. N., Paulin J. P. & Durel C. E., 2005. Identification of a major QTL together with several minor additive or epistatic QTLs for resistance to fire blight in apple in two related progenies. *Theor. Appl. Genet.* **111**, 128-135.
- Chevalier M., Lespinasse Y. & Renaudin S., 1991. A microscopic study of the different classes of symptoms coded by the *Vf* gene in apple for resistance to scab (*Venturia inaequalis*). *Plant Pathol.* **40**, 249-256.
- Eigenmann C. & Kellerhals M., 2007. Welche Äpfel wollen die Konsumentinnen und Konsumenten? *Agrarforschung* **14** (1), 4-9.
- Frey J. E., Frey B., Sauer C. & Kellerhals M., 2004. Efficient low-cost DNA-extraction and multiplex fluorescent PCR method for high-throughput marker-assisted selection (MAS) in apple breeding. *Plant Breeding* **123**, 554-557.

## Zusammenfassung

### Züchtung neuer Apfelsorten bei ACW

Das Ziel der Apfelzüchtung von Agroscope Changins-Wädenswil sind Sorten mit hoher Fruchtqualität, guten Produktionseigenschaften und dauerhaften Resistenzeigenschaften gegen die wichtigsten Krankheiten. Anschliessend an die Kreuzungen erfolgt die Auslese mit klassischen und molekularen Methoden. Die markergestützte Selektion wird dort angewendet, wo es um die Kombination verschiedener Resistenzen gegen das gleiche Pathogen geht. Zur Zeit prüfen wir auch die Anwendung von Markern für Feuerbrandresistenz und für Fruchtqualität. Bei der Fruchtqualität geht es um Festigkeit und Säuregehalt. Für die Markteinführung unserer Sorten arbeiten wir erfolgreich mit der Firma VariCom GmbH zusammen.

## Riassunto

### Selezione di nuove varietà di melo condotto presso Agroscope ACW

Il programma di selezione per il melo condotto presso Agroscope Changins-Wädenswil (ACW) ha lo scopo di ottenere delle varietà di alta qualità, buona produttività e resistenza durevole contro le principali malattie. Dopo gli incroci, la selezione continua con metodi classici e molecolari. La selezione assistita si serve di marcatori molecolari quando si tratta di combinare differenti resistenze contro lo stesso patogeno in una pianta. Altri marcatori molecolari sono provati per la resistenza al fuoco batterico come pure per i caratteri qualitativi, come la fermezza e l'acidità della frutta. Per commercializzare le varietà ottenute da ACW, un partenariato è stato realizzato con la società VariCom sàrl, specializzata nel marketing delle varietà.

## Summary

### Apple breeding at Agroscope ACW

The aim of the apple breeding programme of Agroscope Changins-Wädenswil is to develop varieties with outstanding fruit quality, good production and durable resistance against the main pathogens. Following the crosses, the selection is performed applying classical and molecular methods. Marker-assisted selection is applied where different resistances against the same pathogen need to be combined. Application of markers is also now tested for fire blight resistance and for fruit quality, mainly fruit firmness and acidity. For the marketing of new varieties, ACW is successfully collaborating with the VariCom company.

**Key words:** apple breeding, apple scab, fire blight, disease resistance, molecular markers.

Gessler C., Patocchi A., Sansavini S., Tartarini S. & Gessler C., 2006. *Venturia inaequalis* resistance in apple. *Critical reviews in Plant Sciences* **25**, 473-503.

Gianfranceschi L. & Soglio V., 2004. The European Project HIDRAS: Innovative Multidisciplinary Approaches to Breeding High Quality Disease Resistant Apples. *Acta Horticulturae* **663**, 327-330.

Kellerhals M., 1989. Breeding of pome fruits with stable resistance to diseases. 1. Development of disease resistant pome fruit varieties. *OILB WPRS Bulletin XII/6*, 116-129.

Kellerhals M. & Eigenmann C., 2006. Evaluation of apple fruit quality within the EU project Hidras. Proceedings of the 12th Ecofruit Conference, Weinsberg, 165-171.

Khan M.A., Duffy B., Gessler C. & Patocchi A., 2006. QTL mapping of fire blight resistance in apple. *Mol. Breeding* **17**, 299-306.

Khan M. A., Duffy B., Durel C. E., Denancé C., Kellerhals M., Patocchi A. & Gessler C., 2007. Development of markers linked to the «Fiesta» 7 major QTL for fire blight resistance and their application for marker-assisted selection. *Genome* **50**, 568-577.

King G. J., Alston F. H., Batlle I., Chevreau E., Gessler C., Janse J., Lindhout P., Manganaris A. G., Sansavini S., Schmidt H. & Tobutt K.,

1991. The European Apple Genome Mapping Project: developing a strategy for mapping genes coding for agronomic characters in tree species. *Euphytica* **56**, 89-94.

Lespinasse Y., Durel C. E., Parisi L., Laurens F., Chevalier M. & C. Pinet, 2000. A European Project: D.A.R.E. – Durable Apple Resistance in Europe – Durable Resistance of Apple to Scab and Powdery Mildew: One Step More towards an Environmental Friendly Orchard. *Acta Horticulturae* **538**, 197-200.

Lefrancq B., Lateur M. & Rondia A., 2004. Screening method for polygenic scab resistance within an apple breeding programme: Relationship between early glasshouse screening test on young seedlings and their scab susceptibility in natural field conditions. *Acta Horticulturae* **663**, 793-797.

Le Zec M., Babin J. & Lecomte P., 1986. Sensibilité des variétés américaines et européennes du pommier au feu bactérien. *Arboriculture fruitière* **388**, 23-31.

Parisi L., Lespinasse Y., Guillaumes J. & Krüger J., 1993. A new race of *Venturia inaequalis* virulent to apples with resistance due to the *Vf* gene. *Phytopathology* **83**, 533-537.

Williams E. B. & Kuc J., 1969. Resistance in *Malus* to *Venturia inaequalis*. *Ann Rev. Phytopathol.* **7**, 223-246.

## Renouvellement de vergers

Nous broyons l'arbre et la souche en un seul passage,  
sans aucune intervention de votre part.

Nous broyons également les souches en tas.

Documentation gratuite à disposition.

Eltel SA - Domaine du Moulin  
1408 Cronay  
Tél. 079 653 75 27 - Fax 024 433 16 35  
info@ettel-sa.ch - www.ettel-sa.ch

**ELTEL SA**

## Pépinières viticoles



**FAVRE Daniel**

Des plants de vignes soignés  
pour vous satisfaire !

Ch. de LA PRA 17 1170 Aubonne

Tel. 021 808 72 27 Fax. 021 807 43 39 E-mail: favre.vitpep@bluewin.ch



Service Company SA  
4538 Oberbipp Tél. 032 636 66 66  
www.serco.ch info@serco.ch

**CLAAS**

**Le tracteur qui pense à tout,  
qui passe partout arrive en Suisse.**

**Nos conseillers de vente  
pour la Suisse Romande:**

Richard Débely	079 631 43 07
Robert Wüthrich	079 208 30 82

CoPra Sàrl	1113 St-Saphorin-s/Morges 021 803 79 00
Wulliens Bernard	1148 Cuarnens 021 864 51 36
MEYTAM SA	1236 Cartigny 022 756 33 06
Tracto-Jardin Sàrl	1267 Vich 022 364 16 32
Chautems Henri SA	1373 Chavornay 024 441 16 59
René Bovay SA	1415 Démoret 024 433 03 30
UMATEC, fenaco	1564 Domdidier 026 675 21 41
Bérard SA	1680 Romont FR 026 652 20 29
Chablais-Machines Sàrl	1893 Illarsaz 024 472 33 44
ETS Chappot SA	1906 Charrat 027 746 13 33
Jeanneret Hydro mécanique Sàrl	2112 Môtiers NE 032 861 33 38
Linder Eugène	2300 La Chaux-de-Fonds 032 968 45 69
Garage du Peca SA	2873 Saulcy 032 433 43 13
UMATEC, fenaco Jura	2942 Alle 032 471 09 89



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

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

**JEAN-PAUL GAUD SA**  
BOUCHONS - CAPSULES - CAPSULES A VIS



Rue Antoine-Jolivet 7 - CP 1212 - 1211 Genève 26  
Tél. +41 01 22 343 75 42 - www.gaud-bouchons.com



manutention  
sécurité



**MAPO S.A.**  
Z.I. des Larges-Pièces C  
Chemin Prévenoge  
CH-1024 Ecublens  
Tél. +41 (0)21 695 02 22  
Fax +41 (0)21 695 02 29  
ecublens@mapo.ch

Nous donnons  
du mouvement  
à vos idées!

[www.mapo.ch](http://www.mapo.ch)

## PÉPINIÈRES VITICOLES

production personnelle:

JEAN-CLAUDE

# FAY

PÉPINIÈRES  
VITICOLES

73250 FRETERIVE  
FRANCE

TÉL. 00 33 479 28 54 18

PORT. 00 33 680 22 38 95

FAX 00 33 479 28 68 85

E-MAIL: [jeanclaude.fay@wanadoo.fr](mailto:jeanclaude.fay@wanadoo.fr)

[www.plants-de-vigne-fay.com](http://www.plants-de-vigne-fay.com)

- Nombreuses références auprès des viticulteurs suisses depuis plus de 30 ans
- Gage de qualité
- Livraison assurée par nos soins à votre exploitation
- Possibilité de traitement à l'eau chaude

# AGRIFUM

L'engrais organique pour le bien-être  
de vos cultures et de vos sols

# AGRIFUM

**ACTION d'automne**

### LE PRODUIT

AGRIFUM, l'engrais à base  
de fumier de bovin déshydraté,  
en sac de 25 kg

### LES SPÉCIFICATIONS

N	2,2
P	2,0
K	2,2
Mg	1,0
MO	60-65%

LES LANDI ET LES SOCIÉTÉS D'AGRICULTURE  
SE FERONT UN PLAISIR DE VOUS CONSEILLER

**pulvé** suisse

## Désherbage **plus** écologique

Désherber sans eau avec **600 grammes**  
de substance active (PI: 200g!) par hectare  
50% en moins d'herbicide!



appareils portables  
modèles brouette  
systèmes pour tracteurs

la turbine Mankar

Pulvésuisse  
Geenstrasse 18  
8330 Pfäffikon ZH  
044 950 08 54  
079 832 21 02  
[www.pulvesuisse.ch](http://www.pulvesuisse.ch)





## Entreposage frigorifique de pommes Pinova en atmosphère contrôlée AC et ULO

J.-P. SIEGRIST et P.-Y. COTTER,  
Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW,  
1964 Conthey

@ E-mail: [jean-pierre.siegrist@acw.admin.ch](mailto:jean-pierre.siegrist@acw.admin.ch)  
Tél. (+41) 27 34 53 511.

### Résumé

Un essai d'entreposage frigorifique de pommes Pinova a été réalisé durant trois ans consécutifs. L'objectif était de comparer les conditions d'atmosphère contrôlée AC et ULO (*Ultra Low Oxygen*) et de définir les valeurs de la fenêtre optimale de maturité de récolte. La variante ULO est efficace pour éviter l'apparition de l'échaudure. L'entreposage dans ces conditions d'atmosphère maintient la qualité des pommes et empêche le développement de maladies jusqu'en juin.



### Introduction

La variété Pinova est une obtention de l'Institut arboricole de Dresden-Pillnitz (D). Elle est, à l'origine, issue du croisement de Clivia (= Oldenburg × Cox Orange) × Golden Delicious obtenu en 1986. La variété a été décrite par Fischer et Fischer (2002) ainsi que par Kellerhals et Rapillard (2002). Ses qualités principales sont un fruit moyennement gros, jaune verdâtre recouvert sur une demi à deux tiers de rouge lumineux. La chair est ferme, juteuse, sucrée, acidulée avec un arôme épicé. Pinova est une pomme de garde; pour les besoins du commerce et des entrepositaires, il est nécessaire de déterminer les conditions et la durée potentielle de stockage. Pour garantir une longue conservation, l'arboriculteur doit récolter les fruits au stade optimal de

maturité. Les essais d'entreposage réalisés par Schirmer et Tauscher (1998) ont montré que la variété Pinova se conserve très bien jusqu'en juin en conditions ULO (3% de CO<sub>2</sub> et 1% d'O<sub>2</sub>). Selon ces deux auteurs, elle ne montre pas de sensibilité particulière au gaz carbonique.

Le but de l'essai présenté ici est de préciser les valeurs de la fenêtre optimale de maturité de récolte et de vérifier si ces paramètres d'entreposage sont également valables dans nos conditions de production. Cette vérification est nécessaire avant l'introduction de cette variété dans les recommandations suisses d'entreposage. Des paramètres de stockage optimaux permettent de préserver au mieux les qualités gustatives, de réduire aussi l'apparition des maladies de conservation et d'éviter des pertes financières.

### Matériel et méthodes

Les fruits utilisés pour réaliser cet essai répété sur trois saisons proviennent de vergers privés situés dans le bassin lémanique et d'un essai cultural avec trois porte-greffe différents réalisé au Centre des Fougères de la Station de recherche Agroscope ACW à Conthey. Les caractéristiques des vergers et des techniques de production sont présentées dans le tableau 1.

A l'approche du début des cueillettes, des tests préliminaires de maturité sont pratiqués sur quelques vergers et comparés aux valeurs de référence de la fenêtre optimale de maturité publiées par Höhn *et al.* (2005) dans les recommandations 2005-2006 aux entrepositaires. L'aspect extérieur des fruits (couleur de fond, coloration, développement et détachement du pédoncule) est également pris en considération pour déterminer la première date de cueillette. Cette variété a l'inconvénient de se colorer très tardivement et souvent au moment opportun pour la cueillette. Sur les trois vergers du bassin

**Tableau 1. Caractéristiques des vergers de pommes Pinova.**

Verger	Plantation	Forme	Distance (m)	Porte-greffe
Morges	2000	Fuseau	4 × 1,5	M9 EMLA
Prangins	1999	Fuseau	4 × 1,3	M9 EMLA
Romanel	1999	Fuseau	4 × 1,5	M9 EMLA
Conthey	1996	Fuseau	4 × 1,6	T337 (M9)
Conthey	1996	Fuseau	3,3 × 0,4	M27
Conthey	1996	Fuseau	3,3 × 0,4	P22

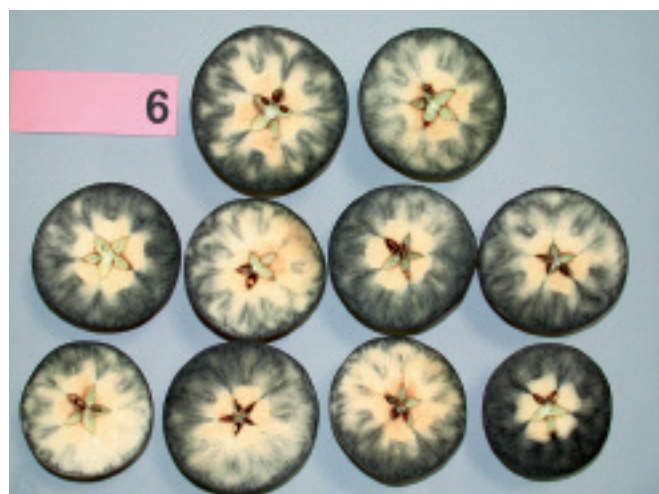


Fig. 2. Test amidon, Pinova sur porte-greffe P22 (6).



Fig. 1. Test amidon, Pinova sur porte-greffe T337 (9).

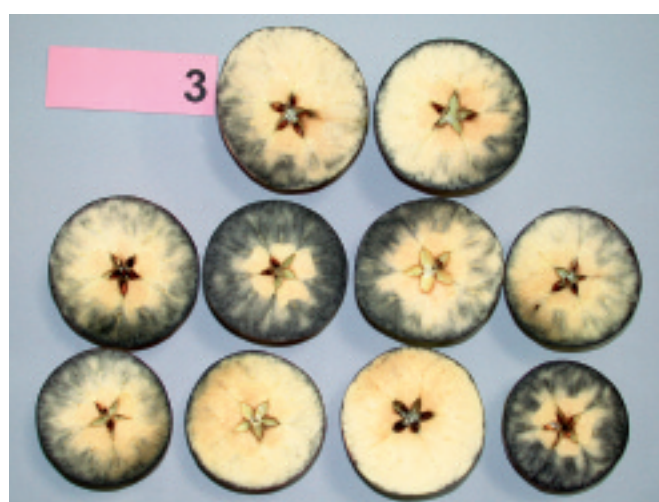


Fig. 3. Test amidon, Pinova sur porte-greffe M27 (3).

lémanique, deux dates de récolte sont pratiquées en utilisant comme référence les valeurs de la fenêtre optimale de maturité de récolte suivantes:

- teneur en sucre 12-14% Brix
- fermeté 6,5-7,5 kg
- amidon notes 7-8
- acide malique 6-7,5 g/l
- indice Streif 0,06-0,10.

Les analyses de teneur en sucre, de fermeté et d'acide malique sont réalisées à l'aide du laboratoire automatique «Pimprenelle» sur un échantillon de 26 pommes (Rossier *et al.*, 1998) et le test amidon se fait sur dix fruits. La marchandise destinée à l'entreposage est immédiatement refroidie et maintenue à une température de 2 °C avec une humidité

**Tableau 2. Consignes des variantes AC et ULO de 2002 à 2004.**

Variante atmosphère	TP (°C)	HR (%)	CO <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (%)
AC	2	92-94	3,0	2
ULO	2	92-94	3,0	1



Fig. 4. Pourriture après stockage de la récolte 2003.



relative comprise entre 92 et 94%. Ces deux paramètres ont été définis par des tests préliminaires non publiés. Ils conviennent également à la variété Golden Delicious en cas de mélange dans la même chambre frigorifique. Dès que la première récolte des vergers est terminée et que les fruits sont totalement refroidis, les variantes d'atmosphère décrites dans le tableau 2 sont établies par rinçage à l'azote selon la pratique usuelle. L'opération est répétée avec les fruits des récoltes suivantes. Le contrôle des lots en conservation a lieu en mars et en juin. Il porte sur un échantillon de 80 fruits par variante et par verger ou porte-greffe. Les lots sont placés dans un local de maturation pendant sept jours à 19 °C et ensuite examinés: 50 fruits par échantillon sont coupés pour dénombrer et déterminer les diverses maladies dues à l'entreposage. Un échantillon de 26 pommes de tous les lots est analysé par le laboratoire «Pimprenelle». L'analyse reflète ainsi l'état sanitaire et qualitatif effectif des fruits au moment où ceux-ci sont en général consommés.

## Résultats et discussion

### Analyses des récoltes

Le tableau 3 présente les résultats des analyses des trois vergers lémaniques obtenus lors des deux récoltes pour les trois années d'essai. La récolte des arbres cultivés sur trois porte-greffe différents s'est faite en une fois et le même jour; les résultats des trois années de récolte sont présentés dans le tableau 4. Ces porte-greffe de vigueur différente influencent l'état de maturité des fruits. Le test amidon réalisé à la récolte illustre bien cette différence de maturité (fig.1 à 3). Les porte-greffe faibles (P22 et M27) sont connus pour leur tendance à avancer la maturité des fruits.

### Maladies d'entreposage

Sur les trois années d'essais, le millésime 2003 se distingue par une très forte attaque de pourriture de type *Gloeosporium*. Tous les lots ont été touchés à des degrés divers de 10 à 80%. Ce dégât exceptionnel est dû aux conditions climatiques extrêmement chaudes, favorables aux champignons parasites cette année-là. La figure 4 montre la quantité de fruits attaqués dans un plateau après neuf mois de stockage. Aucune variante de date de récolte ou d'atmosphère n'a influencé de manière significative le pourcentage de fruits atteints de pourriture. Cette même saison, de l'échaudure de sénescence (fig. 5) s'est également développée après déstockage durant la phase de maturation des pommes. Dans ce cas, la variante ULO a permis de ré-

**Tableau 3. Résultats analytiques des deux récoltes de pommes Pinova de 2002 à 2004 en relation avec la fenêtre optimale de maturité.**

Provenance	Date de récolte	Poids (g)	Brix (%)	Fermeté (kg)	Acide malique (g/l)	Amidon (note 1-10)	Indice Streif
<b>Récolte 2002</b>							
Morges	24 sept. 2002	186	13,6	6,5	6,8	7,8	0,061
Prangins	24 sept. 2002	164	14,4	7,1	7,0	7,9	0,062
Romanel	24 sept. 2002	203	14,4	7,1	9,6	6,3	0,078
Morges	1 <sup>er</sup> oct. 2002	173	13,3	6,3	6,8	8,6	0,055
Prangins	1 <sup>er</sup> oct. 2002	184	14,5	6,7	7,8	8,6	0,054
Romanel	1 <sup>er</sup> oct. 2002	219	14,0	7,0	8,6	6,4	0,078
<b>Récolte 2003</b>							
Morges	15 sept. 2003	140	15,1	7,5	6,7	7,0	0,071
Prangins	12 sept. 2003	153	14,7	7,7	8,2	7,2	0,073
Romanel	15 sept. 2003	172	13,4	7,7	6,7	6,2	0,093
Morges	23 sept. 2003	148	15,5	7,6	6,5	8,7	0,056
Prangins	19 sept. 2003	171	13,5	7,1	7,6	7,6	0,069
Romanel	23 sept. 2003	194	12,9	6,8	8,3	7,4	0,071
<b>Récolte 2004</b>							
Morges	22 sept. 2004	202	11,5	7,5	5,1	8,6	0,128
Prangins	22 sept. 2004	164	12,2	7,3	5,1	7,7	0,117
Romanel	29 sept. 2004	192	11,7	8,2	4,9	9,6	0,143
Morges	29 sept. 2004	212	12,2	7,1	5,9	8,2	0,099
Prangins	29 sept. 2004	167	12,6	6,9	6,5	7,2	0,084
Romanel	7 oct. 2004	209	12,3	7,2	5,9	9,4	0,099
Début de la fenêtre optimale de maturité			<b>12,0</b>	<b>7,5</b>	<b>6,0</b>	<b>8,0</b>	<b>0,104</b>
Fin de la fenêtre optimale de maturité			<b>14,0</b>	<b>6,5</b>	<b>7,5</b>	<b>7,0</b>	<b>0,062</b>

 Avant la fenêtre optimale de récolte  Après la fenêtre optimale de récolte

**Tableau 4. Résultats analytiques des récoltes 2002 à 2004 de pommes Pinova cultivées sur trois porte-greffe en relation avec la fenêtre optimale de maturité.**

Porte-greffe	Date de récolte	Poids (g)	Brix (%)	Fermeté (kg)	Acide malique (g/l)	Amidon (note 1-10)	Indice Streif
<b>Récolte 2002</b>							
T337	19 sept. 2002	173	13,0	6,7	7,0		
M27	18 sept. 2002	170	13,7	6,2	5,6		
P22	18 sept. 2002	177	12,9	6,3	6,6		
<b>Récolte 2003</b>							
T337	9 sept. 2003	170	12,9	7,2	7,7	6,6	0,085
M27	9 sept. 2003	164	13,9	8,2	7,6	7,5	0,079
P22	9 sept. 2003	166	12,8	7,9	7,4	8,2	0,075
<b>Récolte 2004</b>							
T337	17 sept. 2004	191	12,3	6,6	6,0	6,6	0,089
M27	17 sept. 2004	180	12,5	6,5	8,2	6,3	0,063
P22	17 sept. 2004	189	11,8	6,4	7,5	7,0	0,072
Début de la fenêtre optimale de maturité			<b>12,0</b>	<b>7,5</b>	<b>6,0</b>	<b>8,0</b>	<b>0,104</b>
Fin de la fenêtre optimale de maturité			<b>14,0</b>	<b>6,5</b>	<b>7,5</b>	<b>7,0</b>	<b>0,062</b>

 Avant la fenêtre optimale de récolte  Après la fenêtre optimale de récolte



Fig. 5. Echaudure ordinaire sur Pinova.

duire significativement la proportion de la maladie (fig. 6) dans les lots des vergers du bassin lémanique. Les lots des trois porte-greffe sont également atteints d'échaudure, mais dans une moindre mesure et, dans ce cas aussi, la variante ULO empêche le développement de cette maladie. Lors des deux autres saisons de stockage, aucune attaque de pourriture ne s'est manifestée. Cela confirme le caractère exceptionnel des dégâts observés en 2003 où Pinova n'est pas la seule variété à subir des attaques fongiques dues à une saison particulièrement chaude.

## Paramètres qualitatifs

La teneur en sucre exprimée en % Brix s'accroît quelque peu en conservation (tabl. 5). Cette augmentation est liée à la présence d'amidon à la récolte. En 2002 et 2003, les notes attribuées sont en général supérieures à 7, ce qui signi-

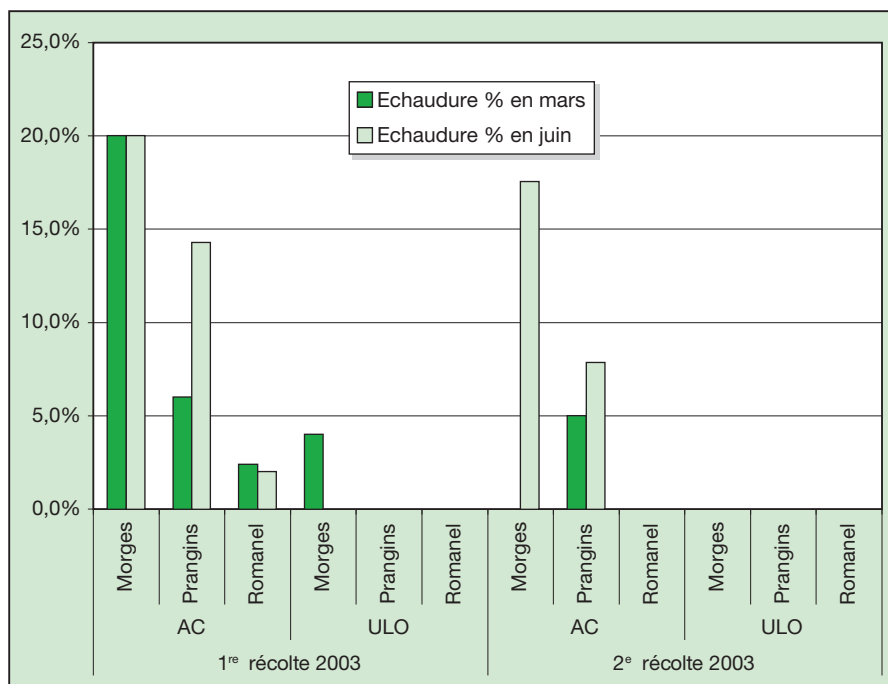


Fig. 6. Dégâts d'échaudure de pommes Pinova après conservation en AC et en ULO en mars et juin, en fonction de deux dates de récolte en 2003. Les valeurs correspondent à la moyenne de trois vergers selon les variantes d'atmosphère, les dates de récolte et les contrôles.

fie qu'une bonne partie de l'amidon est déjà transformé en sucre avant la récolte. L'augmentation de la teneur en sucre pendant la conservation reste par conséquent modeste. En 2004, les fruits sont récoltés à un stade de maturité plus précoce, se traduisant par une plus faible teneur en sucre. Cependant, l'amidon est encore très présent au final, ce qui, après conservation et transformation en sucre, permet d'obtenir des valeurs aussi élevées que les années précédentes. Cette cueillette plus précoce en 2004 a pu se réaliser grâce au fait que les fruits étaient colorés suf-

fisamment tôt pour satisfaire aux exigences du marché.

La fermeté de la chair se maintient remarquablement bien en conservation jusqu'en juin, tandis que l'acidité diminue de 2 à 3 g/l par rapport à la récolte. Des essais de traitement au 1-MCP à ACW Wädenswil ont montré que ce procédé est généralement favorable au maintien de la fermeté et qu'il empêche également l'apparition de l'échaudure (Höhn *et al.*, 2006).

Sur le plan de la qualité des fruits, la variante ULO n'apporte pas d'avantage significatif.

Tableau 5. Résultats analytiques des pommes Pinova à la récolte et après conservation en AC et ULO en mars et juin de 2002 à 2004. Les valeurs correspondent à la moyenne des vergers considérés.

ANNÉES		2002				2003				2004			
Résultats		1 <sup>re</sup> récolte		2 <sup>e</sup> récolte		1 <sup>re</sup> récolte		2 <sup>e</sup> récolte		1 <sup>re</sup> récolte		2 <sup>e</sup> récolte	
Contrôles Récoltes	Brix (%)	14,1	14,1	13,6	13,6	14,4	14,4	14,0	14,0	11,8	11,8	12,4	12,4
	Fermeté (kg)	6,9	6,9	6,5	6,5	7,6	7,6	7,2	7,2	7,7	7,7	7,1	7,1
	Acide malique (g/l)	7,8	7,8	7,1	7,1	6,8	6,8	7,9	7,9	8,6	8,6	8,3	8,3
	Amidon (note 1-10)	7,3	7,3	7,9	7,9	7,2	7,2	7,5	7,5	5,0	5,0	6,1	6,1
	Indice Streif	0,067	0,067	0,062	0,062	0,079	0,079	0,066	0,066	0,129	0,129	0,094	0,094
Variantes		AC	ULO	AC	ULO	AC	ULO	AC	ULO	AC	ULO	AC	ULO
Contrôle de mars	Brix (%)	14,3	14,4	14,2	14,3	15,7	16,1	15,9	16,0	15,3	15,5	14,8	15,1
	Fermeté (kg)	7,3	7,3	6,7	6,9	7,2	7,1	7,0	7,1	7,1	7,3	6,9	6,8
	Acide malique (g/l)	5,9	6,5	5,6	6,0	5,9	6,5	5,8	6,6	5,9	6,4	5,8	6,5
Contrôle de juin	Brix (%)	13,9	13,9	14,0	14,1	15,3	15,5	15,4	15,4	14,8	15,2	14,5	14,8
	Fermeté (kg)	7,0	7,2	6,8	6,9	7,2	7,1	7,1	6,9	7,2	7,3	6,9	7,0
	Acide malique (g/l)	5,3	5,7	5,1	5,3	4,7	4,8	4,6	4,8	5,0	5,6	5,3	5,8

**Tableau 6. Résultats analytiques des fruits de pommiers Pinova greffés sur trois porte-greffe, à la récolte et après conservation en AC et ULO en mars et juin de 2002 à 2004.**

Dates analyses	Récolte			Analyses en mars						Analyses en juin						
				AC			ULO			AC			ULO			
Variantes	T337	M27	P22	T337	M27	P22	T337	M27	P22	T337	M27	P22	T337	M27	P22	
Porte-greffe				T337	M27	P22	T337	M27	P22	T337	M27	P22	T337	M27	P22	T337
<b>Résultats de la récolte du 18 septembre 2002</b>																
Brix (%)	13,0	13,7	12,9	12,6	12,9	12,1	12,8	13,4	12,7	12,5	12,1	12,4	12,7	12,3	12,2	
Fermeté (kg)	6,7	6,2	6,3	6,5	6,1	6,4	6,6	6,6	6,4	6,3	5,9	6,3	6,6	6,4	6,3	
Acide malique (g/l)	7,0	5,6	6,6	4,8	4,2	5,4	6,0	5,2	4,8	4,7	3,4	5,0	5,5	4,5	4,6	
<b>Résultats de la récolte du 9 septembre 2003</b>																
Brix (%)	12,9	13,9	12,8	14,0	14,7	14,6	14,2	15,0	15,5	13,5	13,9	14,7	14,1	14,5	14,9	
Fermeté (kg)	7,2	8,2	7,9	6,9	7,6	7,2	6,6	7,2	7,7	6,6	7,4	7,3	6,7	7,3	7,1	
Acide malique (g/l)	6,6	7,5	8,2	5,6	5,4	5,8	6,0	6,6	7,2	4,4	3,9	4,7	4,7	4,5	5,6	
<b>Résultats de la récolte du 17 septembre 2004</b>																
Brix (%)	12,3	12,5	11,8	13,8	12,9	13,3	14,7	13,3	12,9	13,6	14,3	12,9	14,1	13,0	13,1	
Fermeté (kg)	6,6	6,5	6,4	5,9	5,7	6,0	6,0	5,7	5,7	6,0	6,2	5,6	6,0	5,8	5,8	
Acide malique (g/l)	7,3	6,3	7,0	6,0	5,8	4,6	6,1	6,0	4,4	5,3	6,0	3,6	5,4	5,1	4,2	

## Conclusions

- ❑ Les valeurs limites de la fenêtre optimale de récolte utilisées dans cet essai ont montré leur validité dans les conditions suisses, pour autant que la coloration de l'épiderme des fruits soit suffisante.
- ❑ La conservation à 2 °C en atmosphère contrôlée ULO (3% de CO<sub>2</sub> et 1% d'O<sub>2</sub>) permet d'éviter le développement de l'échaudure, mais n'apporte pas d'avantages significatifs sur le plan de la qualité des fruits.
- ❑ La durée de stockage en ULO est possible jusqu'en juin.
- ❑ Les porte-greffe T337, M27 et P22 n'ont pas d'incidence sur l'entreposage des fruits (tabl. 6) et n'influencent que l'avance de maturité de récolte.

## Remerciements

Nous remercions les producteurs qui ont fourni les pommes Pinova et la Station cantonale d'arboriculture vaudoise pour sa participation à cet essai d'entreposage.

## Bibliographie

- Fischer M. & Fischer Ch., 2002. Pinova Apple Cultivar. *The Compact Fruit Tree* **35** (1), 19-20.
- Höhn E., Gasser F. & Siegrist J.-P., 2005. Recommandations 2005-2006 aux entrepositaires de fruits et légumes. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **37** (5), 297-300.

### Summary

**Cold storage of Pinova apples in controlled atmosphere**

Cold storage of Pinova apples was tested during three years in aim to compare CA and ULO storage and to determine the optimal harvest period. ULO cold storage gave the best results on Pinova apples, especially in controlling scald. Under these conditions, cold storage keeps qualitative and sanitary level of Pinova apples until June.

**Key words:** storage, ULO, apples, controlled atmosphere, quality, scald.

### Zusammenfassung

**Kühlagerung von Pinova Äpfeln in kontrollierter Atmosphäre**

Ein Kühlagerungsversuch mit Pinova Äpfeln wurde während drei aufeinanderfolgenden Jahren durchgeführt. Das Ziel war die CA- und die ULO-Kühlagerung zu vergleichen, sowie den optimalen Erntezeitpunkt zu bestimmen. Die ULO-Kühlagerung erwies sich als das bessere Verfahren, vor allem um die Schalenbräune zu verhindern. Bei optimalem Erntezeitpunkt kann mit diesen Kühlagerungsbedingungen die Qualität von Pinova Äpfeln bis in den Monat Juni erhalten und das Auftreten von Krankheiten verhindert werden.

### Riassunto

**Conservazione frigorifera della varietà di mele Pinova in atmosfera controllata AC e ULO**

Una prova di conservazione frigorifera della varietà di mela Pinova è stata realizzata durante tre anni allo scopo di confrontare le condizioni di atmosfera controllata AC e ULO (*Ultra Low Oxygen*) e definire i valori della finestra ottimale di maturazione per la raccolta. La variante ULO è efficace nell'evitare il riscaldamento. La conservazione in queste condizioni di atmosfera permette di mantenere la qualità delle mele e impedire lo sviluppo di malattie fino a giugno.

- Höhn E., Gasser F. & Siegrist J.-P., 2006. Recommendations 2006-2007 aux entrepositaires de fruits et légumes. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **38** (5), 311-314.
- Kellerhals M. & Rapillard Ch., 2002. Sortenbewertung Tafeläpfel/Tafelbirnen, Brochure 8.

- Rossier J., Pfammatter W. & Aerny J., 1998. Détermination de la qualité interne des pommes à l'aide du laboratoire d'analyse «Pimprenelle». *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **30** (4), 247-252.
- Schirmer H. & Tauscher B., 1998. Optimale Lageratmosphäre bei Fuji, Pilot, Pinova und Rubinette. *Obstbau* **10**, 565-567.



# Pépinières

# viticoles

**Pierre Richard**  
 Le Closelet  
 Route de l'Etraz 4  
 1185 Mont-sur-Rolle

Tél. 021 825 40 33  
 Fax 021 826 05 06  
 Natel 079 632 51 69



-Grand choix de cépages.  
 -Divers clones et portes-greffe.  
 -Production de plants en pots et traditionnels.  
 -Plantation machine.  
 -Location tarrière.  
 -Location arrache souches.

E-mail: pepiniere.richard@hispeed.ch

## Cuno leader mondial

dans la conception et la fabrication  
de produits filtrants pour l'industrie vinicole.

Plus de 85 années  
d'expérience  
dans la filtration  
dont 30 ans  
avec le système  
lenticulaire  
Zeta Plus®


200 brevets et  
300 marques.

Présence mondiale.

Innovation  
continue.

Cotée en bourse  
au marché  
NASDAQ.

Certifiée  
ISO 9002.



[www.cuno.com](http://www.cuno.com)

**CUNO**  
Fluid Purification

Distributeur exclusif pour la Suisse  
**LIGACON, W. Röhl & Cie SA**

Suisse romande Tél. 026 912 09 00  
Fax 026 912 09 10

Suisse alémanique Tél. 052 354 20 00  
Fax 052 354 20 50



**VOTRE SPÉCIALISTE POUR:**

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



**Nouveau dépositaire MESSER**

Messer Schweiz AG

**Gaz alimentaires GOURMET**

## CHS CUÉNOUD SA


[www.cuenoud.ch](http://www.cuenoud.ch)

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

## Paille des marais de la Grande Cariçaie

- 100% naturelle
- Livrée sous forme de balles rondes de 60 ou 120 cm de large, facilement déroulables
- Idéal pour le paillage de la vigne, des pépinières, des plantations de fraisiers, stabulation libre et parcs à animaux en plein air

Eltel SA - Domaine du Moulin  
1406 Cronay  
Tél. 079 466 73 65 - Fax 024 433 16 35  
info@ettel-sa.ch - www.ettel-sa.ch



## Alphatec SA



### Atomiseurs vignes & vergers



Granges-Saint-Martin 3 – 1350 Orbe  
Tél. 024 442 85 40



## Recommandations 2007-2008 aux entrepositaires de fruits et légumes

J.-P. SIEGRIST, E. HÖHN<sup>1</sup>, F. GASSER<sup>1</sup>, Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW, Centre des Fougères, 1964 Conthey

@ E-mail: [jean-pierre.siegrist@acw.admin.ch](mailto:jean-pierre.siegrist@acw.admin.ch)  
Tél. (+41) 27 34 53 511.

@ E-mail: [franz.gasser@acw.admin.ch](mailto:franz.gasser@acw.admin.ch)  
Tél. (+41) 44 78 36 423.

Des pommes croquantes, juteuses et pleines de saveur ont été vendues lors de la dernière saison d'entreposage 2006-2007. Leurs qualités gustatives ont pu être maintenues jusqu'à la fin de la saison de stockage grâce à l'application du SmartFresh™ (1-MCP). Cette année, le développement des fruits est en avance de dix à quatorze jours par rapport à 2006, par conséquent des récoltes plus précoces sont à prévoir. Pour un traitement au SmartFresh™, il est important de récolter les fruits au stade optimal de maturité et d'appliquer le procédé uniquement sur des fruits à la saveur pleinement développée.

### L'effet SmartFresh™

La saison d'entreposage 2006-2007 a été marquée par une augmentation de 30% des applications au SmartFresh™ dans les chambres frigorifiques. Les résultats concluants obtenus la saison précédente ont persuadé les entrepositaires d'augmenter le volume de marchandise traitée. Le panel de variétés s'est également élargi. La plupart des applications ont été faites au bon stade de maturité, indispensable pour parvenir à bloquer l'évolution des pommes et maintenir la fermeté de la chair. Toutefois, quelques lots ont vraisemblablement été traités à un stade de maturité trop avancé, avec comme résultat une efficacité du procédé Smart-Fresh™ partielle ou nulle. Compte tenu de la quantité importante de fruits encore entreposés à la fin de cette saison, il est souhaitable que cette marchandise soit traitée au SmartFresh™, afin de lui garantir une bonne qualité gustative jusqu'à l'épuisement des stocks en août.

### Technique de stockage

Dans certains entrepôts construits ou transformés ces dernières années, l'étanchéité de certaines chambres ne suffit pas toujours pour maintenir les conditions d'oxygène aux teneurs recommandées.

<sup>1</sup>Site de Wädenswil.

Ce manque d'étanchéité est régulièrement corrigé par l'injection d'azote fourni par le générateur (PSA). Cette solution a toutefois des limites techniques et financières. En effet, pour abaisser fortement l'oxygène, le générateur doit impérativement fournir de l'azote d'une pureté élevée (98-99%), or cette teneur n'est souvent pas connue de l'utilisateur. Le rinçage avec de l'azote pur à 98% pour réduire l'oxygène de 3 à 2% est long et a des conséquences négatives sur la marchandise: la teneur en gaz

carbonique diminue, l'azote introduit est déshydraté; le rinçage réduit l'humidité relative de la chambre et, au final, la consommation d'énergie nécessaire à l'opération est élevée. Ce système de correction et le manque d'étanchéité ne permettent pas de maintenir des conditions ULO (1% de O<sub>2</sub>). Le générateur d'azote est très utile pour corriger des écarts occasionnels d'excès d'O<sub>2</sub> ou recréer les conditions AC après un déstockage partiel de marchandise. En revanche, il ne doit pas fonctionner systématiquement pour maintenir les conditions d'atmosphère des chambres d'entreposage. Pour garantir ces conditions AC, construire des chambres frigorifiques avec une bonne étanchéité s'avère économique à l'usage (fig.1). L'étanchéité offre aussi une sécurité et une souplesse de fonctionnement bien supérieures à l'entrepositaire. Pour absorber les variations de pression dues aux fluctuations de température ou de pression

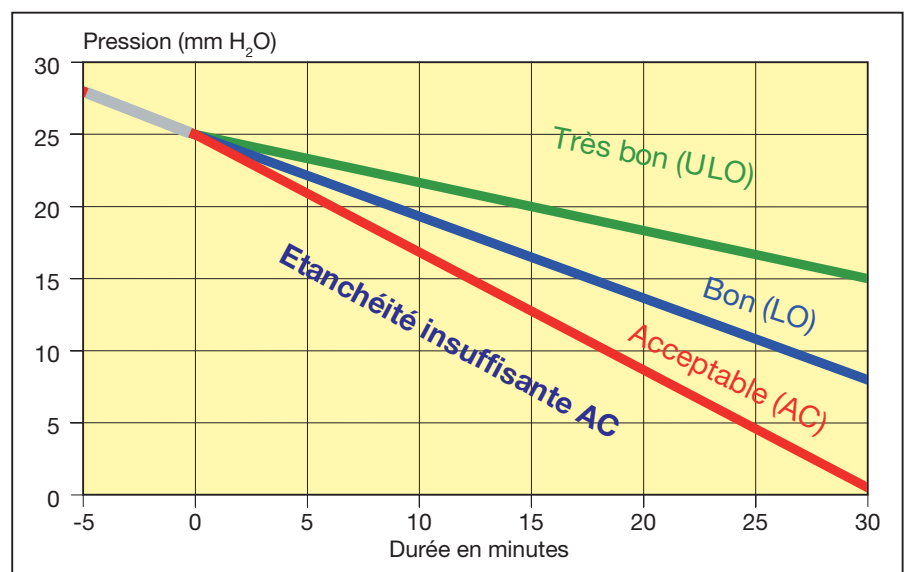


Fig. 1. Test de pression pour contrôler l'étanchéité des chambres frigorifiques AC ou ULO.

## Conditions d'entreposage recommandées en 2007-2008

VARIÉTÉS	Atmosphère normale (AN)		Atmosphère contrôlée (AC)				Ultra Low Oxygen (ULO)			
	TP (°C)	HR (%)	TP (°C)	HR (%)	CO <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (%)	TP (°C)	HR (%)	CO <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (%)
<b>POMMES</b>										
Gala	0	90-92	0,0	92	2-3	2	0,5	92	3	1
Elstar <sup>2</sup>	0	90-92	0,5	92	3	2	0,5	92	3	1
Braeburn	0	90-92	0,5	92	1	1,5	Durée jusqu'en avril			
Granny Smith	0	90-92	–	–	–	–	0,5	92	2	1
Florina <sup>3</sup>	0	90-92	–	–	–	–	0,5	92	2-3	1
Jonagold <sup>1</sup>	0	90-92	2	92	4	2	2	92	3	1
Milva (Diva®)	0-1	90-92	–	–	–	–	1	92	1,5-2	1
Goldrush	1	92-94	2	92-94	4	2	2	92-94	3	1
Golden Delicious	1	92-94	2	92-94	4	2	2	92-94	3	1
Pinova	1	92-94	2	92-94	4	2	2	92-94	3	1
Topaz	1	92-94	1	92-94	3	2	1	92-94	1,5	1
Maigold	2	88-90	3	90-92	3	2	–	–	–	–
Arlet <sup>1</sup>	3	90-92	3 à 4	92	3-4	2	3 à 4	92	2	1
Pomme Cloche	0 à 1	90-92	4	92	3	2-3	Pas recommandé			
Reinette du Canada	3	90-92	4	92	3	2-3	–	–	–	–
RubINETTE	0 à 1	92-94	2 à 3	92-94	1,5-2	2	2 à 3	92-94	1,5	1,5
Boscoop	4	90-92	4	92	2-3	2-3	Pas recommandé			
La Flamboyante <sup>4</sup>	3	90-92	3	90-92	3	2	3	90-92	1,5	1
Idared	3 à 4	90-92	4	90-92	3	2	4	90-92	1,5	1
Jonathan	3 à 4	90-92	4	92	3-4	2-3	–	–	–	–
Cox Orange	4 à 6	90-92	4	92	2-3	2-3	–	–	–	–
<b>POIRES</b>										
William's	-1 à 0	91-93	0 à 0,5	92	2,0	2	← AC, durée limitée			
Comice	-1 à 0	91-93	0 à 0,5	92	5	3	← AC, différée de 15 à 20 jours			
Conférence	-1 à 0	91-93	0 à 0,5	92	1,5	2				
Louise Bonne	-1 à 0	91-93	0 à 0,5	92	1,5-2,0	2				
Beurré Bosc	-1 à 0	91-93	0 à 0,5	92	1,5-2,0	2				
Packham's	-1 à 0	91-93	0 à 0,5	92	1,5-2,0	2	ULO pas recommandé pour les poires			
Harrow Sweet	-1 à 0	91-93	Pas recommandé							
<b>LÉGUMES</b>										
Oignons	0 à 0,5	85-90	0 à 0,5	85-90	5	3	← AC, pas avant nov. ou déc.			
Choux blancs	0 à 0,5	85-90	0 à 0,5	90-92	3	2-3	6 à 8 semaines, aérer à la sortie			
Choux rouges	0 à 0,5	85-90	0 à 0,5	90-92	3	2-3				
Choux frisés	1	85-90	0 à 0,5	90-92	1-3	2-3				
Choux-fleurs	0 à 0,5	96-98	0 à 0,5	95-97	3	3				
Choux de Chine	0 à 4	90-92	0 à 0,5	90-97	4	2	AC jusqu'en mars			
Céleris-raves	0 à 2	90-95	Pas recommandé				Pas recommandé			
Carottes	0 à 0,5	90-92								
Betteraves à salade	0 à 6	90-95								

<sup>1</sup>En AN, l'épiderme devient huileux après quelques semaines. Ce n'est pas le cas en AC. <sup>2</sup>En ULO, durée jusqu'en mars possible. <sup>3</sup>Au froid normal (AN), jusqu'en novembre. <sup>4</sup>La Flamboyante, nom de marque Mairac®.

<b>Autres variétés de pommes:</b>	<b>4 à 6 °C:</b> Gravenstein, Karmijn, Kidds Orange, Primerouge, Reinette Champagne, Reine des Reinettes, Ontario, Fiesta, Menznauer Jäger.	<b>2 °C:</b> Berlepsch, Orange Suisse, Rose de Berne, Pomme Raisin, Gloster.
	<b>3 à 4 °C:</b> Mcintosh.	<b>0 à 2 °C:</b> Empire, Summerred, Rubinola.
	<b>2 à 4 °C:</b> Jerseymac.	<b>0 °C:</b> Franc-Roseau, Red Delicious, Starkrimson, Stayman, Winesap, Meran, groupe Starking, Spartan.

barométrique, l'installation d'un sac ou d'un poumon en plastique souple sur chaque chambre AC contribue également à maintenir l'oxygène à un taux bas. Pour une variation de température de 1 °C, la pression change de 37 mm de colonne d'eau (CE), ce qui entraîne une modification de volume de 0,25%. Par conséquent, le volume du poumon à installer doit correspondre à 0,5 voire 1% du volume de la chambre.

### Efficacité du SmartFresh™ (1-MCP)

Selon les observations de ces deux dernières années, les applications du SmartFresh™ ont généralement obtenu de bons résultats sur les variétés Gala, Golden Delicious, Granny Smith, Elstar, Jonagold, Maigold et RubINETTE. Pour autant, bien sûr, que le traitement soit fait au stade optimal de maturité et au plus tard sept jours après la récolte. Cependant, pour utiliser tout le potentiel du SmartFresh™, il convient d'optimiser spécifiquement les conditions d'application aux diverses variétés. Dans ce but, les observations suivantes, obtenues sur des essais réalisés durant la saison passée, sont utiles pour la pratique.

### Gala

Si la majorité des lots sont traités au bon stade de maturité, la variété Gala est quelquefois récoltée trop tard et dans ce cas, l'efficacité du SmartFresh™ est nulle. Cette variété se récolte très tôt, donc à une période de l'année encore très chaude, ce qui raccourcit la période optimale de maturité. En outre, Gala synthétise très rapidement l'éthylène et si le traitement intervient trop tard, l'éthylène est déjà présent dans les récepteurs de maturation.

Dans le réseau de seize vergers suivis depuis 1999 par l'Office cantonal d'arboriculture valaisanne et Agroscope ACW à Conthey, un échantillon de fruits de chaque verger, prélevé à la récolte, a été traité au SmartFresh™; un second échantillon, non traité, était gardé comme témoin. Les lots ont été conservés en ULO jusqu'en juin puis contrôlés et analysés. Sur seize lots contrôlés avec «Pimprenelle», cinq ont montré une fermeté égale ou inférieure au témoin non traité. Cela signifie que la récolte de ces fruits a été trop tardive et que, par conséquent, le traitement au MCP n'a eu aucun effet. Le dernier verger de ce réseau en Valais a été récolté le 7 septembre 2006 et, à cette période, la cueillette de Gala est loin d'être terminée.

### Golden Delicious

Pour la variété Golden Delicious, l'efficacité du SmartFresh™ est au contraire très bonne sur les lots cueillis relativement tard, mais toujours dans les valeurs de la fenêtre optimale de récolte. Il est même recommandé de ne pas cueillir trop tôt, pour ne pas se retrouver après stockage avec des fruits trop verts et insipides.

### Mairac

Pour la variété La Flamboyante (Mairac®) avec applications de MCP réalisées en atmosphère contrôlée ULO, quelques dégâts de cavernes sont observés sur les fruits de certaines provenances. Il est préférable d'entreposer les lots traités en conditions AC, afin d'éviter ce risque de dommage. Comme pour la variété Elstar, le test d'éthylène ne permet pas de contrôler l'efficacité des applications SmartFresh™ sur La Flamboyante. En automne, dix jours après le traitement, le dégagement d'éthylène est trop faible pour démontrer l'efficacité du produit. Par contre, après dix jours à 20 °C, la mesure de la fermeté des fruits montre une différence significative entre les fruits traités et non traités. Pour les autres variétés, le test d'éthylène reste d'actualité, par exemple pour la variété RubINETTE (fig. 2).

### Rubens®-Civni

Civni, plus connue sous le nom de marque Rubens®, est un croisement de Gala × Elstar réalisé en 1985 par le Consorzio Italiano Vivaisti (CIV) à Ferrara (I). Cette nouvelle variété possède des qualités sensorielles élevées. Les premiers essais d'entreposage réalisés à ACW Wädenswil montrent que Rubens®-Civni con-

serve très bien sa fermeté et sa jutosité jusqu'en juin, sans problème particulier. Cette variété se maintient également bien à température ambiante.

Au verger, les fruits se colorent relativement tard. Pour favoriser la coloration, il convient d'éclaircir les arbres en ne laissant qu'une charge normale, ce qui permet aussi une certaine flexibilité de la date de récolte. Dans la pratique, une entre-cueillette des fruits est conseillée pour récolter des fruits de qualité homogène et de maturité optimale.

Les valeurs de la fenêtre optimale de récolte sont les suivantes: fermeté 7,5-8,5 kg/cm<sup>2</sup>, Brix 12-13%, amidon notes 3-5, indice Streif 0,17-0,11 et acidité 6-7 g/l. En Suisse alémanique, la période de récolte se situe en général entre le 22 et le 29 septembre.

Les conditions d'entreposage testées en ULO sont les suivantes: TP 0,5 à 1 °C, HR 92% ± 2%, CO<sub>2</sub> 1,5%, O<sub>2</sub> 1,2%. Les expériences réalisées à l'étranger signalent une certaine sensibilité au CO<sub>2</sub> qui peut se manifester par un brunissement de la chair, voire des cavernes dans les fruits. Il est important de maintenir le CO<sub>2</sub> assez bas pour éviter l'apparition de ces dégâts.

Les fruits traités au MCP et entreposés au froid normal jusqu'en mars se conservent aussi bien que ceux conservés en ULO. Il est conseillé de les récolter à un stade de maturité plus avancé, vers la fin de la fenêtre optimale de récolte, voire même un peu plus tard, pour des qualités gustatives supérieures. Il est souhaitable que Rubens®-Civni soit encore ferme au moment de la consommer. Ses valeurs de fermeté ne doivent pas s'abaisser à moins de 6,5 kg/cm<sup>2</sup>, sans quoi elle devient farineuse, moins juteuse et croquante, et n'est plus appréciée.

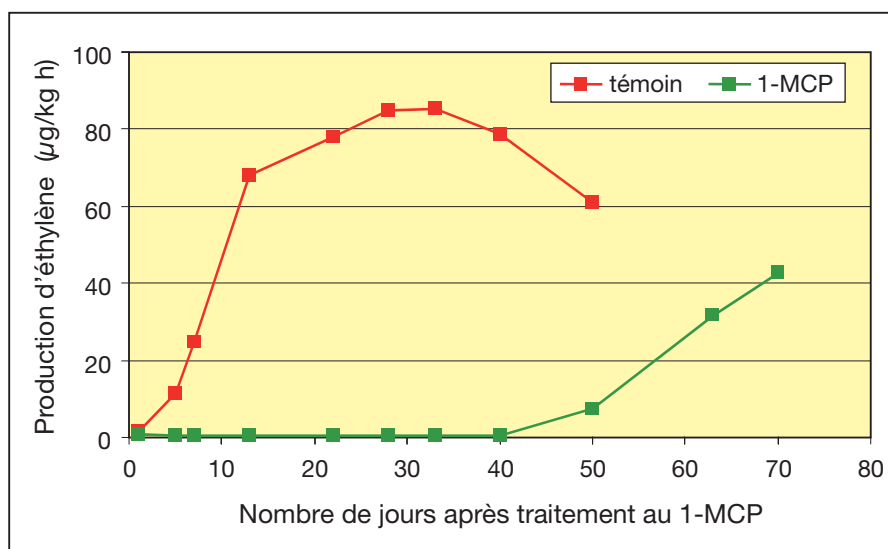


Fig. 2. Influence du traitement au 1-MCP sur le dégagement d'éthylène à 20 °C de la variété RubINETTE.

## Diwa® Milwa

La variété suisse Milwa, diffusée sous le nom Diwa®, se caractérise par sa jutosité, son croquant et un arôme plaisant. Les fruits des premières récoltes se sont très bien conservés jusqu'en juin tout en gardant leur jutosité et la fermeté de leur chair, cela même à température ambiante chez le consommateur. Cette variété a l'avantage de se colorer très tôt et facilement, ce qui laisse beaucoup de flexibilité pour les cueillettes. La fenêtre optimale de récolte, très large, facilite l'organisation des récoltes.

Les valeurs de cette fenêtre optimale de récolte sont les suivantes: fermeté 7-9 kg/cm<sup>2</sup>, Brix 11,5-13%, amidon notes 4-5, indice Streif 0,11-0,15 et acide malique 5,5-6,5 g/l. Dans tous les essais réalisés jusqu'à présent, aucune maladie de conservation n'a été observée. Milwa supporte bien le froid et n'est pas sensible au CO<sub>2</sub>. Elle perd très peu de fermeté durant l'entreposage en ULO et peut se garder dans ces conditions jusqu'en juin. Compte tenu de ces caractéristiques, il n'est pas nécessaire d'appliquer un traitement au MCP. Les tests de consommateurs démontrent quelles qualités gustatives de Milwa sont nettement supérieures à celles des variétés traditionnelles.

## Goldrush (fig. 3)

L'origine de cette variété (nouvelle dans la liste des conditions d'entreposage) provient du croisement de Golden Delicious × Coop 17 effectué par l'Université de l'Illinois en 1993 aux USA. Elle est résistante à la tavelure, sensible à l'oïdium, aux taches de suies et rougissement des lenticelles. La récolte se situe durant les dix derniers jours d'octobre en Valais.

Les valeurs de la fenêtre optimale de maturité de récolte sont les suivantes: fermeté 9-10 kg/cm<sup>2</sup>, Brix 13-14%, amidon notes 5-6 et indice Streif 0,1-0,15.



Fig. 3. Variété Goldrush.

Cette variété ne pose aucun problème particulier de conservation. Au froid normal, elle se garde jusqu'en février. L'entreposage en AC ou ULO est possible sur une très longue durée. Comme sa chair reste très ferme, aucune application de SmartFresh™ n'a été testée pour le moment.

## Conservation des cerises

La station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil a développé de nouvelles méthodes et techniques d'entreposage pour conserver les cerises. L'entreposage au froid, dans des sachets en plastique et sous des housses étanches spécialement adaptées, améliore la tenue et prolonge encore la durée du stockage par rapport à l'entreposage au froid normal. Dans ces emballages étanches, l'atmosphère est modifiée par le métabolisme des fruits: la teneur en gaz carbonique augmente et la teneur en oxygène diminue.

Durant les années 2003 à 2005, des essais d'entreposage ont été pratiqués à Wädenswil. La dégradation de la qualité des cerises se voit à l'état et à la couleur de leurs pédoncules. Ceux-ci brunissent et se dessèchent en raison de l'allongement de la durée du stockage. Le consommateur juge également la fraîcheur des cerises selon l'état des pédoncules. Afin de réduire leur dégradation, les cerises doivent être entreposées dans une ambiance à hygrométrie très élevée (plus de 95%). Ces conditions d'humidité ne sont réalisables qu'au moyen de housses et/ou de sachets en plastique étanches. Selon la qualité des fruits à la récolte, les cerises peuvent se conserver durant deux à quatre semaines dans ces emballages à 1 °C. Cette technique de stockage favorise le maintien de la qualité des cerises et réduit la part des fruits altérés durant la période de vente.

## Vente des cerises

La phase de commercialisation à température ambiante dure environ trois jours; durant cette période, la dégradation de la qualité des cerises est nettement supérieure aux changements qui se sont produits durant les deux à quatre semaines de conservation à 1 °C. Il est important de prendre des mesures au niveau de la vente afin de préserver au mieux la qualité des fruits. Les essais d'ACW ont démontré à cet effet l'importance du choix de l'emballage pour la vente. Des pédoncules bruns et flétris se voient sur des fruits offerts en plateaux ouverts ou en barquettes ajoutées.

En revanche, des cerises conditionnées sous plastique en barquettes avec couvercle ou en sachets soudés, présentent encore après trois jours des pédoncules frais, verts et attrayants.

## Système Palistore (fig. 4)

Le système Palistor se compose d'un plateau sur lequel se place la marchandise et recouvert d'une housse qui est fixée de manière à rendre le dispositif partiellement étanche. Des orifices avec embouts permettent de modifier et d'analyser l'atmosphère de la housse.

Pour plus d'informations, consulter le site [www.storagecontrol.com/palistor.htm](http://www.storagecontrol.com/palistor.htm)



Fig. 4. Système Palistore.

## Sachet Xtend® (fig. 5)

Une autre firme propose des sachets Xtend®-MA/Mh d'une capacité de 5 ou 10 kg, à perméabilité sélective pour l'oxygène, le gaz carbonique et l'humidité relative. Ces emballages dits «intelligents» sont conçus spécifiquement pour chaque produit conservé. Les fruits ou légumes sont introduits dans les sachets puis refroidis durant quelques heures, ensuite les sachets sont fermés de manière étanche et maintenus au froid. Durant la conservation, l'atmosphère se modifie avec la respiration des produits et se stabilise à des teneurs supportables pour la marchandise (MA). L'humidité relative augmente et se maintient à des valeurs élevées sans atteindre pour autant le point de rosée (MH).

Pour plus d'informations, consulter le site [www.stepac.com](http://www.stepac.com)



Fig. 5. Sachet Xtend.

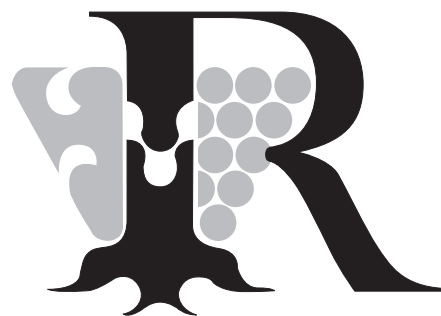


# Pépinières Viticoles - Ph. Rosset

- Toutes variétés sur divers porte-greffes.
- Plantation de vos vignes à la machine.
- TUBEX, protections pour vos plants.

**Qualité et Service font notre différence**

Jolimont 8 - 1180 Rolle - Tél. 021 825 14 68 - Fax 021 825 15 83  
E-mail: [rossetp@domainerosset.ch](mailto:rossetp@domainerosset.ch) - [www.domaine-rosset.ch](http://www.domaine-rosset.ch)



## Un concept de qualité pour l'Europe entière



- Filets antigrêle, noir, cristal-blanc, gris
- Plaquettes FRUSTAR
- Couvertures de protection contre la pluie NETZTEAM-PLAST
- Une gamme complète de matériel pour la protection des cultures
- Une équipe expérimentée pour vous aider lors du montage

Votre partenaire

**NETZTEAM**

**U. Meyer + F. Zwimpfer - Brühlhof, 6208 Oberkirch**

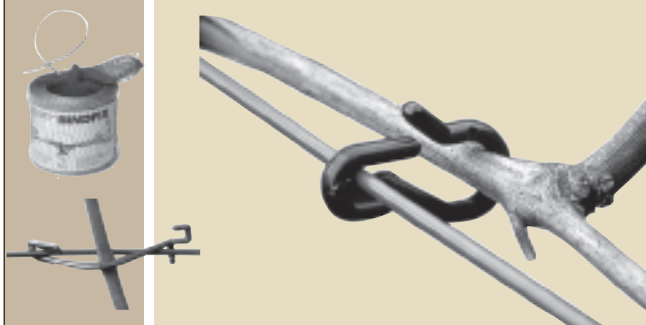
**Téléphone 041 921 16 81 - Fax 041 920 44 73**

**[www.hagelnetz.ch](http://www.hagelnetz.ch)**

**E-mail: [fredytwimpfer@bluewin.ch](mailto:fredytwimpfer@bluewin.ch)**

 **hortima**  
Baumschulbedarf

## Attaches pour la viticulture



Tout ce qu'il faut pour rationaliser le travail en vigne.

Hortima SA, Baumschulbedarf, 5212 Hausen  
056 448 99 40 • [info@hortima.ch](mailto:info@hortima.ch) • [www.hortima.ch](http://www.hortima.ch)

V I N A L Y T I K



*Certifié selon ISO 9001:2000*

**Votre partenaire pour l'analyse des vins**

Vinalytik • Franzosenstr. 14 • CH-6423 Seewen

Téléphone 041 819 34 68 • Fax 041 819 34 74

E-mail: [info@vinalytik.ch](mailto:info@vinalytik.ch) • [www.vinalytik.ch](http://www.vinalytik.ch)

**BOX CADEAU**

Rue de la Gare 20 Tél 032 751 37 95  
2525 Le Landeron Fax 032 751 31 44  
[www.angelrath.ch](http://www.angelrath.ch) [info@angelrath.ch](mailto:info@angelrath.ch)

Jean Angelrath  
Emballages en gros  
Matériel de cave

**NOUVEAU : PIQUET DE VIGNE DIRECT D'USINE**

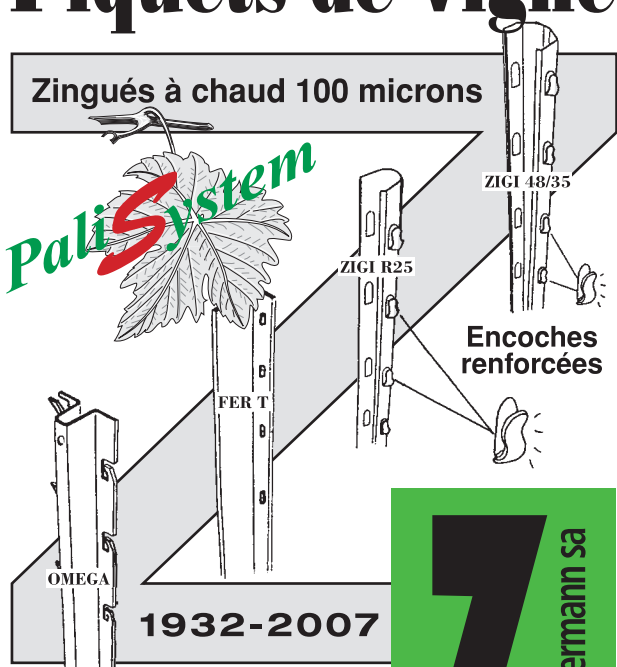
**Contactez-nous !**

Équipement de cave et de vigne - Filtres - Pompes à vin  
Caves, Boîtes Standard, sur mesures et polyester - Pressoirs  
Emballages carton (poste) - Caisses bois - Rubans adhésifs

# Piquets de vigne

Zingués à chaud 100 microns

**PaliSystem**



1932-2007

1268 BEGNINS

Tél. 022 366 13 17

Fax 022 366 32 53

[www.zimmermannsa.ch](http://www.zimmermannsa.ch)



# FRUCTAIR 1500 Ti: Un air nouveau!

- Design ultra compact, 1'000, 1'500, 2'000 l
- Cuve de rinçage et cuve lave-mains
- Trémie d'incorporation
- Nouvelles ventilations à aspiration arrière ou inversée
- Demandez la documentation



**FISCHER**

**BERTHOUD®**

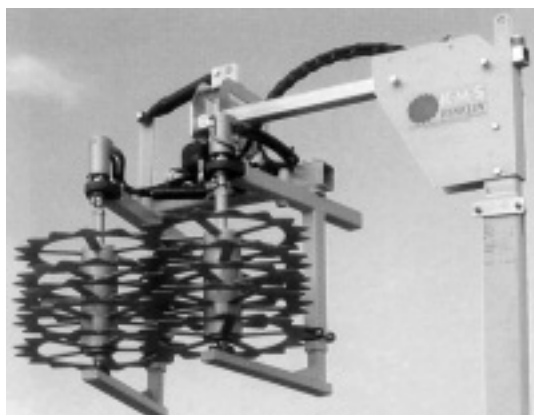
FISCHER nouvelle Sàrl.

Votre spécialiste de la pulvérisation

1868 Collombey-le-Grand, En Boverly A, tél. 024 473 50 80

[www.fischer-sarl.ch](http://www.fischer-sarl.ch)

# DUVOISIN Puidoux



PRÉTAILLEUSES dès 60 kg, adaptations sur tous types de tracteurs ou chenillettes.

SÉCATEURS électriques ou pneumatiques.

BROYEURS SEPPI-M pour sarments et herbe.

TRACTEURS HOLDER articulés à 4 roues motrices.

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

**LALLEMAND**  
...pour votre vin!

Levures de notre dépôt frigorifique:  
p.ex: Sélections de Waedenswil et  
internationales pour  
la typicité de chaque cépage!

Informations:  
[www.baldinger.biz](http://www.baldinger.biz) et Catalogue ROUGE

**Baldinger** dep. 1951

MAX BALDINGER SA CH-8117 Allanden  
061. +41 44 806 80 80 [www.baldinger.biz](http://www.baldinger.biz)

**Pépinières  
viticoles**



**Héli Dutruy**

Ch. du Lac 2  
1297 Founex

Tél. 022 776 16 39

Fax 022 776 64 24

Depuis  
3 générations, nous  
participons à l'évolution  
du vignoble suisse par:

\*\*\*  
la production de plants de  
vignes de haute qualité

\*\*\*  
la sélection des meilleurs  
clones et souches de cépages nobles

\*\*\*  
la production de nos  
propres porte-greffes

\*\*\*  
un service digne  
de ce nom.



## Le diagnostic foliaire en arboriculture: bilan de 20 ans d'étude

J. A. NEYROUD, Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW, CP 1012, 1260 Nyon

S. AMIGUET, Sol-Conseil, CP 1381, 1260 Nyon 1

G. ANDREY, Station cantonale d'arboriculture, Marcelin, 1110 Morges

Ch. EVEQUOZ, Office cantonal d'arboriculture, CP 437, 1951 Châteauneuf-Sion

@ E-mail: [jean-auguste.neyroud@acw.admin.ch](mailto:jean-auguste.neyroud@acw.admin.ch)  
Tél. (+41) 22 36 34 656.

### Résumé

Cette étude évalue les résultats obtenus ces vingt dernières années par la technique du diagnostic foliaire en arboriculture. Des échantillons de référence de feuilles d'abricotier, de cerisier, de poirier et de pommier sont prélevés dans des vergers sélectionnés, à une date fixée; la comparaison de leurs teneurs en N, P, K, Mg et Ca permet de définir des teneurs de référence et des plages de tolérance tenant compte des paramètres statistiques de distribution. Selon l'espèce végétale et l'élément nutritif, il est parfois nécessaire de distinguer des références par variété ou même par année. Les résultats d'analyse d'échantillons provenant de vergers quelconques sont ensuite comparés aux valeurs de référence et interprétés en termes d'offre en éléments nutritifs, d'équilibre d'alimentation et de vigueur du végétal. Les résultats obtenus confirment l'intérêt de la méthode, qui pourrait encore être améliorée par une meilleure définition du moment du prélèvement et par une intégration plus poussée de toutes les relations entre paramètres analysés, comme le montre l'approche selon la méthode DRIS.

l'expression de la nutrition des cultures pérennes ne se traduit pas seulement en termes de rendement (quantitatif et qualitatif), mais également en termes de production de bois et de mise en réserve pour l'année suivante. Ces difficultés expliquent le développement relativement modeste de la technique du diagnostic foliaire à ce jour.

Le diagnostic foliaire est étudié depuis longtemps à la Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW. Ryser (1982) en a décrit la procédure, principalement appliquée en arboriculture et en viticulture. Rappelons qu'il s'agit de constituer une base de données de référence provenant de feuilles de vergers et de vignobles sains, en conditions optimales de production et dont les teneurs moyennes et les rapports moyens entre nutriments seront considérés comme des valeurs de référence. Les résultats d'analyses provenant d'un verger ou d'une vigne quelconque sont alors comparés aux valeurs de référence correspondantes et interprétés en termes de disponibilité et d'équilibres entre EN. Les échantillons de feuilles sont prélevés à un stade précis de végétation et les résultats d'analyses alimentent à leur tour les bases de données constituées. Collaud (comm. pers., 2006) signale qu'en pratique, une recommandation de fertilisation par le diagnostic foliaire tient toujours compte des résultats obtenus par l'analyse classique du sol, qu'elle complète heureusement.

Dans cette publication, les auteurs comparent les teneurs et les rapports des EN entre eux dans les feuilles des différentes espèces et variétés et des différentes régions durant une vingtaine

### Introduction

Un des reproches fréquemment adressés à l'analyse de sol en vue du conseil de fumure est que les quantités d'éléments nutritifs (EN) extraits du sol par voie chimique ne correspondent pas toujours à la capacité de la plante à s'approvisionner. Cette mauvaise concordance s'explique en partie par la localisation des racines dans la profondeur, la disponibilité de l'eau, les conditions de pH, etc. (Elwali et Gascho, 1984). Plusieurs chercheurs se sont efforcés de démontrer que l'analyse de la teneur des feuilles en EN reflète exactement les conditions d'alimentation de la plante et peut par conséquent remplacer l'analyse de sol (Thomas, 1937, Yates, 1965). Cette approche porte le

nom de «diagnostic foliaire». Malheureusement, elle rencontre de nombreux obstacles: comme la biomasse formée croît en cours de saison, l'expression des teneurs en nutriments en fonction de cette masse (en % de matière sèche) varie également; la comparaison de résultats n'est donc possible qu'entre échantillons prélevés à un même stade de développement. De nombreux travaux montrent que les teneurs en azote, phosphore et potassium ont tendance à diminuer avec l'avancement de l'âge physiologique de la feuille, contrairement aux teneurs en calcium et en magnésium, qui augmentent. D'autres travaux révèlent que les teneurs en nutriments des plantes varient au cours de l'année, selon les aires pédo-climatiques et même entre variétés. Enfin,

d'années. La recherche de nouvelles références, investissement périodique en temps et en frais d'analyses, alourdit le coût opérationnel de l'action diagnostic foliaire. Il importe d'évaluer de manière approfondie les critères rendant indispensable la recherche de références annuelles.

Dès 2001, l'action diagnostic foliaire s'est concentrée sur quatre espèces fruitières (pommier, abricotier, cerisier et poirier), selon un dispositif permettant de répondre aux questions pendantes et d'évaluer l'intérêt de cette technique d'analyse.

## Matériel et méthodes

Depuis les années 1970, des échantillons de feuilles de pommier et de vigne ont été prélevés chaque année par les services cantonaux de Suisse romande et les collaborateurs d'Agroscope Changins-Wädenswil ACW, puis traités et analysés par le laboratoire Sol-Conseil. Les sites choisis correspondent à des cultures en pleine production, sur lesquelles aucun problème n'a été relevé et dont les résultats d'analyses chimiques constituent une base de valeurs de référence. Seuls les résultats d'analyses postérieurs à 1986 ont été pris en compte dans cette étude. Durant ces vingt années, les variétés se sont renouvelées, ainsi que les sites de prélèvement. Le prélèvement des feuilles (avec pétiole) selon un protocole défini est effectué 75 jours après la floraison des arbres, au milieu de la pousse de l'année. A la vigne, le prélèvement se fait à la véraison des baies, en face de la première grappe (le diagnostic foliaire en viticulture se limite actuellement à des comparaisons relatives de résultats et ne sera pas discuté dans cet article). Les échantillons sont conservés en milieu réfrigéré puis acheminés au laboratoire Sol-Conseil, où ils sont lavés dans une solution d'acide citrique à 0,2%, soigneusement égouttés, pesés, mis à sécher à 65 °C et pesés à nouveau. Le matériau séché est réduit en poudre dans un moulin à marteau. Une aliquote de 1,0 g est pesée et sa teneur en N analysée selon le procédé Kjeldahl; Une autre aliquote de 1,0 g est calcinée à 500 °C, reprise dans 10 ml d'acide chlorhydrique 1:1, évaporée, reprise dans 10 ml d'acide nitrique à 10%, refroidie à l'eau et filtrée; les éléments chimiques présents dans le filtrat sont dosés par colorimétrie (P) et par spectrométrie d'émission atomique à plasma inductif (ICP-AES) (K, Ca et Mg). Des analyses d'oligo-éléments (B, Cu, Fe, Mn, Zn) ont aussi été exécutées sur plusieurs échantillons. Les opérations de laboratoire respectent les modes opératoires prévus à cet effet (Sol-Conseil, 2001). Un programme informatique permet de comparer tout nouveau résultat aux valeurs de référence correspondantes de la base de données. Il permet également de générer un rapport d'analyse commentant le taux de matière sèche et les teneurs en N, P, K, Ca et Mg (en % MS). Enfin, treize paramètres supplémentaires exprimant l'abondance relative des nutriments permettent d'affiner l'état de l'approvisionnement de la plante.

## Résultats

Les conclusions d'une première action diagnostic foliaire ont été tirées par Rysler (1982); les résultats obtenus servaient de références auxquelles pouvaient être comparés les résultats de toute nouvelle analyse. Ces résultats se basaient chaque année sur les teneurs moyennes réelles et quelques rapports de concentrations relatives en N, P, K, Ca et Mg, de feuilles de pommiers de variétés distinctes et provenant de vergers sains et à rendements quantitatifs et qualitatifs élevés.

### Le concept de référence

La teneur d'une feuille en EN ne peut être interprétée que par rapport à une teneur idéale mesurée dans les vergers les plus productifs. Cette dernière devient une référence, complétée par une information sur les teneurs relatives des EN entre eux, qui renseignent sur les synergies et antagonismes. Un résultat de diagnostic foliaire comprend ainsi les teneurs en N, P, K, Ca et Mg de l'échantillon, exprimées en % de MS, et treize paramètres décrivant les proportions relatives entre éléments. L'hypothèse qui sous-tend le principe du diagnostic foliaire est qu'un rendement optimal ne peut être obtenu qu'avec une alimentation minérale optimale de la plante. Un rendement insuffisant quant à lui peut – entre autres causes – provenir d'une alimentation sub-opti-

male. Ce principe justifie la sélection des échantillons constituant la base de référence. Nous verrons plus loin que quelques autres critères méritent aussi d'être inclus dans la réflexion.

### Valeurs de référence N, P, K, Ca et Mg par espèce fruitière et par variété

De 1987 à 2006, 856 échantillons de feuilles de pommier ont été prélevés, ainsi que 147 échantillons de feuilles de poiriers dès 1989, et enfin 79 échantillons de feuilles d'abricotiers et 75 de feuilles de cerisiers dès 2002. Les paramètres statistiques de l'ensemble des échantillons de référence, toutes espèces confondues, sont présentés au tableau 1. Le coefficient de variation (CV) de la teneur en azote exprimée en % de la matière sèche (MS) est nettement plus faible que celui des autres éléments. Cela montre la forte liaison entre l'absorption de l'azote et la production de biomasse, essentiellement constituée de carbone, d'oxygène, d'azote et d'hydrogène. L'absorption des autres éléments se déroule quant à elle de manière plutôt passive, en fonction de leur disponibilité effective dans le sol (Bailey *et al.*, 1997). Pour chaque élément, il existe une teneur-seuil dans la plante; au-dessus de ce seuil, les concentrations ioniques, parfois modifiées par des effets synergiques ou antagoniques, gèrent les

**Tableau 1. Statistique globale sur les teneurs en éléments nutritifs (mg/100 g MS) de 1157 échantillons de feuilles de pommier (n = 856), de poirier (n = 147), d'abricotier (n = 79) et de cerisier (n = 75) provenant de vergers de référence.**

	N	P	K	Ca	Mg
Moyenne	2,37	0,21	1,83	1,53	0,29
Ecart-type	0,31	0,05	0,58	0,37	0,08
CV (%)	13	23	32	24	26
Minimum	1,22	0,12	0,56	0,5	0,09
Maximum	3,53	0,54	5,11	3,64	0,77

**Tableau 2. Teneurs moyennes en éléments nutritifs (mg/100 g MS) et coefficients de variation (%) dans les feuilles de quatre espèces fruitières provenant des vergers de référence.**

	n		N	P	K	Ca	Mg
Abricotier	79	Moyenne CV (%)	2,74 12	0,21 15	3,38 17	2,16 21	0,36 22
Cerisier	75	Moyenne CV (%)	2,42 14	0,26 18	2,08 16	1,39 21	0,3 18
Poirier	147	Moyenne CV (%)	2,14 10	0,17 12	1,33 27	1,61 20	0,35 26
Pommier	856	Moyenne CV (%)	2,35 12	0,21 23	1,74 19	1,47 22	0,27 25

Fig. 1. Moyennes et écarts-types des teneurs de référence en azote des feuilles de diverses variétés de pommier. ▷

modalités de l'absorption et les teneurs finales en EN, sans relation directe avec la production de biomasse. Au-dessous de ce seuil, la croissance et la production de biomasse sont entravées.

Les différences de composition moyenne des quatre espèces fruitières sont présentées dans le tableau 2. Comparées à la feuille de pommier et compte tenu des coefficients de variation, la feuille de poirier contient davantage de Mg et moins de P et K; la feuille de cerisier contient davantage de P et de K, et la feuille d'abricotier davantage de N, K, Ca et Mg.

En raison des changements survenus dans les variétés cultivées au cours des années et d'un nombre variable d'échantillons prélevés chaque année, les résultats ne sont pas strictement comparables. La figure 1 montre néanmoins, à l'exemple de l'azote dans les feuilles de pommier, que la teneur en EN dépend de la variété. Ces différences sont souvent significatives, comme le montrent les résultats des analyses de variance effectuées sur les teneurs en EN de trois variétés d'abricotier (tabl. 3). Une analyse en composantes principales des teneurs en EN, effectuée sur l'ensemble des résultats de chaque espèce, ne parvient pas à former des groupes homogènes reliés aux variétés de plantes. Cet échec s'explique peut-être par l'absence d'interaction entre teneurs en EN dans la plante (contrairement à l'analyse de variance, l'analyse ACP considère l'ensemble des paramètres mesurés) ou par la relative homogénéité des échantillons de référence.

## Valeurs de référence N, P, K, Ca et Mg par région et par année

Des différences ont parfois été observées entre les résultats d'échantillons de provenances différentes. Ces différences sont surtout visibles entre échantillons valaisans et vaudois, pour lesquels suffisamment de matériel a été prélevé au cours des mêmes années (tabl. 4). Des différences de teneur des feuilles en EN ont également été observées en fonction de l'année. Ces différences sont plus fréquentes pour l'azote que pour les autres nutriments. La figure 2 montre un exemple des différences an-

Fig. 2. Moyennes et écarts-types des teneurs de référence en calcium des feuilles de diverses variétés de poirier regroupées par année et par variété et provenance régionale. ▷

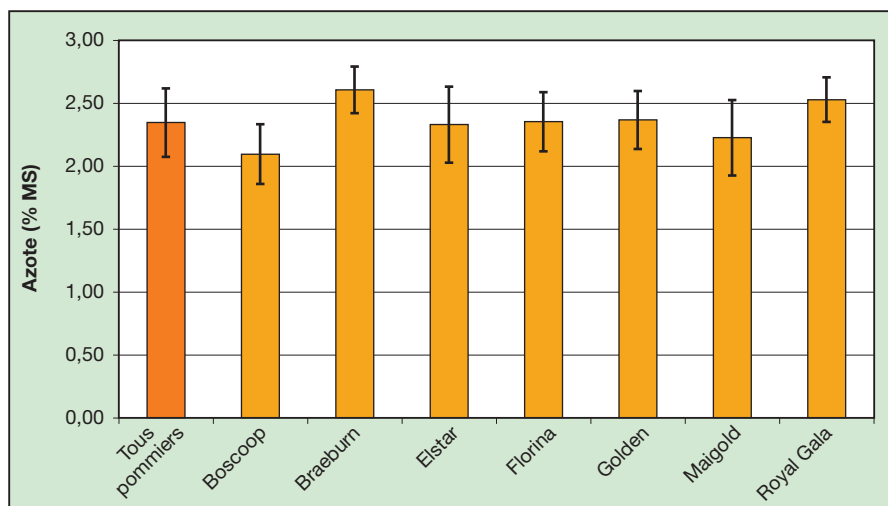


Tableau 3. Analyse de variance des teneurs en EN des feuilles de trois variétés d'abricotier (cinq vergers par variété) entre 2002 et 2006.

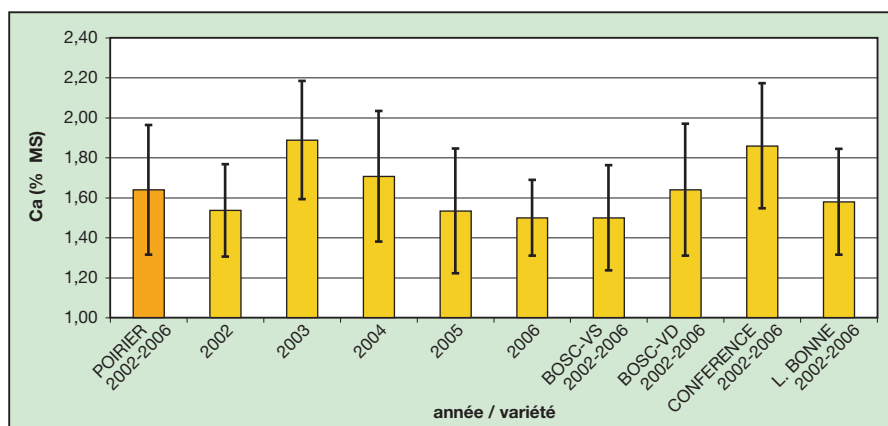
	N		P		K		Ca		Mg	
	Moy.	stat.	Moy.	stat.	Moy.	stat.	Moy.	stat.	Moy.	stat.
Bergeron	2,97	a	0,22	a	3,24	b	2,08	b	0,41	a
Goldrich	2,73	b	0,21	a b	3,2	b	2,41	a	0,39	a
Orangered	2,53	c	0,19	b	3,64	a	2,14	a b	0,29	b

Des lettres différentes dans une même colonne indiquent des différences significatives à P = 0,01.

Tableau 4. Analyse de variance des teneurs en EN des feuilles de sept variétés de pommier, compte tenu d'une distinction entre provenances valaisanne et vaudoise (cinq vergers par variété) entre 2002 et 2006.

	N		P		K		Ca		Mg	
	Moy.	stat.	Moy.	stat.	Moy.	stat.	Moy.	stat.	Moy.	stat.
Braeburn Valais	2,72	a	0,22	b c	1,62	b	1,39	b c	0,25	b
Braeburn Vaud	2,59	b	0,23	b	2,1	a	1,25	c	0,3	a
Golden Valais	2,54	b	0,2	b c	1,45	b	1,75	a	0,29	a
Golden Vaud	2,49	b	0,19	c	1,92	a	1,51	b	0,3	a
Maigold	2,32	c	0,26	a	2,06	a	1,41	b c	0,32	a
Royal Gala Valais	2,58	b	0,21	b c	1,5	b	1,72	a	0,31	a
Royal Gala Vaud	2,61	a b	0,17	c	1,91	a	1,3	c	0,3	a

Des lettres différentes dans une même colonne indiquent des différences significatives à P = 0,01.



nuelles, variétales et régionales de teneurs en calcium des feuilles de poirier. Ces différences sont souvent hautement significatives ( $P = 0,01$ ).

## Valeurs de référence d'abondance relative des éléments nutritifs entre eux

Le concept d'abondance relative d'un EN par rapport à un autre accroît fortement la capacité du diagnostic foliaire d'apprécier les conditions générales de nutrition du végétal. Ryser (1989) signale l'importance de la somme des éléments N + P + K ou K + Ca + Mg et de leur abondance relative, du ratio (N+P)/K élevé indiquant un risque de carence en bore, du ratio Ca/P lié à l'âge physiologique réel de la feuille, et des rapports K/Ca, K/Mg et K/(Ca+Mg) traduisant les synergies et antagonismes entre ces EN. La plupart de ces ratios sont également utilisés par Aichner *et al.* (2004) au Tyrol du Sud.

## Choix des bornes des plages de référence

Si le choix de la moyenne ou de la médiane d'une plage de référence s'établit facilement, la fixation des bornes s'avère plus compliquée. La plage couverte par le domaine «moyenne +/- 1 écart-type» ne rassemble en théorie (distribution normale) que 66% des échantillons, ce qui n'est pas compatible avec le statut de référence attribué à l'ensemble de la population. Si le domaine «moyenne +/- 2 écarts-types» est choisi, 98% des échantillons sont rassemblés, mais le domaine devient si vaste que peu d'échantillons issus de la pratique s'en trouveront exclus et le diagnostic foliaire deviendra moins pertinent.

La solution retenue dans cette étude est la suivante: lorsqu'un résultat d'analyse est situé dans la plage de +/- 1 écart-type autour de la valeur de référence, les conditions d'alimentation de la plante sont optimales. Lorsqu'il en diffère par un écart supérieur à 2 écarts-types, un sérieux problème de nutrition est détecté et nécessite une étude approfondie de

l'abondance relative des EN entre eux. Lorsqu'il en diffère par un écart compris entre 1 et 2 écarts-types, un risque est présent, qui peut être confirmé par l'étude des abondances relative des EN. Une attention particulière doit alors être portée sur la stratégie de fertilisation pour les années suivantes.

## Aspects pratiques de la fixation des plages de référence

L'inconvénient majeur de la référence annuelle dans l'expérimentation en cours est le nombre restreint de valeurs qui la génèrent. La théorie statistique requiert un nombre d'autant plus élevé d'échantillons que la dispersion des résultats est grande. Le processus d'acquisition d'EN par les plantes est encore mal connu sur le plan agronomique et physiologique, par conséquent malaisé à traduire en valeurs-seuil. D'un point de vue économique, l'établissement de références annuelles représente un investissement important par les ser-

**Tableau 5. Teneurs de référence pluriannuelle des feuilles de quatre espèces fruitières, modulées selon la nécessité par la prise en compte de la variété ou de la région de production.**

	Azote		Phosphore		Potassium		Calcium		Magnésium			
	Moyenne (% MS)	CV (%)	Moyenne (% MS)	CV (%)	Moyenne (% MS)	CV (%)	Moyenne (% MS)	CV (%)	Moyenne (% MS)	CV (%)		
<b>ABRICOTIER</b>												
Toutes variétés	2,73		0,21	15	3,37		2,22		0,35			
Bergeron	2,97	9			3,24		2,08	25	0,41	18		
Goldrith	2,73	12			3,2	19	2,41	12	0,39	18		
Orangered	2,53	9			3,64		2,14	15	0,29	11		
<b>CERISIER</b>												
Toutes variétés	2,42	14	0,26	19	2,08	17	1,39		0,3	17		
Burlat							1,32	23				
Kordia							1,53	19				
Summit												
<b>POIRIER</b>												
Toutes variétés	2,13		0,17	12	1,39		1,64		0,37			
Bosc - VD	2,1	10			1,14	21	1,63	20	0,32	13		
Bosc - VS	2,22	7			1,59	19	1,49	17	0,36	14		
Conférence	2,22	9			1,3	21	1,86	15	0,35	12		
Louise Bonne	1,98	9			1,52	20	1,57	17	0,46	13		
<b>POMMIER</b>												
Toutes variétés	2,4		0,21	25	1,77		1,48		0,28			
Braeburn VD	2,54	8			1,62	16	1,32	17	0,25	16		
Braeburn VS					2,13	17			0,3	14		
Golden VD					1,65	20	1,57	17	0,25	14		
Golden VS												
Maigold					2,23	7	1,86	15	1,32	14	0,3	14
Royal Gala-VD					2,57	8	1,52	18	1,64	14		
Royal Gala-VS							1,82	15	1,39	17		

vices concernés, dont le coût devrait être amorti par de nombreuses analyses à but commercial. La littérature mentionne plusieurs valeurs de référence, le plus souvent obtenues dans le cadre d'essais exacts, mais rarement validées sur des régions entières de production. C'est pourquoi la fixation des plages de référence dans des buts d'application pratique tient compte à la fois des distributions statistiques des résultats et d'une approche plus pragmatique de l'ensemble des réalités agronomique, physiologique et économique.

Des références pluriannuelles ont été calculées pour chaque variété. Ces références comprennent parfois une distinction entre régions de production (tabl. 5) probablement liée à la nature des sols. Des références générales ont aussi été calculées sans tenir compte de la variété ou de la région.

Les feuilles d'abricotier, de provenance exclusivement valaisanne (trois variétés), contiennent des quantités distinctes de N, K, Ca et Mg selon la variété; de plus, des différences marquées caractérisent l'effet spécifique de l'année, de sorte que la référence pluriannuelle doit constamment être réajustée. A l'inverse, les teneurs en EN des feuilles de cerisier, de provenance exclusivement vaudoise, se sont avérées assez stables durant les quatre années d'essai; les différences entre variétés sont minimes, autorisant le calcul d'une référence unique pour N, P, K et Mg. Seul le taux de calcium de la variété Summit est plus élevé que celui des autres variétés. Enfin, les feuilles de poirier et de pommier subissent également des fluctuations de teneurs en EN liées à l'année. De plus, certaines variétés cultivées en terres valaisanne et vaudoise présentent des teneurs différentes, vraisemblablement liées à un effet combiné de sol et de micro-climat. Des teneurs de référence distinctes sont à appliquer dans ces cas.

## Application pratique des valeurs de référence du diagnostic foliaire

A chaque nouvelle saison, quelques échantillons de feuilles sont prélevés et analysés pour vérifier que les nouveaux résultats ne s'écartent pas trop des valeurs de référence pluriannuelles. Le cas échéant, ces valeurs sont réajustées pour l'année en cours. Ensuite, un rapport d'analyse est généré pour chaque échantillon et ses résultats sont transcrits dans la base de données. La figure 3 présente un exemple de résultats d'analyse de feuilles de pommier Golden, avec un commentaire succinct.

## Appréciation des résultats d'analyse

Echantillon V 1527  
 Date réception 25.07.2006  
 Sortie laboratoire 10.08.2006  
 Référence ARBO Pommier Golden M9 Feuilles

Matériel végétal feuilles  
 Conseiller

Eléments	Résultats	Référence	Appréciation (%)				
			très faible	faible	bonne	élevée	très élevée
N % m.s.	2.40	2.350			102		
P % m.s.	0.21	0.204			102		
K % m.s.	1.15	1.720	67				
Ca % m.s.	1.51	1.480			102		
Mg % m.s.	0.19	0.267		71			
N+P+K % m.s.	3.76	4.27	88				
N %	63.90	54.98					116
P %	5.54	4.77					116
K %	30.56	40.24	76				
K+Ca+Mg % m.s.	2.85	3.47	82				
K %	40.28	49.61	81				
Ca %	53.05	42.69					124
Mg %	6.67	7.70			87		
(N+P)/K	2.27	1.48					153
Ca/P	7.27	7.25			100		
K/Ca	0.76	1.16		65			
K/Mg	6.04	6.44			94		
K/(Ca+Mg)	0.67	0.98		69			
B ppm							
Cu ppm							
Fe ppm							
Mn ppm							
Zn ppm							
Na ppm							

### Commentaires:

N : bon P : bon K : très faible  
 Ca : bon Mg : faible Na :  
 B : Cu : Fe :  
 Mn : Zn :

N+P+K : absorption des éléments principaux : très faible  
 K+Ca+Mg : absorption des cations : très faible  
 (N+P)/K : risque de carence en bore par déséquilibre entre éléments : fort risque  
 Ca/P : âge physiologique des feuilles au moment du prélèvement : normal  
 K/Mg : bon équilibre K/Mg

Conseiller: S. Amiguet

Fig. 3. Exemple de résultat d'analyse de feuilles de pommier de variété Golden Delicious avec appréciation des teneurs et commentaires succincts.

On voit qu'une teneur particulièrement basse en potassium entraîne de nombreux risques pour la nutrition du végétal: déséquilibres N/P/K et K/Ca/Mg, rapport (N+P)/K trop élevé indicateur de risque de carence en bore et nécessité de rééquilibrer l'offre en nutriments K et Mg par une fumure appropriée. L'expérience accumulée à ce jour dans notre région et ailleurs (Lucena, 1997, Aichner *et al.*, 1997) montre que l'intérêt du diagnostic foliaire est encore accru lorsque praticien, conseiller et

analyste apportent chacun leur contribution pour trouver l'origine des troubles constatés par l'analyse.

## Discussion

L'analyse de sol classique accorde une importance limitée à l'équilibre entre les éléments fertilisants dosés; son but général consiste à moduler la fumure de manière à amener tous les EN à un niveau de disponibilité «satisfaisant».

Avec le diagnostic foliaire, les teneurs en EN sont complétées par le calcul de plusieurs ratios entre EN, qui permettent d'affiner l'interprétation (antagonismes, synergies, etc.). La prise en considération de tous les ratios possibles a été réalisée avec la méthode DRIS (*Diagnosis and Recommendation Integrated System*), récemment décrite par Walworth et Sumner (1987). DRIS calcule les teneurs de référence en EN de feuilles issues de cultures à rendements supérieurs à un seuil fixé. Elle sélectionne ensuite parmi tous les ratios possibles entre EN ceux qui permettent de distinguer le mieux entre rendements supérieurs et inférieurs, c'est-à-dire ceux qui donnent la meilleure information sur l'état d'alimentation de la plante. Enfin, elle calcule la contribution de chaque EN à l'équilibre de l'alimentation, grâce aux «index N, P...». La méthode DRIS semble donner de bons résultats en viticulture (Schaller *et al.*, 2002), en culture d'agrumes (Beverly *et al.*, 1984) et pour d'autres cultures.

L'analyse d'herbe, également interprétée avec la méthode DRIS par Bailey *et al.* (1997), a fait l'objet d'une nouvelle approche décrite par Théliér-Huché *et al.* (1999). Celle-ci est basée sur la relation entre teneur en azote et biomasse produite. Tout écart par rapport à cette relation est exprimé par l'«indice de nutrition azotée». Selon ces derniers auteurs, l'absorption des autres éléments minéraux s'ajuste à l'absorption de l'azote.

L'effet spécifique de l'année sur les teneurs des feuilles en EN est assez rarement cité dans la littérature. Nos résultats montrent cependant qu'il ne doit pas être négligé. Nous formulons l'hypothèse qu'une période de prélèvement fixée en arboriculture à la seconde moitié de juillet ne correspond pas chaque année au même stade de développement des feuilles, c'est-à-dire aux mêmes teneurs en EN. Aichner et Stimpfl (2002) ont en effet montré comment les concentrations des EN dans la biomasse de feuilles varient avec l'âge physiologique de la plante. Un prélèvement effectué dans un verger à une somme de températures prédéterminée présenterait probablement moins d'incertitude qu'un prélèvement à une date fixe et permet de définir des valeurs de référence plus robustes.

Bien que des corrélations entre rendement (quantitatif ou qualitatif) et concentration des EN dans les feuilles puissent être mises en évidence, l'interprétation d'un résultat de diagnostic foliaire reste très empirique; l'interprétation physiologique de ces phénomènes

est fortement limitée par notre manque de connaissances de base sur le fonctionnement du végétal. Toutefois, les diverses approches d'interprétation, en particulier la mise en évidence de teneurs et de ratios liés à une possible carence ou à une possible consommation de luxe, font avancer cette connaissance et sont peut-être plus prometteuses que les analyses de sol.

## Conclusions

- ❑ Le diagnostic foliaire offre une bonne interprétation des conditions d'alimentation du végétal.
- ❑ L'interprétation requiert la présence de valeurs de référence constamment remises à jour et une bonne collaboration entre praticien, conseiller et analyste.
- ❑ La définition d'un verger de référence devrait à l'avenir inclure une information confirmée sur le rendement quantitatif ou qualitatif.
- ❑ Malgré ses difficultés d'application à des plantes pérennes, l'interprétation selon la méthode DRIS offre d'intéressantes perspectives, mais nécessite un travail de recherche préalable à l'application dans la pratique.

## Remerciements

Les auteurs remercient chaleureusement les nombreux arboriculteurs qui ont accepté de mettre à disposition les renseignements nécessaires sur leurs vergers, ainsi que M<sup>me</sup> Monique Thorimbert pour la traduction italienne du résumé.

## Bibliographie

- Aichner M., Andreas O., Pasquale G. & Mantinger H., 1997. Richtwerte der Nährstoffgehalte in den Apfelblättern. *Obst- und Weinbau Südtirol* **11**, 308-309.
- Aichner M. & Stimpfl E., 2002. Seasonal patterns and interpretation of mineral nutrient concentration in apple leaves. *Acta Horticulturae* **594**, 377-382.
- Aichner M., Stimpfl E. & Drahorad W., 2004. Die Blattanalyse. In: Boden und Pflanzen Ernährung in Obst-, Wein- und Biolandbau, 2004, Versuchszentrum Laimburg, Pfatten, Italien, 105-117.
- Bailey J. S., Beattie J. A.M., Kilpatrick D. J. & Cushnahan A., 1997. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for diagnosing the nutrient status of grassland swards I & II. *Plant and soil* **197**, 127-147.
- Beverly R. B., Stark J. C., Ojala J. C. & Embleton T. W., 1984. Nutrient diagnosis of Valencia oranges by DRIS. *J. Amer. Hort. Sci.* **109**, 649-654.
- Elwali A. M. O. & Gascho G. J., 1984. Soil testing, foliar analysis and DRIS as guide for sugarcane fertilization. *Agronomy J.* **76**, 466-470.
- Lucena J. J., 1997. Methods of diagnosis of mineral nutrition of plants. A critical review. *Acta Horticulturae* **448**, 179-191.
- Ryser J.-P., 1982. Vers l'utilisation pratique du diagnostic foliaire en viticulture et en arboriculture. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **14** (1), 49-54.
- Ryser J.-P., 1989. Foliar diagnosis as a tool in achieving quality. Internat. Potash Inst., 21st colloquium, Louvain-la-Neuve (BE).
- Schaller K., Lönhertz & Michel H., 2002. Modified DRIS-system for leaf analysis to optimize fertilizer inputs. Further developments with grapevines. *Acta Horticulturae* **594**, 369-375.
- Sol-Conseil, 2001. Méthodes d'analyses de végétaux en laboratoire (document interne). CP 188, CH-1260 Nyon.
- Théliér-Huché L., Farruggia A. & Castillon P., 1999. L'analyse d'herbe. COMIFER Ed., 3, rue J.-M.-Hackin, 75116 Paris, France.
- Thomas W., 1937. Foliar diagnosis I & II. *Plant physiology* **12**, 571-599 and **14**, 75-92.
- Walworth J. L. et Sumner M. E., 1987. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Advances in Soil Sci.* **6**, 149-188.
- Yates R. A., 1965. Calibration of soil and leaf analyses for the control of sugar-cane fertilization rates in southern Queensland. *Aust. J. Agric. Res.* **16**, 367-384.

## Summary

### Foliar diagnosis in the orchard: review of a 20 years study

This study presents a review of experiments made during 20 years with the foliar diagnosis method. Leaves samples of apricot, cherry, pear and apple trees have been collected at prescribed dates on healthy and productive orchards and analysed for their N, P, K, Mg and Ca-contents. Reference values were calculated according to average contents and statistical distributions of the results. In some cases, specific reference values had to be defined for some varieties, nutrient elements or years. Any other sample can then be analysed and compared to the proper reference values; differences from reference values are interpreted in terms of nutrient availability, equilibrium in nutrient uptake and tree vigour. Results obtained so far confirm the interest of the foliar diagnosis approach; this method might be further improved by a more precise definition of sampling time and by a more elaborate evaluation of nutrient contents and ratios, as realised in the DRIS model.

**Key words:** foliar diagnosis, leaf analysis, fertilizer recommendation.



## Zusammenfassung

### Die Blattanalyse im Obstbau: Bilanz eines 20 Jahren Studiums

Die Methode der Blattanalyse (diagnostic foliaire) im Obstbau wird anhand der bisher erhaltenen Analysenresultate bewertet. Proben aus Aprikosen-, Kirschen-, Birnen- und Apfelbaumblättern werden an einem bestimmten Zeitpunkt in einem Netz von gesunden Obstgärten entnommen. Aus ihren N, P, K, Mg und Ca-Gehalten werden Referenzwerte, sowie verteilungsabhängige Toleranzbereiche kalkuliert. Je nach Spezies und sogar Nährelement sind manchmal sorten- und jahresspezifische Referenzwerte nötig. Jede unbekannte Blattprobe kann nach diesem Vorgehen analysiert und interpretiert werden. Die Interpretation schliesst die reelle Verfügbarkeit der Nährelemente, das Gleichgewicht zwischen jenen sowie die Wachstumsbedingungen der Bäume ein. Die Methode hat sich als gut erwiesen, könnte aber noch durch eine robustere Auswahl des Entnahmezeitpunktes und eine Vertiefung der statistischen Auswertung (nach DRIS Model) verbessert werden.

## Riassunto

### La diagnosi fogliare in arboricoltura: bilancio di 20 anni di studio

Questa pubblicazione evalua i risultati ottenuti per mezzo dell'applicazione della diagnosi fogliare in arboricoltura durante 20 anni. Dei campioni di referenza di foglie di albicocchi, di ciliegi, di peri e di meli sono prelevati in frutteti selezionati, ad una data fissata; il confronto dei loro tenori in N, P, K, Mg e Ca permette di definire i tenori di referenza e delle areas di tolleranza tenendo conto dei parametri statistici di distribuzione. A secondo della specie vegetale e dell'elemento nutritivo, è talvolta necessario distinguere delle referenze per varietà o anche delle referenze annuali. I risultati di analisi di campioni qualunque sono poi paragonati ai valori di referenza e interpretati in termini di offerta in elementi nutritivi, di equilibrio alimentare e di vigore del vegetale. I risultati ottenuti confermano l'interesse del metodo, che potrebbe ancora essere migliorato con una migliore definizione del momento di prelevamento e con un'integrazione più spinta di tutte le relazioni tra i parametri analizzati, come lo dimostra l'approccio secondo il metodo DRIS.

## LIXION

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

- AUTONOMIE JUSQU'À 3 JOURS SANS RECHARGE
- PUISSANCE, CAPACITÉ DE COUPE ET PROGRESSIVITÉ ACCRUES
- POIDS RÉDUIT
- MODÈLE POUR GAUCHER



DISTRIBUTION - VENTE - SERVICE

**CHAPPOT** SA

1906 CHARRAT

Tél. 027 746 13 33

Fax 027 746 33 69

E-mail: [etchapsa@omedia.ch](mailto:etchapsa@omedia.ch)

[www.chappotmachines.com](http://www.chappotmachines.com)

## Bouchons

Capsules de surbouchage

Capsules à vis · Bouchons couronne

Bondes silicone · Barriques · Fûts de chêne

Supports porte-barriques · 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](mailto:ribas@bouchons.ch)

[www.bouchons.ch](http://www.bouchons.ch)

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



## PÉPINIÈRES VITICOLES CLAUDE & JACQUES LAPALUD

PLANTATION À LA MACHINE

## 1163 ÉTOY

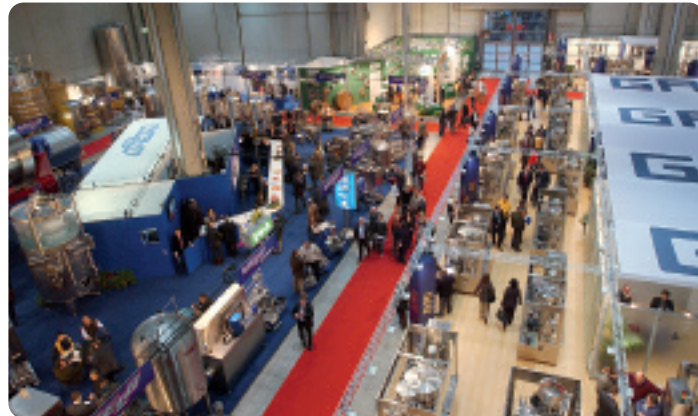
Atelier: tél. 021 808 76 91 - fax 021 808 78 40

Privé: tél. 021 807 42 11

## Salon SIMEI

Du 13 au 17 novembre 2007 à Milan

La 22<sup>e</sup> édition du SIMEI – salon international pour le matériel d'œnologie et d'embouteillage – se déroulera du **13 au 17 novembre 2007** dans les pavillons du nouveau quartier des expositions de la Foire de Milan.



### Les nouveautés

La 22<sup>e</sup> édition s'annonce riche en nouveautés avec, comme fer de lance de la manifestation, un colloque international consacré au marché mondial des boissons, en constante augmentation. Une attention particulière sera portée aux tendances de production et consommation de soft-drinks, eaux minérales, vin, bière, jus dans les différentes régions du monde. Un second rendez-vous technique et scientifique sera consacré à l'huile, avec la présence d'experts internationaux renommés.

La 6<sup>e</sup> édition d'ENOVITIS (salon international des techniques pour la viticulture et l'oléiculture) se déroulera simultanément. ENOVITIS offrira aux visiteurs un tour d'horizon complet des équipements, des machines et des produits pour la viticulture: du bouturage aux systèmes les plus modernes de traitement phytosanitaire (atomiseurs, pulvérisateurs, etc.); des machines pour le travail au vignoble (tracteurs, arracheuses, fraiseuses, sarceleuses, effeuilleuses, écimieuses, etc.) aux machines à vendanger dans les différents modèles portés et automoteurs (seront présents tous les principaux constructeurs au monde). Outre les équipements sophistiqués et innovateurs pour la viticulture, ENOVITIS accordera également une large place à l'oléiculture et aux machines qui lui sont consacrées.

*Les visiteurs du SIMEI et d'ENOVITIS pourront utiliser le système très pratique de pré-enregistrement, qui permet de recevoir le badge magnétique d'accès avant l'ouverture du salon et par conséquent d'entrer à la Foire sans perdre de temps à l'entrée.*

Le SIMEI, rendez-vous bisannuel des professionnels de la production, de l'embouteillage et du conditionnement des liquides alimentaires, rencontre un succès croissant. La précédente édition, en 2005, avait attiré près de 50 000 visiteurs et 800 exposants de différents pays, avec une augmentation de la surface de 38 000 m<sup>2</sup>.

### Installations et techniques de pointe

Durant cinq jours, du 13 au 17 novembre prochain, les professionnels concernés pourront découvrir les installations, équipements et machines à la pointe de la technique et de l'innovation pour la production, l'embouteillage et le conditionnement des boissons (vins, eaux-de-vie, liqueurs, bières, jus de fruits, eaux minérales, boissons gazeuses, sirops, huiles et

vinaigres). Il s'agit d'installations grandes, moyennes et petites pour l'embouteillage (avec une grande variété de dimensions pour toutes les exigences de la production), de machines de tous types pour la vinification et les différents traitements du vin, de matériels et machines pour le cycle de conditionnement et d'emballage des liquides en bouteilles, d'équipements intérieurs d'entreprise, de récipients de tous genres et dimensions, d'adjuvants technologiques, etc., dans leur version la plus moderne et la plus avantageuse.

### Renseignements:

SIMEI – Via S. Vittore al Teatro 3, I-20123 Milan (Italie);  
tél. +39 02 72 22 281, fax +39 02 86 62 26; e-mail: [info@simei.it](mailto:info@simei.it)  
ou consulter le site Internet [www.simei.it](http://www.simei.it)

**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

# 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



# Expression végétative et alimentation azotée de la vigne

## Observations sur Chasselas et Pinot noir

J.-L. SPRING et V. ZUFFEREY, Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW, Domaine viticole du Caudoz, 1009 Pully

@ E-mail: [jean-laurent.spring@acw.admin.ch](mailto:jean-laurent.spring@acw.admin.ch)  
Tél. (+41) 21 72 11 560.

### Résumé

Des essais ont été mis en place avec du Chasselas et du Pinot noir au domaine expérimental de la Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil à Pully (VD) pour étudier l'interaction entre l'expression végétative et la nutrition azotée de la vigne. Des différences importantes ont été obtenues dans la surface foliaire soit en supprimant des entre-cœurs, soit en faisant varier la hauteur de la haie foliaire.

La teneur en azote dans les feuilles à la véraison, dans les moûts à la vendange et la teneur en chlorophylle des feuilles sont négativement corrélées avec l'augmentation de l'expression végétative de la vigne (surface foliaire totale). Pour certains millésimes et dans des situations où l'alimentation azotée peut être limitée, une surface foliaire excessive peut aggraver les problèmes de concurrence azotée avec des conséquences possibles sur la qualité des vins.

### Introduction

Une alimentation insuffisante de la vigne en azote peut avoir des conséquences négatives sur la qualité des vins, en particulier des blancs (Maigre *et al.*, 1995; Schwab *et al.*, 1996; Löhnertz, 1998). Dans le cadre d'expérimentations conduites en Suisse romande (Spring, 2001; 2003; 2006), des cas de nutrition insuffisante en azote se sont également présentés sur des vignes vigoureuses qui ne subissaient pas des contraintes hydriques marquées. Face à cette problématique, l'hypothèse a été émise qu'une surface foliaire excessive pouvait entraîner, sur des vignes vigoureuses, une diminution des teneurs en azote dans la plante par effet de dilution. Deux essais ont été mis en place sur le domaine expérimental de la Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil (ACW) à Pully (VD) pour étudier cette question.

Le premier essai conduit sur Chasselas en culture mi-haute faisait varier l'ex-

pression végétative de la plante avec une variante où la totalité des entre-cœurs a été supprimée sur l'ensemble des rameaux comparativement à une variante témoin où les entre-cœurs ont été supprimés, selon la pratique traditionnelle, sur un tiers de la longueur des rameaux dans la zone des grappes. Le second essai conduit sur Chasselas et Pinot noir portait sur la variation de la hauteur de la haie foliaire pour des vignes plantées à la même densité.

### Matériel et méthodes

Les parcelles expérimentales sont situées à Pully (VD) où la moyenne des températures durant la période de végétation (du 15 avril au 15 octobre) s'élève à 15 °C et les précipitations annuelles moyennes à 1140 mm. Le sol (0-20 cm) est de nature moyenne (16,9% d'argile), peu calcaire (4% de Ca total) et contient un taux de matière organique satisfaisant. L'analyse chimique montre que ce sol est riche en phosphore et en potassium et normalement pourvu en magnésium et en bore. Le premier essai sur l'influence de la sup-

pression totale des entre-cœurs a été installé sur une parcelle de Chasselas greffé sur 3309C, conduite en guyot simple et plantée en 1988. La distance de plantation est de 200 cm entre les rangs et de 85 cm sur le rang. La hauteur de la haie foliaire est de 130 cm. Les variantes sont les suivantes:

A = élimination des entre-cœurs dans la zone des grappes exclusivement (= «rebiolage normal»);

B = élimination des entre-cœurs sur toute la longueur des rameaux (= «rebiolage total»).

Cet essai a été organisé en blocs randomisés à quatre répétitions. Les observations ont porté sur les millésimes 2001 à 2004.

Le second essai axé sur l'influence de la hauteur de la haie foliaire a été planté en 1999 et conduit en guyot simple avec des écartements de 150 cm entre les rangs et de 80 cm sur le rang. Deux cépages ont été considérés: le Chasselas (clone ENTAV 31) et le Pinot noir (clone RAC 12) plantés sur des parcelles contiguës avec la même disposition expérimentale. Cet essai a été conçu en split-plot avec quatre répétitions. Deux facteurs ont été étudiés: l'influence du porte-greffe (3309C, 5C et Riparia Gloire) et celle de la hauteur de la haie foliaire. Cet article n'aborde que l'influence de ce dernier paramètre et les résultats représentent la moyenne des trois porte-greffe. Les variantes de hauteur du feuillage ont été les suivantes: A = 60 cm, B = 100 cm, C = 140 cm.

L'expérimentation a porté sur les millésimes 2001 à 2006. Les opérations suivantes ont été réalisées:

- détermination, à la véraison, du taux d'azote des feuilles situées dans la zone des grappes (diagnostic foliaire);
- suivi de l'indice chlorophyllien (méthode N-Tester) des feuilles principales de niveau 7 à 10 selon la méthode proposée par Spring (1999) et Spring et Zufferey (2000) pour l'essai d'élimination des entre-cœurs, de 2002 à 2004;
- suivi de l'indice chlorophyllien des feuilles principales de la zone des grappes pour le Pinot noir de l'essai de hauteur de feuillage, en 2005;

- mesure de l'expression végétative par la détermination de la surface foliaire selon la méthode proposée par Carbonneau (1976), de 2001 à 2004 pour l'essai de suppression d'entre-cœurs et en 2005 pour l'essai de hauteur de feuillage;
- poids des bois de taille;
- relevé des composantes du rendement: fertilité des bourgeons, poids des baies, poids des grappes et rendement; la production a été limitée à une grappe par bois pour l'essai de suppression d'entre-cœurs, à une grappe par bois pour le Pinot noir et à quatre grappes par cep pour le Chasselas dans l'essai de hauteur de feuillage;
- détermination au foulage dans les moûts du taux de sucre, du pH, de l'acidité totale exprimée en acide tartrique, des acides tartrique et malique, ainsi que de la teneur en azote selon la méthode proposée par Aerny (1996).

De 2001 à 2004, les raisins issus des variantes de l'essai de suppression des entre-cœurs ont été vinifiés. Après pressurage, les moûts ont été sulfités à raison de 50 mg/l de SO<sub>2</sub> et débourbés. Les moûts ont été ramenés à une teneur en sucre standard par chaptalisation et levurés à raison de 15 g/hl (levure Bourgoblanc®). Les vins ont été centrifugés après fermentation alcoolique et ont subi une fermentation malolactique induite par des bactéries sélectionnées. Après stabilisation physique, les vins ont été filtrés et mis en bouteilles. Les analyses courantes des moûts ont été effectuées selon le *Manuel suisse des denrées alimentaires*. Les vins ont été dégustés par un collège de dégustateurs d'ACW quelques semaines après la mise en bouteilles. Les différents critères organoleptiques ont été appréciés selon une échelle de notation allant de 1 (mauvais, faible) à 7 (excellent, élevé).

## Résultats et discussion

### Expression végétative et rapport feuille/fruit

Les tableaux 1 et 2 réunissent les observations concernant les mesures de la surface foliaire totale par m<sup>2</sup> de sol, ainsi que les poids des bois de taille par cep. Pour l'essai de suppression des entre-cœurs, la surface foliaire a été mesurée au cours des quatre années d'expérimentation alors que pour l'essai de hauteur de feuillage, cette mesure n'a été effectuée qu'en 2005.

Les variantes expérimentales montrent des différences importantes en ce qui concerne l'expression végétative des souches. Ainsi, pour l'essai de suppression des entre-cœurs (tabl. 1), la variante témoin (rebiolage normal) se distingue par une augmentation du poids des bois de taille de 29% et de la surface foliaire totale de 76% par rapport à la variante où tous les entre-cœurs ont été supprimés.

Pour l'essai de hauteur de feuillage, le passage d'une hauteur de 60 cm à respec-

**Tableau 1. Essai de limitation de l'expression végétative par suppression d'entre-cœurs sur Chasselas. Expression végétative de la vigne et rapport feuille/fruit. Pully, moyennes 2001-2004.**

	Surface foliaire totale (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> sol)	Poids bois de taille (g/cep)	Surface foliaire totale/kg raisin (m <sup>2</sup> /kg)
Rebiolage normal	1,65 (176%)	564 (129%)	1,35
Rebiolage total	0,94 (100%)	437 (100%)	0,98
<i>ppds (p = 0,05)</i>	<i>0,48</i>	<i>63</i>	<i>0,33</i>

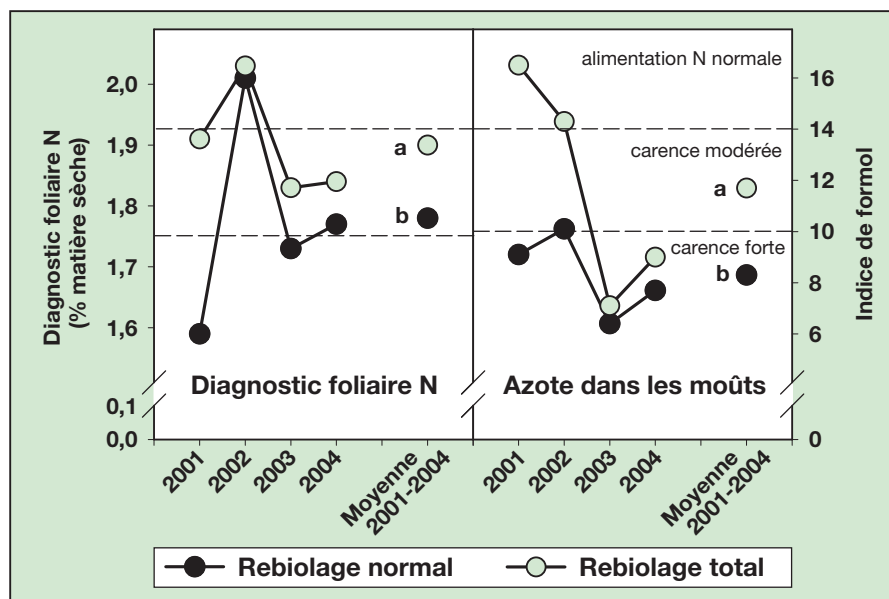
**Tableau 2. Essai de variation de la hauteur de feuillage sur Chasselas et Pinot noir. Expression végétative de la vigne et rapport feuille/fruit. Pully, 2005.**

	Hauteur feuillage (cm)	Surface foliaire totale (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> sol)	Poids bois de taille (g/cep)	Surface foliaire totale/kg raisin (m <sup>2</sup> /kg)
<b>Chasselas</b>	60	0,70 (100%)	265 (100%)	0,62
	100	1,32 (189%)	407 (154%)	1,26
	140	1,85 (264%)	524 (198%)	1,67
	<i>ppds (p = 0,05)</i>	<i>0,25</i>	<i>99</i>	<i>0,12</i>
<b>Pinot noir</b>	60	0,85 (100%)	275 (100%)	0,89
	100	1,57 (185%)	408 (148%)	1,55
	140	2,24 (264%)	523 (190%)	2,37
	<i>ppds (p = 0,05)</i>	<i>0,20</i>	<i>101</i>	<i>0,12</i>

tivement 100 et 140 cm a entraîné une augmentation des poids de bois de taille d'environ 50% pour la variante 100 cm et de 90 à 100% pour la variante 140 cm, autant pour le Chasselas que pour le Pinot noir. Pour la surface foliaire totale, l'élévation de la hauteur du feuillage s'est traduite par une augmentation de 85 à 90% pour la variante 100 cm et de 164% pour la variante 140 cm.

Le rapport entre la surface foliaire totale et la production de raisin exprimée

en kg/m<sup>2</sup> montre que la variante «rebiolage total» présente un rapport feuille/fruit au-dessous de l'optimum défini par Murisier (1996), en matière de teneur en sucre des raisins et de reconstitution des réserves hydrocarbonées de la vigne. C'est également le cas pour la variante 60 cm de l'essai de hauteur du feuillage. La variante «rebiolage normal» de l'essai de suppression des entre-cœurs et la variante 100 cm de l'essai de hauteur du feuillage pré-



**Fig. 1. Essai de limitation de l'expression végétative par suppression d'entre-cœurs sur Chasselas. Azote foliaire à la véraison et indice de formol des moûts. Pully, 2001-2004. NB: les moyennes munies d'une lettre différente sont significativement distinctes (p = 0,05).**

sentent un rapport feuille/fruit équilibré, qui devient excessif dans la variante 140 cm du même essai.

## Alimentation azotée de la vigne

### Azote dans les feuilles et dans les moûts

Pour l'essai de suppression des entre-cœurs, les valeurs de l'azote déterminé dans les feuilles à la véraison et dans les moûts à la vendange sont indiquées dans la figure 1. La suppression totale des entre-cœurs s'est toujours accompagnée d'une augmentation de la teneur en azote dans les feuilles et dans les moûts. Les différences ont été plus faibles en 2003, année caractérisée par une contrainte hydrique plus importante. De manière générale, les teneurs en azote observées dans les moûts étaient d'autant plus faibles que la contrainte hydrique durant la période principale de végétation (début mai à fin août) était forte (fig. 2). Le niveau d'alimentation azotée a ainsi fortement fluctué en fonction des conditions du millésime. En ce qui concerne l'azote foliaire, les valeurs moyennes d'approvisionnement étaient médiocres selon les seuils proposés par Spring *et al.* (2003). L'indice de formol des moûts constitue un bon indicateur du niveau d'alimentation azotée de la vigne. Les seuils de l'indice de formol déterminés par Lorenzini (1996) pour le Chasselas sont les suivants: < 10: carence marquée, 10-14: carence modérée, > 14: alimentation azotée non limitante.

Les différences entre les deux variantes ont été plus marquées les années où la contrainte hydrique était plus faible (2001 et 2002). La variante témoin (rebiolage normal) a toujours présenté des valeurs basses d'azote dans les moûts, situées dans la plage de forte carence en azote. Pour la variante avec suppres-

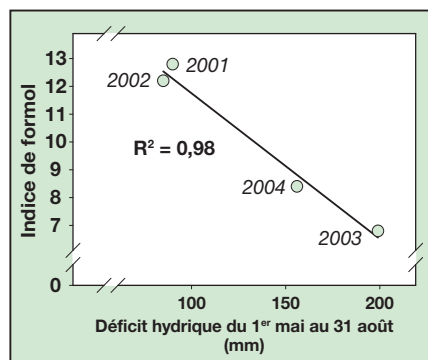


Fig. 2. Essai de limitation de l'expression végétative par suppression d'entre-cœurs sur Chasselas. **Relation entre le déficit hydrique** calculé de début mai à fin août et **la teneur en azote des moûts** (moyennes des deux variantes). Pully, 2001-2004.

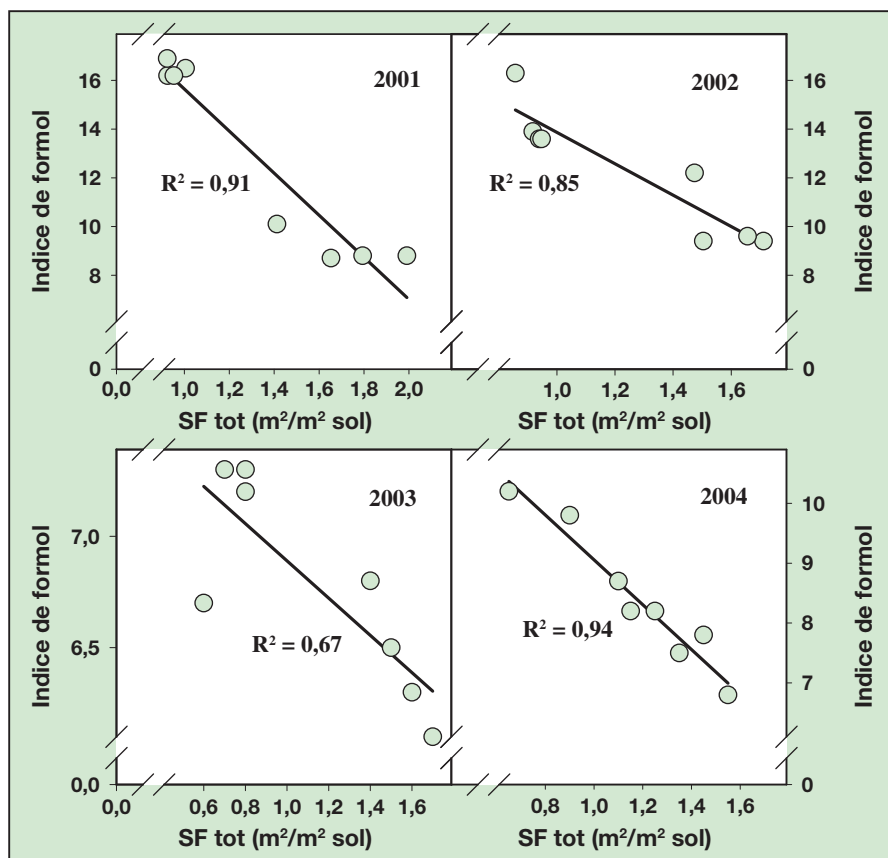


Fig. 3. Essai de limitation de l'expression végétative par suppression d'entre-cœurs sur Chasselas. **Relation entre la surface foliaire totale (SF tot) et la teneur en azote des moûts**. Pully, 2001-2004.

sion totale des entre-cœurs (rebiolage total), ces valeurs pouvaient être qualifiées de normales en 2001 et 2002, tandis qu'elles étaient nettement plus basses en 2003 et 2004.

Pour chacun des quatre millésimes considérés, il existe une bonne corrélation entre l'expression végétative de la plante exprimée par la surface foliaire

totale et les taux d'azote des moûts (fig. 3). Plus la surface foliaire totale était importante, plus les taux d'azote étaient faibles. C'est surtout l'amplitude des variations observées qui diffère fortement en fonction des conditions climatiques des millésimes.

La figure 4 réunit les valeurs d'azote dans les feuilles des variantes de l'essai

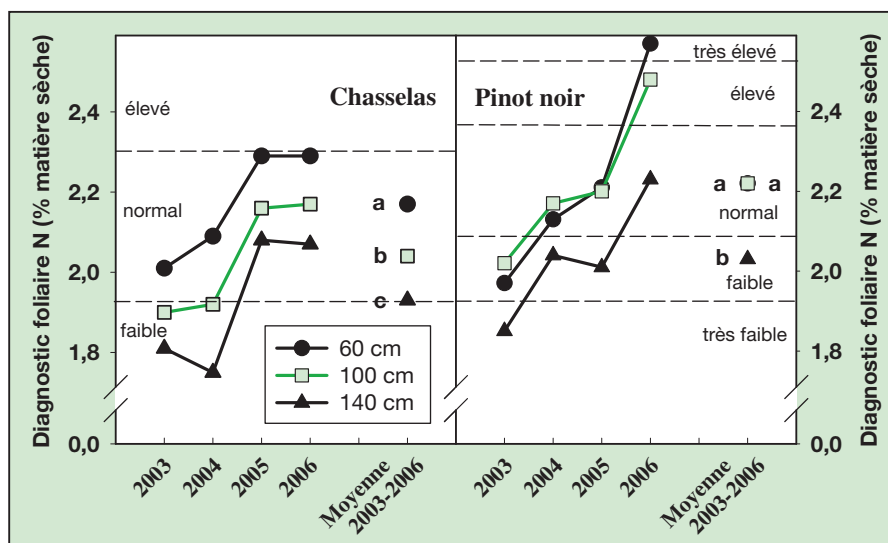


Fig. 4. Essai de variation de la hauteur de feuillage sur Chasselas et Pinot noir. **Influence de la hauteur du feuillage sur la teneur en azote des feuilles à la véraison**. Pully, 2003-2006. NB: les moyennes munies d'une lettre différente sont significativement distinctes ( $p = 0,05$ ).

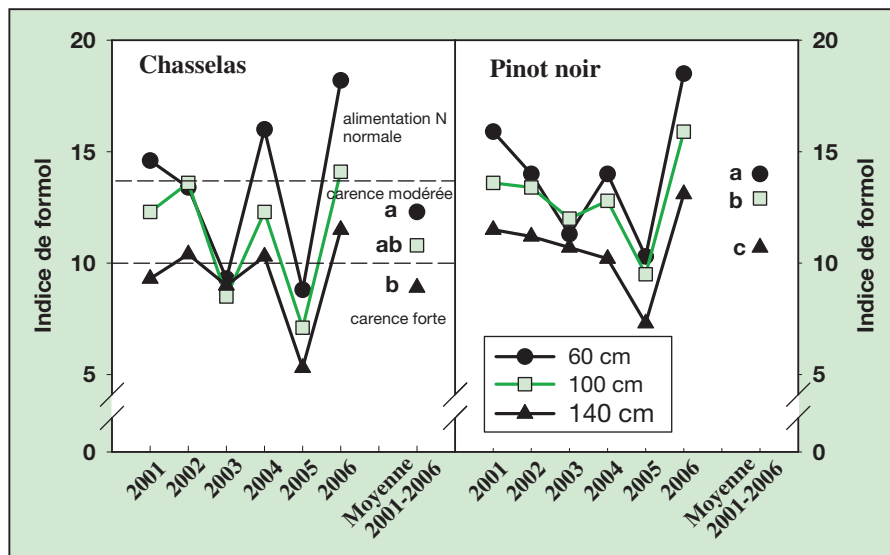


Fig. 5. Essai de variation de la hauteur de feuillage sur Chasselas et Pinot noir. **Influence de la hauteur du feuillage sur la teneur en azote des moûts.** Pully, 2001-2006. NB: les moyennes munies d'une lettre différente sont significativement distinctes ( $p = 0,05$ ).

de hauteur du feuillage sur Chasselas et Pinot noir. La teneur en azote des feuilles de Chasselas est strictement inversement proportionnelle à la hauteur de feuillage alors que, pour le Pinot noir, c'est surtout la variante avec la hauteur de feuillage maximale (140 cm) qui présente des taux d'azote significativement plus bas. Les valeurs d'azote dans les moûts pour ce même essai sont données dans la figure 5. La teneur en azote dans les moûts est inversement proportionnelle à la hauteur de la haie foliaire. Pour le Chasselas, les moûts de la variante à 140 cm de hauteur se sont fréquemment retrouvés dans la plage d'alimentation très faible en azote. Comme dans l'essai de suppression des entre-cœurs, la variation de la surface foliaire totale obtenue par le biais de la hauteur du feuillage est

bien corrélée avec la teneur en azote des moûts (fig. 6).

### Indice chlorophyllien du feuillage (N-Tester)

L'évolution de l'indice chlorophyllien du feuillage mesuré au N-Tester a été suivie de 2002 à 2004 dans l'essai de suppression des entre-cœurs (fig. 7). Ces observations confirment celles de la teneur en azote des feuilles et des moûts. Les feuilles de la variante «rebiolage total» étaient plus vertes que celles de la variante témoin (rebiolage normal). Les différences ont été moins marquées en 2003, année où la plante a eu plus de difficultés à assimiler l'azote. Dans l'essai de hauteur de feuillage, l'évolution de l'indice chlorophyllien a été suivie sur le Pinot noir en 2005 (fig. 8). Le suivi sur Chasselas n'était

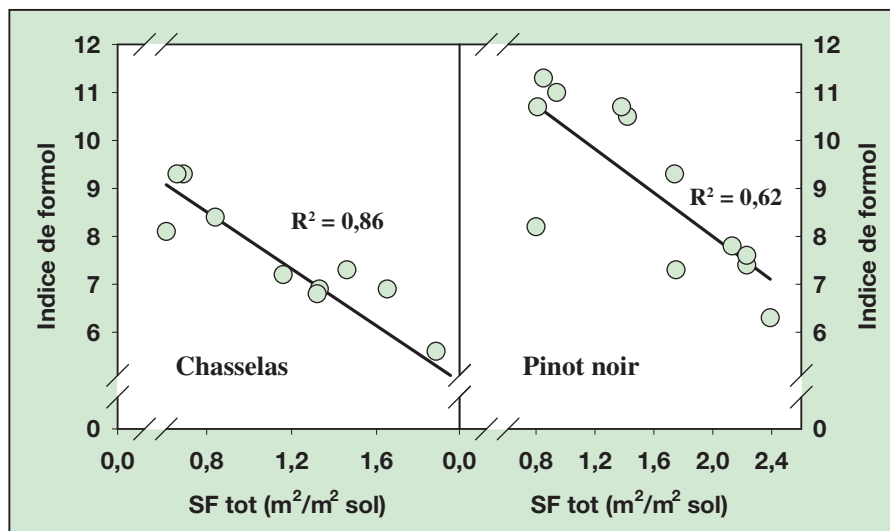


Fig. 6. Essai de variation de la hauteur de feuillage sur Chasselas et Pinot noir. **Relation entre la surface foliaire totale (SF tot) et la teneur en azote des moûts.** Pully, 2005.

pas réalisable en raison de symptômes assez marqués de carence magnésienne sur le feuillage. Les observations sur le Pinot noir confirment également les résultats des teneurs en azote obtenues dans les feuilles et dans les moûts. Le feuillage de hauteur maximale (140 cm) se distingue par une couleur moins verte, avec une régression plus rapide de la chlorophylle en fin de saison. Dans le cadre des deux essais, l'ensemble des indicateurs d'alimentation azotée de la plante (diagnostic foliaire, azote dans les moûts et indice chlorophyllien du feuillage) montre clairement qu'une augmentation de la surface foliaire, par le développement d'une sur-

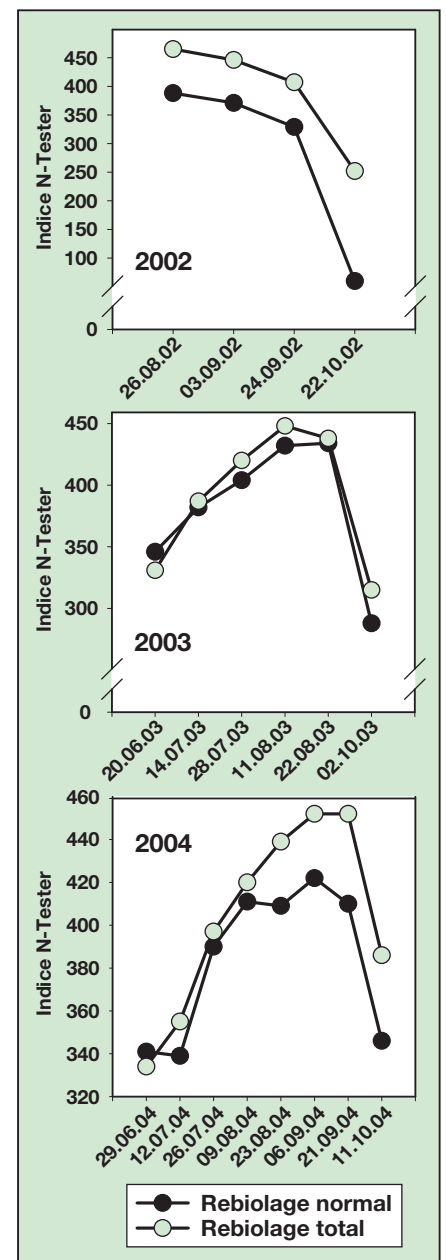


Fig. 7. Essai de limitation de l'expression végétative par suppression d'entre-cœurs sur Chasselas. **Suivi de l'indice chlorophyllien (N-Tester) du feuillage** (feuilles principales de niveau 7-10). Pully, 2002-2004.

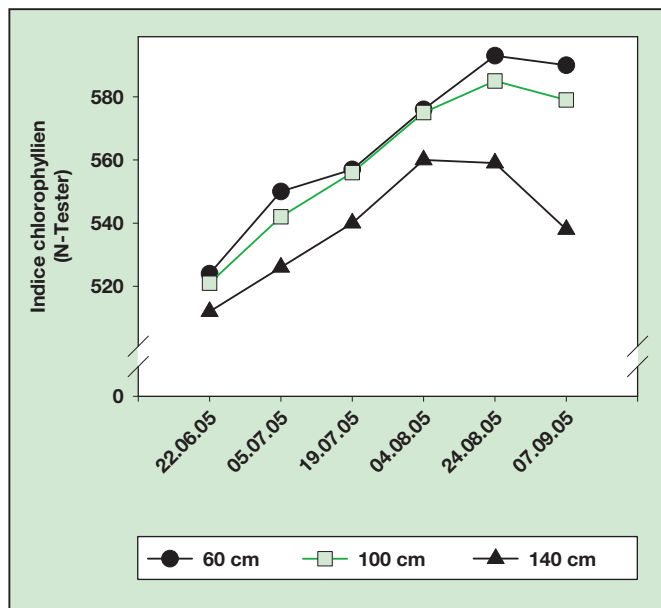


Fig. 8. Essai de variation de la hauteur de feuillage sur Chasselas et Pinot noir. **Evolution de l'indice chlorophyllien des feuilles principales dans la zone des grappes.** Pully, 2005.

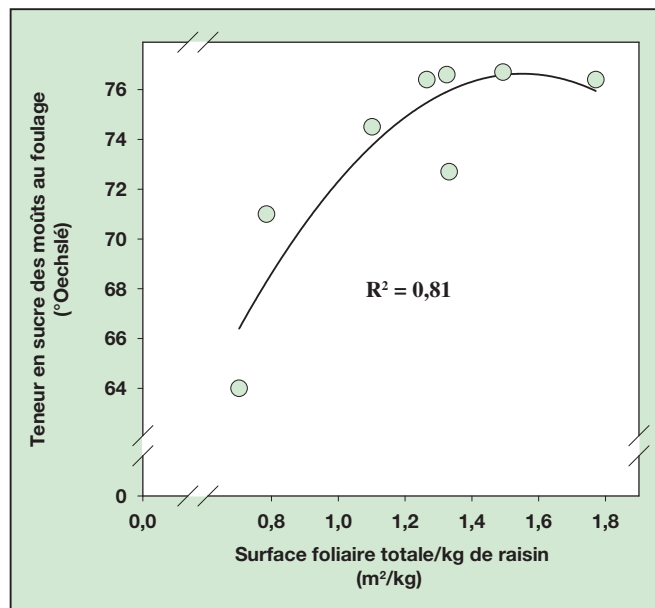


Fig. 9. Essai de limitation de l'expression végétative par suppression d'entre-cœurs sur Chasselas. **Relation entre la surface foliaire totale/kg de raisin et la teneur en sucre des moûts.** Moyennes 2001-2004, Pully.

face foliaire secondaire importante (entre-cœurs) ou par une haie foliaire particulièrement haute, s'accompagne d'une diminution de la teneur en azote dans les feuilles et dans les moûts, ce qui pourrait confirmer l'hypothèse d'une dilution de l'azote assimilé lorsque l'expression végétative est excessive.

### Composantes du rendement et composition des moûts

Le tableau 3 réunit les principaux éléments concernant les composantes du rendement et la qualité des moûts pour l'essai de suppression des entre-cœurs. La diminution de l'expression végétative des souches dans la variante «rebiolage total» s'est accompagnée d'une diminution du poids des baies, des grappes et du rendement. La teneur en sucre des moûts a également été plus faible pour cette variante malgré un rendement plus bas, ce qui s'explique par la variation du rapport feuille/fruit, comme l'ont déjà montré Bertamini *et al.* (1991) qui ont également observé un plafonnement de l'évolution de la teneur en sucre des moûts pour un rapport surface foliaire totale par kilogramme de raisin supérieur à 1,5 m²/kg (fig. 9). Aucune différence notable n'a pu être notée pour les autres critères. Dans l'essai de hauteur de feuillage (tabl. 4), peu de différences ont été observées à l'exception des taux de sucre plus élevés pour les variantes avec une haie foliaire plus importante expliqués par la variation du rapport feuille/fruit.

**Tableau 3. Essai de limitation de l'expression végétative par suppression d'entre-cœurs sur Chasselas. Composantes du rendement et qualité des moûts. Pully, moyennes 2001-2004.**

	Composantes du rendement				Composition des moûts				
	Fertilité des bourgeons (nombre grappes/bois)	Poids (g)		Rendement	Sucre (° Oe)	Acidité totale (g/l)	Acide tartrique (g/l)	Acide malique (g/l)	pH
		baies	grappes						
Rebiolage normal	1,94	3,14	348	1,22	75,0	6,1	5,7	2,7	3,39
Rebiolage total	1,83	2,84	293	0,96	72,1	6,3	5,8	3,0	3,41
<i>ppds</i> ( $p = 0,05$ )	<i>n.s.</i>	0,03	50	0,21	2,0	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

*n.s.* = non significatif.

**Tableau 4. Essai de variation de la hauteur de feuillage sur Chasselas et Pinot noir. Composantes du rendement et qualité des moûts. Pully, moyennes 2001-2006.**

	Hauteur feuillage (cm)	Composantes du rendement				Composition des moûts				
		Fertilité des bourgeons (nombre grappes/bois)	Poids (g)		Rendement	Sucre (° Oe)	Acidité totale (g/l)	Acide tartrique (g/l)	Acide malique (g/l)	pH
			baies	grappes						
Chasselas	60	1,76	2,84	322	1,13	73,6	5,2	5,3	2,5	3,46
	100	1,51	2,83	366	1,05	73,9	4,2	5,1	2,0	3,47
	140	1,82	2,98	324	1,10	75,8	4,7	5,0	2,2	3,48
	<i>ppds</i> ( $p = 0,05$ )	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	1,6	<i>n.s.</i>	0,2	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
Pinot noir	60	1,76	1,51	225	0,96	89,6	9,3	6,4	4,8	3,13
	100	1,81	1,56	237	1,01	90,9	9,5	6,3	5,1	3,13
	140	1,83	1,61	221	0,94	91,6	9,6	6,3	5,2	3,12
	<i>ppds</i> ( $p = 0,05$ )	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	0,05	1,5	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	0,2	<i>n.s.</i>

*n.s.* = non significatif.

## Conclusions

Les essais conduits sur Chasselas et Pinot noir, où l'expression végétative de la plante est modulée par la suppression partielle ou totale des entre-cœurs ou par le choix de différentes hauteurs de la haie foliaire (60 cm, 100 cm et 140 cm), ont permis de mettre en évidence les aspects suivants:

- la teneur en azote des feuilles à la véraison et des moûts à la vendange, ainsi que l'indice chlorophyllien du feuillage (N-Tester) sont négativement corrélés avec l'augmentation de l'expression végétative de la vigne (surface foliaire totale);
- pour certains millésimes, dans des situations où l'alimentation azotée peut être limitative, une expression végétative excessive, nettement supérieure au rapport feuille/fruit idéal de 1,0 à 1,2 m<sup>2</sup> de surface foliaire exposée/kg de raisin défini par Murisier (1996), peut aggraver les problèmes de concurrence azotée avec des conséquences possibles sur la qualité des vins.

## Remerciements

Les collaborateurs de la section de viticulture et d'œnologie de la Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW qui ont participé à cette expérimentation sont vivement remerciés de leur précieuse collaboration.

## Bibliographie

- Aerny J., 1996. Composés azotés des moûts et des vins. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **28** (3), 161-165.
- Bertamini M., Iacono F. & Scienza A., 1991. Manipolazione dei rapporti sink-source mediante il diradamento dei grappoli e riflessi sulla qualità (cv. Cabernet Sauvignon). *Vigne-Vini* **10**, 41-47.
- Carbonneau A., 1976. Principe et méthodes de mesure de la surface foliaire. Essai de caractérisation des types de feuilles dans le genre *Vitis*. *Ann. Amél. Plantes* **26** (2), 327-343.
- Löhnertz O., 1998. Begrünung und Weinqualität in «Gesunder Boden durch Begrünung». *Compte rendu 5<sup>e</sup> Symposium international «Technik im Weinbau»*, Stuttgart, Allemagne, 12-13 mai 1998, 101-112.
- Lorenzini F., 1996. Teneur en azote et fermentescibilité des moûts. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **27**, 237-251.
- 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**, 237-251.
- Murisier F., 1996. Optimisation du rapport feuille-fruit de la vigne pour favoriser la qualité du raisin et l'accumulation des glucides de réserves. Relation entre le rendement et la chlorose. Thèse N° 11729, EPFZ Zurich, 134 p.

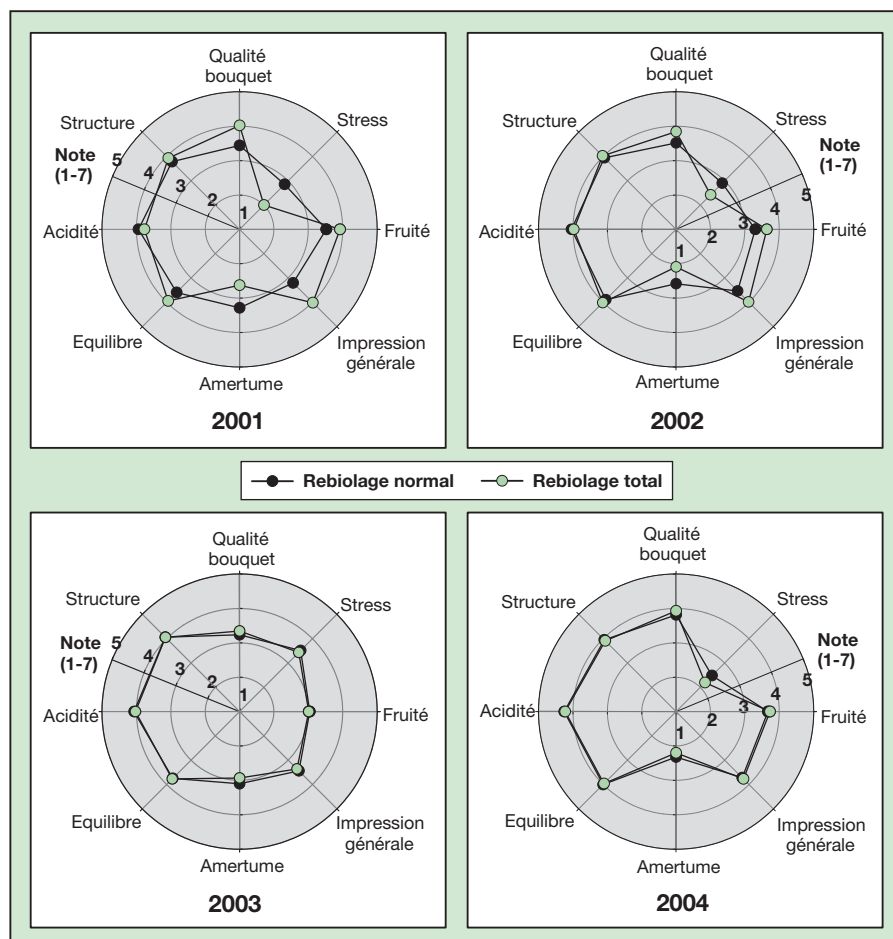
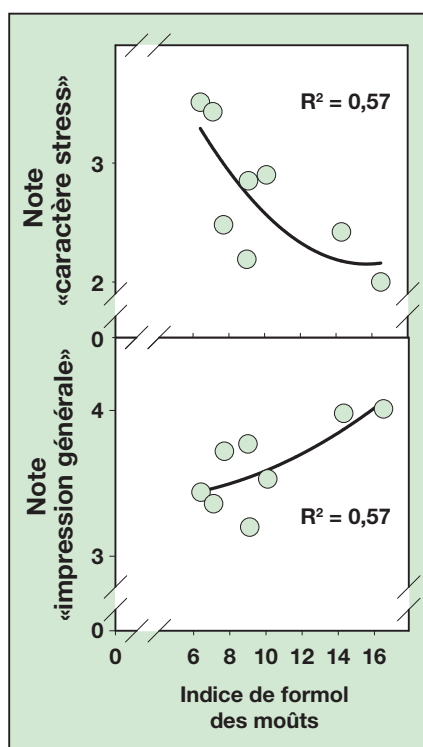


Fig. 10. Essai de limitation de l'expression végétative par suppression d'entre-cœurs sur Chasselas. **Analyse sensorielle des vins quelques semaines après la mise en bouteilles.** Notes de 1 (= faible, mauvais) à 7 (= élevé, excellent). Pully, 2001-2004.

## Qualité des vins

Les résultats de la dégustation des vins de l'essai de suppression des entre-cœurs, effectuée quelques semaines après la mise en bouteilles, sont reportés sur la figure 10. La note de «stress» représente l'ensemble des caractères liés à une concurrence azotée excessive (bouquet masqué, astringence, note de réduction atypique). Les vins se distinguent dans leurs profils sensoriels pour les millésimes 2001 et 2002, et pratiquement pas en 2003 et en 2004. Ces effets sont bien expliqués par les niveaux d'azote dans les moûts enregistrés pour chacune des variantes pour les critères de stress azoté et d'impression générale des vins (fig.11). Cette relation a déjà été démontrée à plusieurs reprises pour le cépage Chasselas (Maigre, 1995; Spring, 2002).

Fig. 11. Essai de limitation de l'expression végétative par suppression d'entre-cœurs sur Chasselas. **Influence de l'indice de formol des moûts sur l'expression du caractère de stress azoté et sur l'impression générale des vins.** Pully, 2001-2004. ▷





Schwab A. L., Peternel M., Köhler J. & Hergel K.-P., 1996. Die untypische Alterungsnote im Wein. *Rebe und Wein* 6, 181-187.

Spring J.-L., 1999. Indice chlorophyllien du feuillage et nutrition azotée du cépage Chasselas. Premières expériences en Suisse romande. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 31 (3), 141-145.

Spring J.-L. & Zufferey V., 2000. Intérêt de la détermination de l'indice chlorophyllien du feuillage en viticulture. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 32 (6), 323-328.

Spring J.-L., 2001. Influence du type d'enherbement sur le comportement de la vigne et la qualité des vins. Résultats d'un essai sur Chasselas dans le bassin lémanique. 1. Résultats agronomiques. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 33 (5), 253-260.

Spring J.-L., 2002. Influence du type d'enherbement sur le comportement de la vigne et la qualité des vins. Résultats d'un essai sur Chasselas dans le bassin lémanique. 2. Résultats œnologiques. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 34 (2), 111-116.

Spring J.-L., 2003. Localisation de la fumure azotée sur l'intercep dans les vignes enherbées. Résultats d'un essai sur Chasselas dans le bassin lémanique. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 35 (2), 113-119.

Spring J.-L., Ryser J.-P., Schwarz J.-J., Basler P., Bertschinger L. & Häseli A., 2003. Données de base pour la fumure en viticulture. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 35 (4), 24 p.

Spring J.-L. & Lorenzini F., 2006. Effet de la pulvérisation d'urée sur l'alimentation azotée et la qualité du Chasselas en vigne enherbée. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 38 (2), 105-113.

## Zusammenfassung

### Vegetative Entwicklung und Stickstoffversorgung der Rebe. Beobachtungen bei Gutedel und Blauburgunder

Zwei Versuche wurden mit Gutedel und Blauburgunder auf Parzellen der Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil in Pully (VD) angelegt, um die Wechselwirkung zwischen vegetativer Entwicklung und Stickstoffversorgung der Rebe zu studieren. Durch das Entfernen von Geiztrieben oder durch Variation der Laubwandhöhe ergaben sich grosse Unterschiede bezüglich Blattflächeentwicklung.

Der Stickstoffgehalt und die Chlorophyllkonzentration in Blättern zur Zeit des Weichwerdens sowie die Stickstoffwerte im Most waren mit zunehmender Blattfläche negativ korreliert. In gewissen Jahren und in Lagen wo die Stickstoffversorgung zu knapp ausfällt, kann eine übermässige Blattfläche die Stickstoffkonkurrenz verstärken, so dass möglicherweise die Weinqualität negativ beeinflusst werden kann.

## Riassunto

### Espressione vegetativa e alimentazione azotata della vite. Osservazioni sul Chasselas e Pinot nero

Le prove sono state condotte con Chasselas e Pinot nero nel vigneto sperimentale della Stazione di ricerche Agroscope Changins-Wädenswil a Pully (VD), al fine di valutare l'interazione tra espressione vegetativa e alimentazione azotata della vite. Sono state osservate delle differenze importanti a livello della superficie fogliare sia eliminando le femminelle, sia facendo variare l'altezza della chioma fogliare.

Il tenore in azoto nelle foglie all'invaia e nei mosti alla vendemmia, come pure il tenore clorofilliano nelle foglie, sono negativamente correlati con l'aumento dell'espressione vegetativa nella pianta (superficie fogliare totale). In certe annate e in situazioni di alimentazione azotata limitata, una superficie fogliare eccessiva può aggravare il problema della concorrenza azotata con il rischio di effetti sulla qualità del vino.

## Summary

### Leaf surface and nitrogen supply in grapevine plants. Observations on Chasselas and Pinot noir vines

Experimental trials on Chasselas and Pinot noir vines were set up on the estate of the Agroscope Changins-Wädenswil Research Station at Pully, Vaud (Switzerland), in order to study the interaction between plant outgrowths and nitrogen supply in grapevines. Significant differences in leaf surface were obtained either by eliminating lateral buds or by varying the height of hedgerows. It

became evident that nitrogen content in leaves at the time of fruit ripening and in musts at harvesting, as well as leaf chlorophyll content, were negatively correlated with an increase in vine plant outgrowth (total leaf surface). By exceptional climatic conditions or in situations where nitrogen supply may be restrictive, excessive leaf surface can increase nitrogen competition problems with possible repercussions on wine quality.

**Key words:** leaf surface, grapevine, nitrogen competition, canopy management, wine quality.

## Construction de serres Installations techniques

- Serres de production
- Serres de ventes
- Constructions spéciales
- Coupoles zénithales et toitures
- Installations chauffages & irrigations
- Toiles énergétiques
- Ombrages
- Aménagement intérieur
- Appareils de réglage

# GYSI



OÙ LES IDÉES  
POUSSENT

GEBR. GYSI AG, 6340 BAAR

Téléphone 041 761 41 41, Fax 041 761 71 00

[www.gysi.ch](http://www.gysi.ch)



## UNIFROID ET L'ELEVAGE DU VIN UNE BELLE HISTOIRE D'AMOUR



Vin rouge, blanc, mousseux - quelque soit la spécialité - les techniques de vinification modernes exigent une parfaite maîtrise de la température du produit durant les différentes phases de production.

Nous sommes à même de vous aider dans chacune des étapes de ce processus délicat :

- Débourbage
- Fermentations
- Stabilisation tartrique
- Maturation en fûts ou cuves
- Vieillissement en bouteille



Nous trouverons ensemble la solution la plus adaptée à vos besoins pour le refroidissement de caves, le traitement thermique du vin en cuve à l'aide de drapeaux, les processus de passerillage, de cryoextraction, d'humidification ou l'installation de systèmes d'extraction de CO<sub>2</sub> et de free-cooling.

Avec expérience et un grand respect du produit, notre bureau d'étude, nos équipes de montage et notre service de maintenance se mobilisent 24/24h pour vous servir de manière efficace, rationnelle et écologique.



Groupe de production d'eau glacée



Régulation conviviale  
développée pour l'oenologie



Echangeurs immergés pour cuves  
(drapeaux)

## Une filière suisse de tonnellerie certifiée

J. AUER et A. RAWYLER, Ecole d'ingénieurs de Changins, 1260 Nyon

@ E-mail: judith.auer@eic.vd.ch  
Tél. (+41) 22 36 34 182.

### Résumé

Une filière bois de chêne suisse de tonnellerie, développée au cours de ces dernières années, est en voie de certification. Les fûts de chêne issus de cette filière portent la marque de garantie Terroir Chêne et répondent à des exigences de traçabilité et de qualité. Une base de données interactive est en cours de développement en collaboration avec l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL). Elle permettra de gérer l'ensemble des informations de la filière, depuis les opérations forestières jusqu'à la fabrication des fûts en passant par le façonnage des merrains. Les œnologues pourront ainsi consulter l'offre des provenances et des espèces de chênes et disposeront d'informations techniques et analytiques. Enfin, et c'est là une grande innovation, un outil prédictif de l'apport du boisé au vin a été développé, permettant d'orienter l'œnologue lors de l'acquisition de fûts.



Fig. 1. Logo de la marque de garantie Terroir Chêne.

## Introduction

En 2004, les premiers éléments relatifs à la mise sur pied de la filière suisse bois de chêne de tonnellerie par l'Ecole d'ingénieurs de Changins (EIC) étaient publiés (Auer *et al.*, 2004). Les potentialités forestières suisses d'approvisionnement en chêne de tonnellerie y étaient déterminées et les besoins des caves suisses en fûts de chêne estimés pour les dix années suivantes. La mise en place d'un système de traçabilité complète de l'arbre sur pied jusqu'au fût, ainsi que l'évaluation de l'influence du terroir chêne sur le vin, y étaient décrites. Depuis lors, l'EIC a poursuivi ce développement, en collaboration avec des partenaires scientifiques, techniques et économiques. La filière bois de chêne suisse de tonnellerie est maintenant une réalité, traduite par le dépôt d'une marque de garantie «Terroir Chêne» qui assure les critères de traçabilité et de qualité des fûts (fig.1). Les fûts Terroir Chêne portent un code (fig. 2) permettant d'identifier l'origine du chêne (à l'échelon communal ou régional), l'espèce (sessile ou pédonculé), l'année



Fig. 2. Fût avec le code.

d'abattage et la fabrication des fûts. Ces informations sont décrites précisément dans une fiche descriptive accompagnant les fûts lors de leur vente.

Cette fiche précise également les données techniques liées à leur fabrication: durée de séchage des merrains (fig. 3) et chauffe des fûts. Elle apporte enfin



Fig. 3. Merrains avec le code.

une information relative à l'apport boisé du fût au vin. Cette information est, à l'heure actuelle, unique et entièrement novatrice. Elle représente une véritable aide pour le praticien lors de l'achat des fûts. Enfin, la filière bois de chêne suisse de tonnellerie est en cours de certification. La procédure devrait aboutir en 2008.

## Marque de garantie Terroir Chêne

La marque de garantie Terroir Chêne ne peut être utilisée que pour des contenants vinaires, de fabrication suisse, en bois de chêne suisse dont l'espèce de chêne et l'origine communale ou régionale sont identifiées. Les fûts Terroir Chêne doivent être de forme cylindrique ou ovale, contenir un volume minimal de 225 litres et satisfaire aux exigences du règlement technique de la marque.

## Filière de tonnellerie certifiée

La nouvelle filière chêne suisse de tonnellerie, créée en 2005, est constituée de professionnels forestiers, de scieurs, de mérandiers et de tonneliers. Une procédure de certification de la filière est en cours, en collaboration avec l'Organisme intercantonal de certification (OIC). Elle s'achèvera en 2008. Seules les entreprises en possession d'un certificat délivré par l'OIC peuvent identifier leurs produits avec la marque Terroir Chêne.

### Quel est l'intérêt d'une certification?

Le fût Terroir Chêne est un produit de qualité destiné en priorité au vin suisse. La traçabilité de sa fabrication permet d'offrir toutes les garanties de qualité et de sécurité du produit à l'utilisateur du fût ainsi qu'au consommateur de vin. Dans le cadre du règlement de l'Union européenne (UE) n° 178/2002, toutes les entreprises européennes de l'industrie alimentaire sont tenues de garantir, à partir du 1<sup>er</sup> octobre 2005, une traçabilité sans faille de leurs produits. Bien que la traçabilité ne soit pas explicitement réglementée dans le droit alimentaire suisse, il existe déjà des dispositions garantissant la protection de la santé contre la tromperie. Si le droit alimentaire suisse en matière de traçabilité évolue, la filière suisse de tonnellerie sera en mesure de répondre à ces nouvelles exigences. La filière suisse de tonnellerie se place ainsi à l'avant-garde.

## Les exigences clés

Toutes les opérations de transformation des bois en merrains et en douelles ainsi que la fabrication des fûts doivent être réalisées en Suisse. Ces opérations ne peuvent être effectuées que par des scieries, merranderies et tonnelleres qui respectent le cahier des charges de la marque et possèdent un certificat de l'OIC.

## Fourniture de bois de chêne pour la tonnellerie

Les chênes utilisés doivent provenir de forêts suisses pouvant fournir durablement du chêne de tonnellerie et couvrant la plus large zone géographique possible. Ces forêts sont alors reconnues en tant que forêts «Terroirs Chênes» (Horisberger, 2006). Elles font l'objet d'une description phytosociologique et sont, à l'heure actuelle, au nombre de trente. Ces forêts se situent essentiellement en Suisse romande, bien qu'au cours de ces deux dernières années, le registre des Terroirs Chênes ait été enrichi par plusieurs terroirs de Suisse alémanique. La notion de Terroir Chêne a également pu être précisée dans le cadre des recherches conduites à l'EIC. L'analyse en composantes principales des données analytiques et sensorielles a permis de discriminer des bois de chênes et des vins à l'échelle de la région (Jura *versus* Plateau) et du massif forestier (commune). Pour le praticien, cette information signifie qu'un bois du Jura a une plus grande expression boisée qu'un bois du Plateau et nécessitera une durée d'élevage plus longue afin que son boisé s'atténue au profit d'un meilleur équilibre bois/vin

Tableau 1. Sélection de composés volatils du bois de chêne.

#	Composé	Notation	Endogène <sup>a</sup>	Empyreumatique <sup>b</sup>	Formé à partir des	Descripteur
1	2-furaldéhyde	2-fur	–	+++	hémicelluloses	amande
2	5-méthyl-2-furaldéhyde	5-Me-fur	–	+++	hémicelluloses	caramel, amande grillée
3	cyclotène	cycl	–	+++	hémicelluloses	grillé
4	maltol	malt	–	+++	hémicelluloses	sucre brûlé, caramel, grillé
5	2-méthoxyphénol	gaïacol	–	+++	lignines	phénolique, fumé
6	2,6-diméthoxyphénol (= syringol)	syr	–	+++	lignines	fumé
7	<i>cis</i> -β-méthyl-γ-octalactone	c-MOL	+++	–	lipides	coco, boisé
8	<i>trans</i> -β-méthyl-γ-octalactone	t-MOL	+++	–	lipides	boisé
9	<i>trans</i> -2-nonénal	2-non	+	–	lipides	planche
10	eugénol	eug	+	++	lignines	épicé, clou de girofle
11	isoeugénol	i-eug	+	++	lignines	épicé
12	vanilline	van	+	+++	lignines	vanillé

<sup>a</sup>Présence dans le bois sec. <sup>b</sup>Engendrés par le traitement thermique.

(Auer *et al.*, 2006). Enfin, seuls des bois de chêne identifiés sur pied selon le critère d'espèce peuvent être utilisés pour la fabrication de fûts Terroir Chêne.

## Base de données interactive: un outil de gestion

Une base de données interactive a été créée en collaboration avec l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), conçue sur le modèle «Réseau interactif en viticulture» (RIV), géré par AGRIDEA Lausanne. Opérationnelle dès fin 2007, cette base de données sera le véritable instrument de travail de la filière suisse de tonnellerie. Elle permettra de saisir l'ensemble des informations liées à la filière et donc de gérer la production des fûts Terroir Chêne. Les forestiers auront ainsi la possibilité d'y enregistrer les disponibilités annuelles de chêne de tonnellerie ainsi que les contrôles des origines et des espèces. Les scieurs et merrandiers y inséreront les données liées à la transformation du chêne en mer rains et les tonneliers les indications liées à la fabrication des fûts. Ces données permettront de réaliser les contrôles qualité et traçabilité par l'OIC. De plus, cette base de données sera accessible aux caves. Les œnologues pourront ainsi consulter l'offre des provenances et des espèces de chênes. Ils disposeront d'informations techniques et analytiques, issues des travaux de recherche réalisés de 2001 à ce jour à l'EIC, qui les aideront pour la sélection des fûts.

## Pouvoir prédictif

Lors de l'achat d'un fût Terroir Chêne, l'œnologue disposera non seulement d'informations précises relatives à la chauffe des fûts, qui ne relèvera dès lors plus du simple empirisme, mais également d'informations sur l'apport aromatique prédit du chêne au vin. Les recherches analytiques permettant la mise en place de ce *pouvoir prédictif* ont permis d'élaborer un modèle simple, basé sur les coefficients de partage  $K_{o/w}$  (octanol/eau) obtenus, pour chaque xylovolatil concerné, soit expérimentalement soit par calcul selon la méthode QSPR (Quantitative Structure Property Relationships). Dans ce modèle, la phase «bois de la zone bousinée» est assimilée à la phase «octanol» et la phase «vin» est assimilée à la phase «eau» du système de référence «O/W». Le modèle détaillé sera décrit et discuté ultérieurement.

Les diverses étapes du processus sont illustrées par des graphes-radar exprimant les contributions de douze composés volatils du bois de chêne responsables des arômes essentiels cédés au vin. Ces composés et leurs descripteurs organoleptiques sont mentionnés dans le tableau 1.

Pour chaque xylovolatil X, on calcule d'abord une concentration *théorique*  $C'_v(X)$  en vin (à l'équilibre) à l'aide de sa concentration massique  $C_B(X)$  dans la zone bousinée (déterminée par analyse GC-MS) et de son coefficient de partage  $K_{o/w}(X)$ , connaissant les dimensions et volumes respectifs des deux phases.

L'indice aromatique de chaque xylovolatil est ensuite calculé en divisant  $C'_v(X)$  par le seuil de perception de X en vin artificiel. Cet indice traduit la contribution de X à l'arôme boisé global conféré par le bois au vin. On exprime enfin la valeur de chaque indice en pourcentage de la somme des contributions de chaque xylovolatil, ce qui illustre l'apport aromatique effectif global du bois considéré. Le modèle permet donc d'évaluer, à partir de la composition en xylovolatils du fût bousiné (fig. 4A), leurs concentrations probables dans le vin (fig. 4B), et donc les tendances aromatiques majeures que ce fût devrait conférer au vin (fig. 4C). Dans ce dernier cas, le bouquet boisé global (fig. 4C) va se développer selon trois

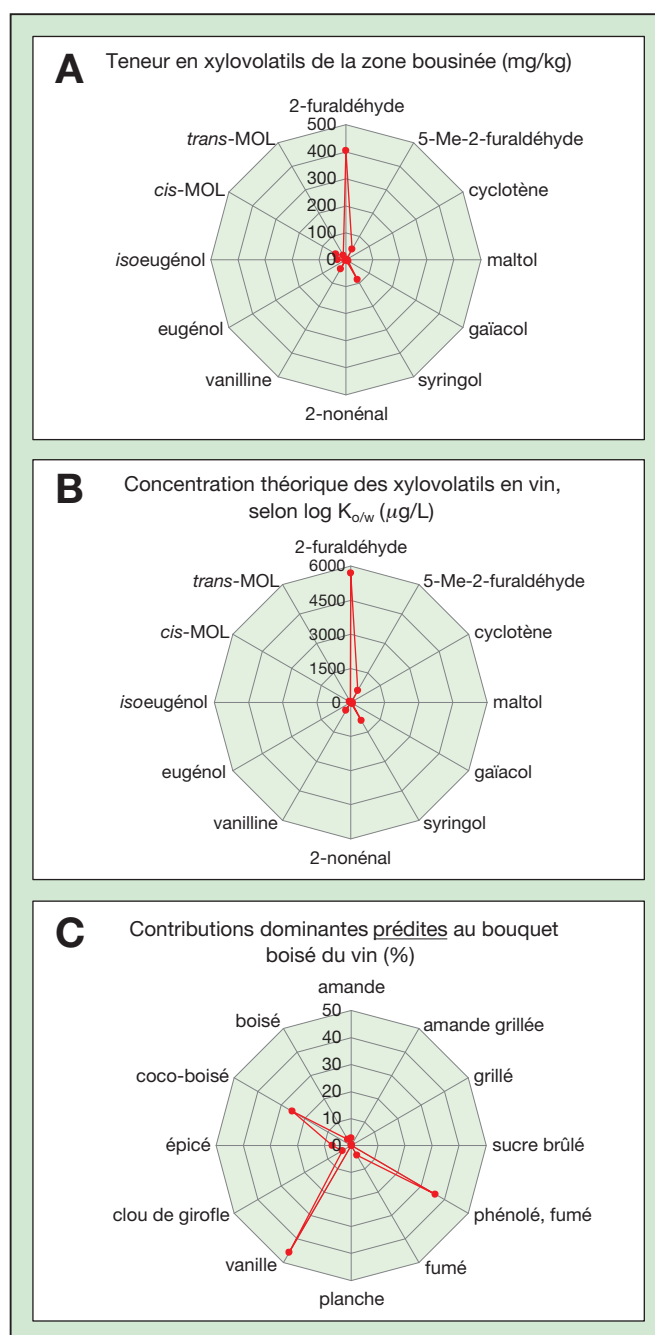


Fig. 4A. Teneur en xylovolatils de la zone bousinée.

Fig. 4B. Concentration théorique des xylovolatils en vin.

Fig. 4C. Contributions dominantes prédites au bouquet boisé du vin.

axes essentiels: une note soutenue «pâtisserie» (due avant tout à la vanilline), une note boisée (due aux lactones) et une note fumée (due au gaiacol). L'acquéreur de ce fût sera donc certain que son vin présentera ces trois saveurs, en tout cas en début d'élevage sous bois, car le profil aromatique des xylovolatils d'un vin évolue avec le temps, selon ses conditions d'oxydoréduction et son statut microbiologique.

Deux éléments pèsent encore sur la fiabilité de ce modèle: la pertinence de l'analogie entre les systèmes «octanol/eau» et «bois/vin» et le choix des seuils de perception. A ce jour, nos résultats suggèrent que ce modèle est valide. Un modèle plus élaboré est en cours de développement, basé sur le système «bois/vin» et qui intègre l'apport des fonds; il s'agit de disposer prochainement d'un outil prédictif complet, qui permettra de cerner encore mieux le bouquet boisé global qu'un fût prêt à la vente devrait conférer au vin qu'il abritera.

Cette approche permet de passer du «profil aromatique chimique», donnée inutilisable pour l'acquéreur, car trop complexe, peu parlante et surtout peu différenciée selon les fûts, au «profil aromatique effectif», dépendant du pouvoir olfactif des xylovolatils et s'approchant donc de celui que devrait ressentir le dégustateur. Enfin, ce modèle est avant tout conçu comme aide à la sélection des fûts et n'est donc pas destiné à l'analyse sensorielle.

## Conclusions

- ❑ La marque de garantie Terroir Chêne et la certification de la filière suisse de tonnellerie assurent les critères de traçabilité et de qualité des fûts de chêne.
- ❑ Le produit Terroir Chêne correspond aux exigences de plus en plus strictes en matière de traçabilité dans le droit alimentaire.
- ❑ Une base de données interactive est en cours de développement et sera disponible dès fin 2007. Elle permettra de gérer les données de la filière et offrira la possibilité aux acheteurs de fûts de s'informer sur les disponibilités en fûts selon les origines et espèces de chênes, sur la construction (durées de séchage des merrains, chauffe des fûts) ainsi que sur les données permettant de cerner l'apport aromatique prédictif du fût au vin.
- ❑ A ce jour, trente Terroirs Chênes ont été définis. Tous ont fait l'objet d'une description phytosociologique. En outre, l'étude des profils analytique et sensoriel de ces terroirs permet de définir des terroirs à l'échelle de la région et parfois du massif forestier (commune).
- ❑ La notion de Terroir Chêne correspond à une réalité tangible dont le praticien peut faire usage avec profit. Un bois du Jura a une plus grande expression boisée qu'une origine du Plateau et nécessitera une durée d'élevage plus longue pour que son boisé s'atténue au profit d'un meilleur équilibre bois/vin.
- ❑ Un outil analytique prédictif, permettant de décrire le profil boisé apporté au vin, a été conçu. Cet outil innovant, actuellement en voie de développement (les résultats seront publiés en 2008), représente une réelle aide pour le praticien lors de la sélection des fûts.

## Remerciements

Les auteurs remercient tous les partenaires ayant apporté leur soutien à ce projet: la Commission technologie et innovation (CTI), la Fondation de l'Ecole d'ingénieurs de Changins (EIC) et la Fondation Audemars Piguët (VD). Ils remercient aussi M. Jean-Philippe Mayor, ancien directeur de l'Ecole d'ingénieurs de Changins, pour son soutien et ses encouragements.

## Bibliographie

- Auer J., Rawlyer A. & Horisberger D., 2004. La traçabilité de la filière suisse de bois de chêne de tonnellerie: une démarche unique et fortement innovatrice. *Bulletin O.I.V.* **77** (885-886), 845-856.
- Horisberger D., 2006. Les «Terroirs Chênes» suisses. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **38** (4), 227-231.
- Rawlyer A., Auer J. & Dumont-Béboux N., 2006. Maîtrise de la chauffe artisanale des fûts de chêne en tonnellerie. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **38** (3), 151-158.

## Zusammenfassung

### Eine zertifizierte Produktionskette für Fässer mit Ursprungsgarantie

Eine Produktionskette, die schweizer Eiche für den Küfergewerb braucht, ist im Gange, zertifiziert zu werden. Die Holzfässer, die von dieser Kette stammen, tragen die Qualitätsmarke «Terroir Chêne». Diese Marke garantiert nicht nur die Qualität der Fässer sondern auch die Rückverfolgbarkeit des Holzes vom Baum bis zum Fass. Eine interaktive Datenbank wurde mit der Eidgenössischen Technische Hochschule in Lausanne entwickelt (ETHL). Dank der Speicherung der Informationen erlaubt dieses System, die Daten der ganzen Produktionskette zu verwalten, vom Wald bis zum Fass. Zuletzt, und dies ist eine der grössten Innovationen, wurde eine voraussehende Betrachtungsweise des Holzbetrags im Wein ausgearbeitet. Es geht darum, aus dem empyreumatischen Profil des ausgebauten Fasses eine Voraussage auszuarbeiten, deren Klarheit und Zuverlässigkeit dem Käufer von Fässer eine Hilfe sein sollte bei der immer heiklen Wahl eines für seinen Wein geeigneten Fasses.

## Summary

### Traceable Swiss oak wood for cooperage with guaranteed origin

A traceability channel for Swiss oak wood destined to cooperages has been developed during the last five years and is about to meet certification requirements. Certified oak barrels released by the channel are sold under the guarantee label Terroir Chêne. Resulting from a joint work with the Federal Polytechnical School of Lausanne (EPFL), an interactive databank is currently being built in order to control all data generated by the channel from forestry operations via stave drying to barrel construction and heating. This will enable enologists to select the desired barrel by screening among various oakwood origins and species. Moreover, detailed technical and analytical data about heating conditions will be available. Finally, a new tool has been developed, which is aimed at predicting the main traits of the wooden aromatic profile of the wine to be raised in the selected barrel. This innovative tool should help the enologist to make adequate choices in the barrel acquisition process.

**Key words:** certified channel, traceability, oakwood, guaranteed origin, cooperage, databank, predictive tool.

## Riassunto

### Una trafila svizzera del legno di quercia per botti certificata

Una trafila legno di quercia svizzero, sviluppata nel corso di questi ultimi anni per la fabbricazione di botti, è in via di certificazione. Le botti di quercia che ne sono ottenute portano la marca di garanzia «Terroir Chêne» e rispondono a delle esigenze di tracciabilità e di qualità. Si sta sviluppando, in collaborazione con la scuola politecnica federale di Losanna (EPFL), una base di dati interattiva la quale dovrà permettere di gestire l'insieme delle informazioni della trafila – dalle operazioni forestali fino alla fabbricazione delle botti passando per la lavorazione delle doghe. Gli enologi potranno così consultare l'offerta delle provenienze e delle specie di quercia e disporranno d'informazioni tecniche e analitiche. Infine, e questa è la grande innovazione, una previsione dell'apporto del sapore di legno al vino è stato sviluppato, permettendo di orientare l'enologo al momento dell'acquisizione delle botti.



## Préservation de la qualité de la carotte après récolte

P. CRESPO, D. BAUMGARTNER, A. KÄGI, W. HELLER et E. HÖHN,  
Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW, CP 185, 8820 Wädenswil

@ E-mail: [pamela.crespo@acw.admin.ch](mailto:pamela.crespo@acw.admin.ch)  
Tél. (+41) 44 78 36 111.

### Résumé

L'une des principales causes de l'altération de la qualité des carottes lors de la distribution est la pourriture noire des racines. Cette maladie est provoquée par les champignons *Chalara sp.*, présents dans la plupart des sols de production de carottes en Suisse. L'essai présenté ici, mené dans des exploitations commerciales, visait à déterminer l'influence de différents facteurs sur la qualité et le rendement des carottes: contamination du sol, utilisation d'un sac de plastique à l'intérieur des paloxes, température, techniques d'entreposage et de lavage. Dans plusieurs entrepôts, l'utilisation d'un sac en plastique a permis d'obtenir une plus grande proportion de carottes saines. Cet essai a aussi démontré que des carottes produites sur une parcelle contaminée par *Chalara sp.* peuvent être commercialisées sans problèmes de pourriture noire des racines, si les consignes d'entreposage sont respectées et si le lavage est effectué à l'eau courante.

connaît cependant mal les facteurs qui, de la culture au point de vente, altèrent la qualité des carottes (Wellinger *et al.*, 2006; Crespo et Heller, 2006).

La pourriture noire des racines, provoquée par les champignons *Chalara elegans* et *Chalara thielavoides*, est un problème important pour les producteurs de carotte en Suisse (Heller, 2000). Lors d'une étude sur la dissémination des champignons *Chalara sp.* dans les sols suisses, toutes les parcelles examinées étaient infectées (Kägi *et al.*, 2006). Cependant, les facteurs post-récolte comme la température, les blessures et la qualité de l'eau de lavage semblent déterminants pour que la maladie apparaisse sur les carottes durant leur commercialisation (Villeneuve, 2005). Il était donc important de savoir s'il était possible de produire des carottes de qualité sur une parcelle contaminée par *Chalara sp.* De plus, il fallait déterminer les facteurs ayant une influence sur la qualité du produit après la récolte. Le *Manuel suisse des Légumes* (Anonyme, 2007) recommande en effet d'entreposer les carottes de garde dans un sac en plastique perforé et de recouvrir la partie supérieure des paloxes avec celui-ci afin de conserver une humidité élevée.

### Introduction

La carotte est de loin le produit le plus important de la culture maraîchère suisse. Sa consommation annuelle se situe entre 8 et 9 kg par personne. Bien que la carotte occupe avec la tomate la première place parmi les légumes en Suisse, la consommation moyenne individuelle ne dépasse pas 70-72 carottes par année (Höhn *et al.*, 2001). Des enquêtes préliminaires menées par la station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil (ACW) ont montré que le

consommateur recherche des carottes douces et fermes (Höhn *et al.*, 2002). Le seuil de tolérance de l'isocoumarine, une substance responsable de l'amer-tume des carottes, se trouve entre 20 et 40 mg/kg. Afin d'augmenter la consommation de carottes, il est donc important de préserver leur douceur et leur fermeté et d'éviter la formation de substances amères. Maintenir la qualité de la carotte de la production jusqu'au consommateur est donc un enjeu capital pour les différents acteurs de la chaîne de production (Höhn *et al.*, 2003). On



A gauche, carottes saines. A droite, carottes atteintes de la pourriture noire des racines.

Pour cela, un essai dans les conditions de la pratique a été mené durant la saison 2006-2007. Pour la première fois, des carottes d'une seule provenance ont été entreposées dans plusieurs entrepôts. Ces conditions bien contrôlées ont permis de tester différentes variantes d'entreposage ainsi que la relation entre la contamination en champs et les pertes dues à la maladie de la pourriture noire des racines pendant le stockage et lors de la distribution.

## Matériel et méthodes

### Culture, entreposage et conditionnement

Environ 17 t de carottes ont été produites, récoltées, entreposées, lavées et triées. Les carottes ont été cultivées dans des conditions standard pour des carottes de garde. Les conditions de l'essai sont résumées dans le tableau 1. Les carottes ont été récoltées mécaniquement dans des paloxes en bois standard d'une capacité d'environ 480 kg (120 × 80 × 115 cm). La moitié des paloxes avait été préalablement munie d'un film en polyéthylène perforé. Un enregistreur de température (Hamster-A, Elpro, Buchs) a été placé au milieu de chaque paloxe durant son remplissage. Après la récolte, les paloxes ont été distribués dans six entrepôts répartis en Suisse. Le temps écoulé entre la récolte et le stockage variait de 2 heures jusqu'à 48 heures selon les entrepôts.

Après l'entreposage, toutes les carottes ont été centralisées afin d'être lavées et triées dans les mêmes conditions.

Le tunnel de lavage, de taille industrielle, était composé d'une grille cylindrique tournante permettant à l'eau de s'écouler en continu pendant que les carottes étaient brassées à l'intérieur. L'eau utilisée provenait du robinet et n'était à aucun moment recyclée afin d'éviter une contamination croisée entre les charges. A la sortie du tunnel, les carottes ont été triées manuellement en deux catégories, selon les prescriptions suisses pour la qualité des légumes (Qualiservice, 2004): d'un côté celles de taille conforme et d'apparence satisfaisante pour la vente au détail, de l'autre celles présentant des dommages – flétrissements, taches ou blessures. Le contenu de chaque paloxe a été lavé séparément et pour chaque paloxe, le rendement des carottes de chaque catégorie a été déterminé.

### Tests d'infection par *Chalara sp.*

Les échantillons de sol du champ de production ont été testés au moyen du biotest à base de sticks de carottes décrit par Kägi *et al.* (2006).

La contamination des échantillons de carottes non lavées a été analysée par le test de l'abrasion et incubation à température ambiante. Pour chaque échantillon, six carottes ont ainsi été prélevées avec leur terre adhérente et ont été placées dans un sac en

Tableau 1. Conditions expérimentales.

Variété	Bolero
Date du semis	14.06.2006
Densité du semis	1 600 000 grains/ha
Distance entre les buttes	60 cm
Hauteur des buttes	18 cm
Rendement brut	Environ 65 000 kg/ha
Date de récolte	26.10.2006
Lieu de culture	Brüttelen (BE)
Températures lors de la récolte	
Air	26 °C
Sol (à 10 cm sous la surface)	12 °C
Carottes (cœur)	13 °C
Dimensions de l'essai	36 paloxes (environ 17 t)
Variantes	2 variantes (avec et sans film plastique) 6 entrepôts
Répétitions	3 unités (paloxes) par variante et par entrepôt
Durée de stockage	5 mois

plastique avec 500 ml de granules de seramis (Masterfoods AG, Zug) afin d'obtenir l'effet abrasif. Le sac a été fermé puis secoué durant 2 h 30 sur un agitateur (*lab-shaker* Type LSL Adolf Kühner AG, Basel) avec une rotation de 150 rpm, avant d'être incubé à une température de 21 °C. Après sept jours d'incubation, la présence de lésions gris-noir sur les carottes, dues à la formation de spores de *Chalara sp.*, a été évaluée.

Le test *shelf-life* permet de simuler la durée de vie des carottes sur l'étalage non réfrigéré. Ce test a donc été effectué sur des carottes lavées, triées et emballées; il consistait à les laisser à température ambiante durant huit jours dans leur emballage et à observer l'apparition ou non des lésions dues à *Chalara sp.*

### Analyses chimiques

La matière sèche, la teneur en sucre, l'acidité totale ainsi que la concentration en isocoumarine ont été analysées dans les échan-

tillons prélevés avant et après l'entreposage. Trois échantillons par paloxe ont été analysés. Un échantillon pesait entre 1,5 et 2 kg et était composé de 15 à 18 carottes. Pour chaque analyse, les carottes ont été préalablement coupées en rondelles avec une trancheuse ménagère et les rondelles ont été soigneusement mélangées. La matière sèche, les substances solubles totales et l'acidité ont été déterminées selon les méthodes standard du *Manuel suisse des Denrées alimentaires*.

Pour déterminer la teneur en isocoumarine, les rondelles de carottes congelées ont été réduites en poudre avec un moulin ménager (Moulinette D58, Moulinex). L'extraction automatique par solvant ASE2000 (Dionex) a été utilisée pour extraire l'isocoumarine de la poudre de carottes (5 g matière fraîche) avec de l'acétone et du méthanol. Les extraits obtenus ont ensuite été séchés avec un évaporateur rotatif, puis dilués dans 20 ml de méthanol. Pour l'analyse HPLC (Varian ProStar), la solution préalablement filtrée (diamètre des pores 0,45 µm) a été injectée sur une colonne RP-18 (Nucleosil 100-5 C18,

Tableau 2. Résumé des analyses et mesures effectuées.

Mesure	Prise de l'échantillon/moment de la mesure
Test de contamination du sol	Avant la récolte
Test de contamination des carottes	Avant et après l'entreposage (échantillons non lavés)
Poids des paloxes	Avant et après l'entreposage ainsi qu'après le triage (rendement)
Température	Pendant l'entreposage (mesure en continu)
Analyses (°Brix, acidité, matière sèche, isocoumarine)	Avant et après l'entreposage (uniquement sur les carottes lavées présentant une qualité visuelle satisfaisante)
Test de <i>shelf-life</i> à 20 °C	Après le lavage



EC250/4, Macherey Nagel) avec 1 ml/min de méthanol à 60%. La quantification des chromatogrammes à 268 nm a été effectuée avec un standard externe. Le tableau 2 résume les différents tests et analyses effectués.

## Résultats et discussion

### Contamination de la parcelle et pourriture noire des racines

Le test des échantillons de sol a permis de sélectionner la partie de la parcelle contaminée de façon homogène par *Chalara sp.* (fig.1).

A la récolte, seuls 53% des échantillons de carottes présentaient une contamination aux champignons *Chalara sp.* La proportion de carottes contaminées n'a pas changé après l'entreposage.

Après le lavage, 99% des carottes soumises au test du *shelf-life* ne présentaient pas de symptômes d'une contamination aux champignons *Chalara sp.* La faible corrélation entre la contamination du sol et la qualité des carottes lors du test *shelf-life* confirme l'effet positif du lavage à l'eau courante sur la qualité microbiologique des carottes, effet qui a déjà été observé dans d'autres essais (résultats non publiés).

### Effet du film en plastique sur la température d'entreposage des carottes

Les différents intervalles de temps écoulés entre la récolte et l'entreposage se sont exprimés par un décalage de la courbe de refroidissement entre les entrepôts. Après un premier refroidissement, certaines paloxes ont été déplacées vers un autre entrepôt dans les deux jours suivant la récolte, entraînant une hausse temporaire de la température. Ces variations de températures étaient visibles sur les courbes enregistrées par les sondes de température placées dans chaque paloxe.

L'évolution moyenne de la température (fig. 2) est représentée par une courbe rose pour les paloxes munies d'un film en polyéthylène (moyenne de 18 paloxes) et par une courbe bleue pour les paloxes sans film.

Durant les dix jours suivant la récolte, les paloxes sans film de plastique se sont refroidies plus rapidement et les différences de température étaient importantes. La tendance s'est maintenue durant toute la durée de l'entreposage, les différences de température étant

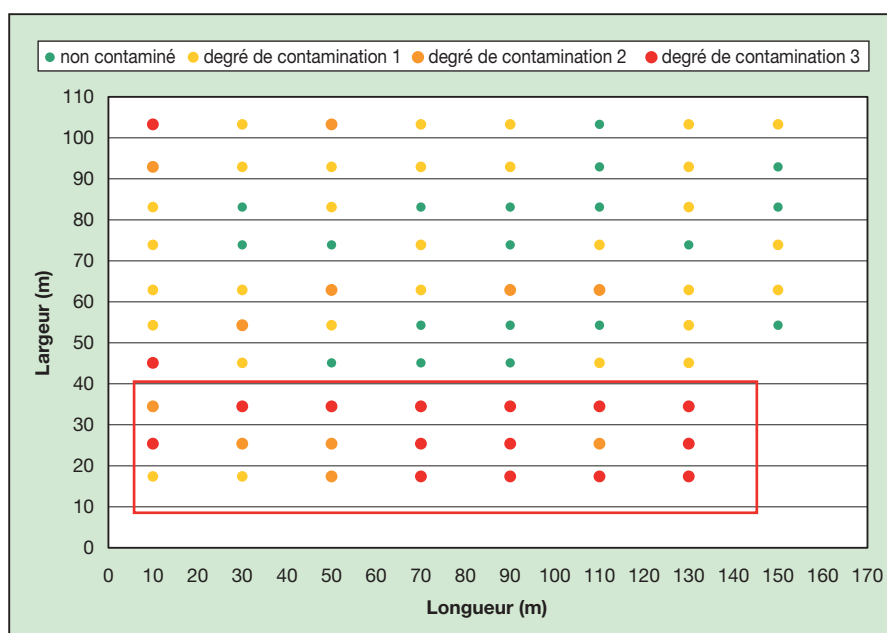


Fig. 1. Répartition de la contamination par *Chalara sp.* sur une parcelle de culture. Le rectangle rouge représente la zone la plus fortement contaminée. Cette zone a été utilisée pour la culture des carottes de cet essai.

cependant inférieures à 2 °C. Les variations de température subies par les paloxes déplacées étaient aussi plus marquées en l'absence de film plastique.

Dans les paloxes avec film, deux variantes ont été observées. Certains entreposeurs ont laissé le sac en plastique ouvert en haut, tandis que d'autres ont refermé le sac en le pliant ou en faisant un nœud. Ces deux techniques ont aussi influencé l'évolution de la température à l'intérieur des paloxes. Quand le sac était laissé ouvert, la température baissait plus rapidement que lorsqu'il était fermé.

Dans les entrepôts A, B et C, la température constante de stockage se situait

entre 1 et 3 °C selon les variantes, tandis que dans les entrepôts D, E et F, la température correspondait aux valeurs de 0 à 1 °C recommandées par le *Manuel suisse des Légumes* (Anonyme, 2007).

D'autres essais ont montré qu'au-dessous de 8 °C, la croissance de *Chalara sp.* était déjà nettement ralentie (résultats non publiés). Les paloxes sans film ont atteint cette température après un jour, les variantes avec film après trois jours (fig. 2). Les températures d'entreposage étaient donc suffisamment basses pour empêcher le développement du champignon durant cette période.

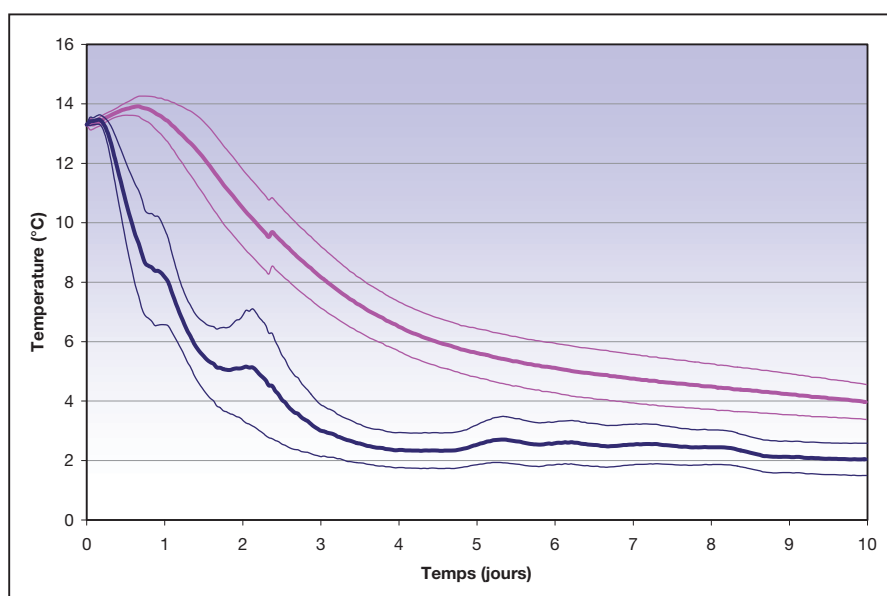


Fig. 2. Evolution moyenne de la température dans les paloxes avec film polyéthylène (courbe rose) ou sans (courbe bleue). Lignes fines = intervalle de confiance.

## Pertes en eau durant l'entreposage et rendement

Afin de déterminer la perte en eau des carottes durant l'entreposage, due à l'évaporation, chaque paloxe a été pesée à l'entrée et à la sortie de l'entrepôt. Le poids des paloxes vides, déterminé sur une moyenne de 12 paloxes, s'élevait à  $67,7 \pm 2,8$  kg. A la sortie de l'entrepôt, les paloxes vides pesaient en moyenne  $76,6 \pm 9,3$  kg. Cela montre que les paloxes ont absorbé en moyenne  $8,9$  kg d'eau durant l'entreposage.

La figure 3 représente les pertes de poids durant le stockage. De façon générale, les variantes sans film plastique ont perdu plus de poids que les variantes avec film. Selon les entrepôts, les pertes varient entre 0 et 17%.

Le rendement exprimait la quantité de carottes par paloxe conformes aux normes de qualité fixées par Qualiser-vice. Le rendement dans les paloxes avec film a atteint 57 à 74% selon les entrepôts et 28 à 68% dans les paloxes sans film plastique (fig. 4). Les différences entre les entrepôts étaient davantage marquées pour les paloxes sans film.

La nature des pertes a aussi été déterminée. Ainsi, dans les entrepôts A et B, les pertes dues à des carottes molles étaient de 0,1 à 21%. Dans les entrepôts A, B et C, les carottes provenant des paloxes sans plastiques présentaient davantage de taches noires dues à des infections fongiques; des champignons des espèces *pythium*, *fusarium* et *stemphylium* ont été trouvés sur ces carottes.

Dans l'entrepôt F, le rendement était similaire pour les deux variantes. Les carottes sont restées très fermes et les pertes étaient plutôt dues à des fissures. Ces lésions pourraient être dues à un excès d'humidité, confirmé par une prise de poids des paloxes stockées dans cet entrepôt.

## Propriétés qualitatives

Les résultats des analyses des échantillons avant et après l'entreposage sont résumés dans le tableau 3. La teneur en matière sèche variait entre 9,1 et 10,5%. La teneur en substances solubles totales (TSS) était comprise entre 8,2 et  $8,8$  °Brix tandis que l'acidité atteignait des valeurs de 0,5 à  $0,7$  g/kg. L'appréciation des carottes par les consommateurs dépend généralement de la teneur globale en sucre. Le rapport entre la préférence et le °Brix dépend de la variété. Pour la variété Bolero, des carottes acceptables par le consommateur devraient atteindre au moins  $7,6$  °Brix

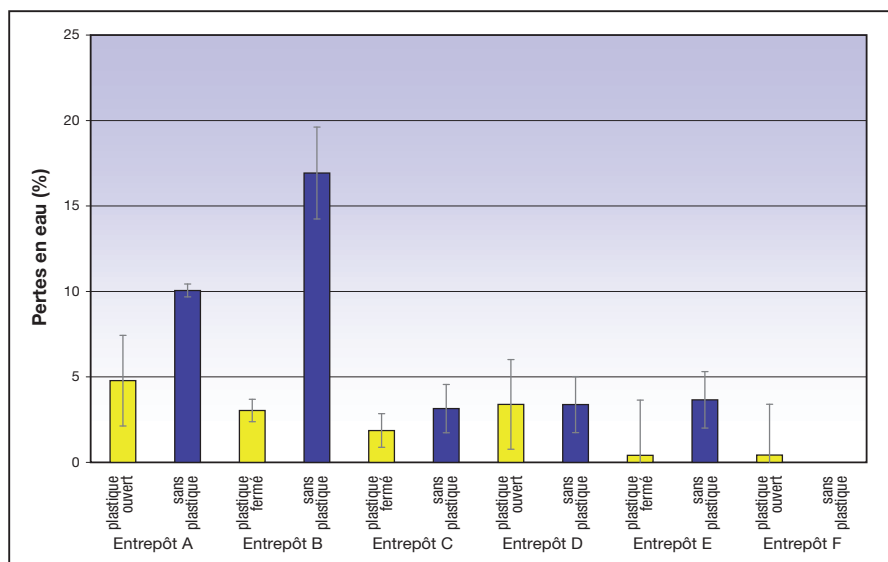


Fig. 3. Pertes en eau des différentes variantes d'entreposage.

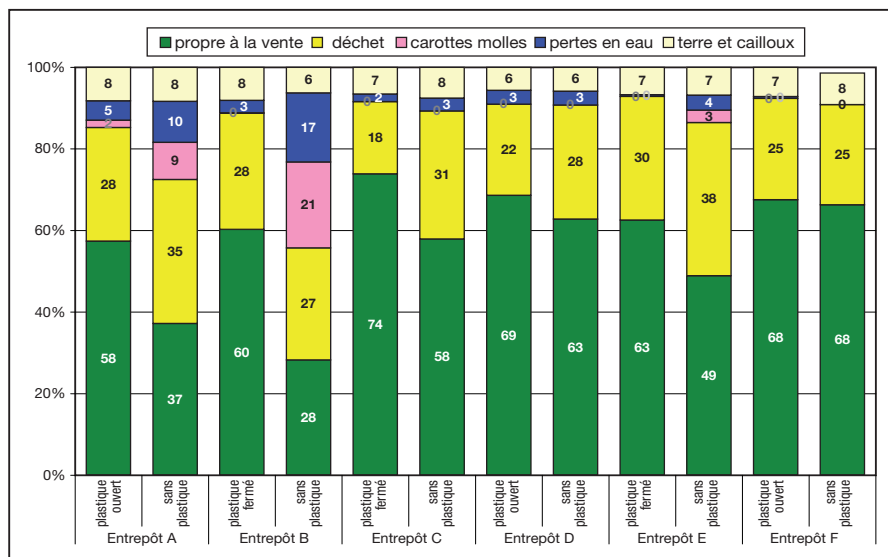


Fig. 4. Rendements et répartition des pertes entre les variantes.

Tableau 3. Analyse des échantillons prélevés à la récolte et après entreposage.

Entrepôt	Film	Matière sèche (n = 9)	Teneur en substance soluble [°Brix] (n = 9)	Acidité totale [g/kg] (n = 9)	Isocoumarine [mg/kg] (n = 1-7)
Récolte		9,5 a	8,7 ab	0,56 ef	0,4 c
A	sans	9,9 a	8,8 a	0,68 ab	1,6 c
A	ouvert	9,9 a	8,4 bc	0,62 bcde	3,2 c
B	sans	10,0 a	8,8 a	0,64 abc	139,0 a
B	fermé	9,1 a	8,2 c	0,60 cde	84,7 b
C	sans	10,2 a	8,7 ab	0,63 bcd	1,2 c
C	fermé	9,9 a	8,4 bc	0,58 cdef	1,7 c
D	sans	10,5 a	8,7 ab	0,58 def	0,6 c
D	ouvert	10,4 a	8,5 abc	0,57 def	4,7 c
E	sans	10,1 a	8,8 ab	0,69 a	3,8 c
E	fermé	9,2 a	8,5 abc	0,64 abc	1,1 c
F	sans	9,9 a	8,4 bc	0,53 f	0,6 c
F	ouvert	9,9 a	8,5 abc	0,58 def	1,2 c

Duncan-Test (1%-Level). Les mêmes lettres dans une colonne indiquent une différence non significative.

(Höhn *et al.*, 2004). Ainsi, les carottes de cet essai, toutes variantes confondues, ont présenté un taux de sucre acceptable. L'acidité a légèrement augmenté durant l'entreposage. Dans l'entrepôt F, cette augmentation était minime, voire nulle, mais elle était plus importante dans les entrepôts A, B et E. Cet indicateur coïncide avec les pertes en eau et les mauvais rendements observés dans ces trois entrepôts.

Pour la matière sèche, le sucre et l'acidité, aucune différence importante n'a été observée entre les variantes d'entreposage. En revanche, des valeurs massivement plus élevées d'isocoumarine ont été trouvées dans l'entrepôt B. Dans les échantillons provenant de cet entrepôt, une différence significative a également été observée entre les variantes avec et sans film plastique. L'entreposage sans film plastique a entraîné une teneur en isocoumarine 1,6 × plus élevée.

A noter que les échantillons analysés ont été prélevés sur les carottes satisfaisant aux normes de qualité exigées pour la vente. Malgré les différences significatives de pertes d'eau observées dans l'entrepôt B (fig. 3), les échantillons provenant de cet entrepôt ne se différenciaient pas des autres quant à leur teneur en matière sèche et à leur teneur en substances solubles totales (°Brix). Ainsi, les valeurs élevées en isocoumarine trouvées dans ces échantillons-là sont imputables à d'autres facteurs que le stress provoqué par la perte en eau.

## Conclusions

- ❑ L'utilisation du sac en plastique à l'intérieur des paloxes ralentit le refroidissement des carottes en chambre froide.
- ❑ Dans plusieurs entrepôts utilisés dans l'essai, le sac en plastique permet cependant d'améliorer le maintien de l'humidité des carottes et ainsi d'obtenir un meilleur rendement.
- ❑ La qualité de l'eau de lavage est le principal élément qui permet d'éviter les problèmes de pourriture noire des racines.
- ❑ En respectant les consignes d'entreposage et en utilisant l'eau du robinet lors du lavage, des carottes produites sur une parcelle contaminée par *Chalara sp.* peuvent être commercialisées sans problèmes de pourriture noire des racines lors de la distribution.

## Summary

### Maintaining carrot quality post harvest

Black root rot of carrots is one of the main quality problems during distribution at point of sale. Soil borne fungi of the *Chalara sp.* are responsible for this carrot disease. They are found in most of the soils in the Swiss carrot production areas. This trial investigated on a commercial level the influence of soil contamination by *Chalara sp.*, use of plastic liner in the storage containers, management of temperature and storage conditions as well as washing procedures on carrot quality and yield. In most of the storehouses the use of plastic liner improved yield. This study has shown that adhering to state-of-the-art storage regimes and using fresh water in the washing process make it possible to prevent black root rot development during the distribution phase of carrots produced in soils contaminated with *Chalara sp.*

**Key words:** carrots, cold storage, carrot quality, black root rot, *Chalara sp.*, storage losses, washing, post-harvest, temperature, humidity.

## Zusammenfassung

### Erhaltung der Karottenqualität nach der Ernte

Die Erhaltung der Qualität von der Ernte bis zu den Konsumentinnen und Konsumenten ist eine wichtige Herausforderung in der Karottenproduktions- und Verarbeitungskette. Eines der wichtigsten Qualitätsprobleme ist die Schwarzfäule, welche oft erst während der Verkaufsphase auftritt. Diese Krankheit wird durch *Chalara* Pilze verursacht. Sie sind in fast allen Karottenproduktionsböden der Schweiz nachweisbar. Das Ziel dieses Praxisversuches war es, den Einfluss auf Qualität und Ausbeute der Faktoren Bodenverseuchung, Plastikeinlage in den Paloxen, Temperatur- und Lagerführung sowie Waschprozess zu bestimmen. In den meisten Lagern brachte der Einsatz von Plastikfolie höhere Ausbeuten. Der Versuch zeigte, dass es möglich ist, auf einer mit *Chalara* Pilzen kontaminierten Parzelle Karotten zu produzieren, welche während der Verkaufsphase frei von Schwarzfäule bleiben, solange die empfohlenen Lagerbedingungen eingehalten werden und Leitungswasser für das Waschen verwendet wird.

## Riassunto

### Conservazione della qualità della carota dopo la raccolta

Una delle principali cause dell'alterazione della qualità delle carote durante la distribuzione è il marciume nero delle radici. Questa malattia è causata dai funghi *Chalara sp.*, presenti nella maggior parte dei suoli utilizzati per la produzione delle carote in Svizzera. L'obiettivo di questo esperimento, condotto in imprese commerciali, era quello di determinare l'influsso di vari fattori sulla qualità e sul rendimento delle carote: la contaminazione del suolo, l'utilizzazione di sacchi di plastica all'interno di cassettoni di legno, la temperatura, le tecniche d'immagazzinamento e di lavaggio. In molti depositi, l'utilizzazione di sacchi di plastica ha permesso d'ottenere una proporzione maggiore di carote sane. Questo esperimento ha dimostrato che le carote prodotte in una parcella contaminata da *Chalara sp.* possono essere commercializzate senza problemi di marciume delle radici, se le consegne di deposito sono rispettate e il lavaggio è effettuato all'acqua corrente.

## Bibliographie

- Anonyme, 2007. *Manuel suisse des Légumes*. Ed. VSGP/UMS, Bern, 315-320 p.
- Crespo P. & Heller W., 2006. Assurance qualité dans la chaîne de production de la carotte: points de contrôle déterminants pour la qualité du champ jusqu'à l'étalage. *Der Gemüsebau/Le Maraîcher* **68** (4), 6.
- Heller W., 2000. Schwarzfleckenpilz: unterschätzte Krankheitserreger der Karotte? *Agrarforschung* **7** (9), 420-423.
- Höhn E., Gysin S., Künsch U., Mattle S., Schärer H., Hesford F. & Schneider K., 2002. Beliebtheit und Bitterkeit – Ergebnisse aus Konsumentenumfragen und Konsumententests / Popularité et amertune – Résultats des sondages effectués auprès des consommateurs et des dégustations par les consommateurs. *Der Gemüsebau/Le Maraîcher* **64** (8), 9-12.
- Höhn E., Heller W., Hesford F., Künsch U., Schärer H. & Schneider K., 2001. Carottes du semis à l'assiette – Développement d'un système d'assurance de qualité à la FAW. *Der Gemüsebau/Le Maraîcher* **63** (1), 17-18.
- Höhn E., Schärer H. & Künsch U., 2004. Carottes du semis à l'assiette – Teneur en sucres: importance et facteurs d'influence. *Der Gemüsebau/Le Maraîcher* **66** (1), 4-8.
- Höhn E., Schärer H. & Künsch U., 2003. Karottengeschmack – Beliebtheit, Süßigkeit und Bitterkeit / Goût de carotte: popularité, douceur et amertune. *Agrarforschung* **10** (4), 144-149.
- Kägi A., Scaramella M., Zoller C. & Theiler R., 2006. Verteilung von *Chalara*-Pilze in Böden. *Der Gemüsebau/Le Maraîcher* **68** (6), 12-13.
- Qualiservice, 2004. Prescriptions suisses pour la qualité des légumes. Adresse: [http://www.qualiservice.ch/pdf/Karotte\\_2004\\_f.pdf](http://www.qualiservice.ch/pdf/Karotte_2004_f.pdf) [20 juin 2004]
- Villeneuve F., 2005. Après récolte et au cours de la commercialisation: les altérations de la qualité chez la carotte – 1<sup>re</sup> partie: les origines pathologiques. *Infos-Citjfl* **210**, 40-44.
- Wellingner R., Buser H. P., Krauss J. & Theiler R., 2006. Karotten: Anbau, Erntezeitpunkt und Lagerung. *Agrarforschung* **13** (10), 412-417.

# SITEVI 2007 à Montpellier: sous le signe de l'innovation

Entièrement dédié aux professionnels de la filière vigne/vin et fruits/légumes, le prochain salon **SITEVI** se déroulera du **27 au 29 novembre** au Parc des Expositions de Montpellier. Plus de 46 000 visiteurs et 800 exposants du monde entier sont attendus.

La 23<sup>e</sup> édition du SITEVI s'annonce prometteuse, avec une offre diversifiée, complète et à la pointe de l'innovation. Le prochain salon réunira environ 800 exposants français et internationaux en provenance de 22 pays – dont 170 y participeront pour la première fois.

### ❑ Vigne et vin

Le SITEVI réunit tous les matériels, équipements et services nécessaires à la bonne gestion d'une exploitation viti-vinicole: plants de vigne, tracteurs, travail du sol, matériels de pulvérisation, de taille, machines à vendanger, cuverie, matériels d'œnologie, de vinification, conditionnement embouteillage, étiquetage, bouchons...

Les machines à vendanger, toujours plus performantes et perfectionnées, occuperont un large espace lors du prochain SITEVI.

A signaler, la création d'un nouvel espace «Services & conseils», axé sur l'aide à la commercialisation. Cet espace permettra au vigneron de rencontrer des entreprises de conseils pour vendre sur les marchés d'exportation, pour travailler son image de marque ou encore réaliser un audit complet de l'exploitation. Cette nouveauté répond aux demandes de plus en plus pointues liées entre autres à la compétition mondiale et au développement du e-commerce. Plusieurs ateliers seront en outre organisés dans le cadre de cet espace.

### ❑ Fruits/légumes

Le SITEVI rassemble sur un même espace les matériels polyvalents comme les tracteurs, pulvérisateurs, etc. et les matériels spécifiques à la production des fruits et légumes.

L'agrandissement du parc réalisé en 2005 permet de disposer d'une offre plus généreuse. Ainsi, près de 60% des exposants du SITEVI proposeront des matériels, équipements, produits et services pour la filière fruits/légumes: équipements de production, matériels spécifiques au secteur (récolte, tri, calibrage, conditionnement,...), produits phytosanitaires et engrais, irrigation, etc.

### ❑ Conférences

De nombreuses conférences seront proposées par des partenaires professionnels sur de nombreux thèmes techniques, économiques et professionnels (sécurité de l'utilisateur, emploi et formation, etc.). EUROVITI se déroulera les matinées des mercredi 28 et jeudi 29 novembre.



### ❑ Badge d'entrée électronique

Afin de permettre aux visiteurs d'accéder au salon le plus rapidement possible, le SITEVI met en place un système de demande de badge par internet. Le site web fournit en outre tous les éléments nécessaires pour préparer au mieux la visite: liste des exposants, programme des conférences et ateliers, plans d'accès et du salon, informations pratiques, etc.

### ❑ Les exposants suisses

A quatre heures de voiture de Genève, le SITEVI attire de nombreux professionnels suisses. Parmi les exposants suisses, on relève la présence de LOEFFEL, AUER Martin, CHAILLOT Bouchons, EFISOL, ELVAmac, FELCO France, PETER MOOG, etc. Comme lors des cinq dernières éditions, la *Revue suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture* d'Agroscope Changins-Wädenswil sera également présente sur son stand (ACC-N032).

### Renseignements:

Promosalons (Suisse) Sàrl, General Wille-Str. 15,  
8002 Zurich  
Tél. 044 291 09 22 – Fax 044 242 28 69  
switzerland@promosalons.com; www.sitevi.com

### Martin Auer Pépinières Viticoles 8215 Hallau

Tél. 052 681 26 27 Fax 052 681 45 63  
www.rebschulen.ch auer@rebschulen.ch



#### Assortiment complet:

Variétés, clones, porte-greffes (33, 42, 50cm), raisins de table.  
Demandez notre brochure en couleur sur les variétés.

**C'est le bon moment pour votre choix !**

Service de plantation à la machine.



# Le glyphosate: bilan de la situation mondiale et analyse de quelques conséquences malherbologiques pour la Suisse

N. DELABAYS et C. BOHREN, Station de recherche Agroscope Changins-Wädenswil ACW, CP 1012, 1260 Nyon

@ E-mail: [nicolas.delabays@acw.admin.ch](mailto:nicolas.delabays@acw.admin.ch)  
Tél. +41 (22) 36 34 444.

## Résumé

Le glyphosate, un herbicide commercialisé depuis une trentaine d'années, est aujourd'hui un des principaux pesticides utilisés dans le monde. Une synthèse des expériences et des évolutions rapportées à l'échelle de la planète avec ce produit phytosanitaire est proposée, ainsi que quelques réflexions et recommandations concernant la situation en Suisse. Herbicide très efficace, le glyphosate offre un profil assez favorable sur le plan environnemental et toxicologique. Les données internationales montrent cependant que cette molécule participe aussi aux problèmes associés à un usage inconsidéré des herbicides: en particulier le développement de mauvaises herbes résistantes et la contamination des eaux superficielles. En Suisse aussi, le glyphosate est largement utilisé. En cultures spéciales, il est devenu un outil de désherbage apprécié dans les vergers et les vignes. En grandes cultures, il est un partenaire quasi obligé des méthodes culturales simplifiées et du semis direct. A ce jour, aucun cas de résistance au glyphosate n'a été rapporté en Suisse; mais les informations et expériences recueillies au niveau international justifient une grande vigilance, notamment vis-à-vis des espèces comme la vergerette du Canada (*Conyza canadensis*) (fig.1) ou les ray-grass (*Lolium sp.*). Parallèlement, les rares données helvétiques publiées relatives à la contamination des eaux superficielles par cette molécule plaident également pour une grande prudence. Aujourd'hui, seule l'utilisation raisonnée et parcimonieuse des produits à base de glyphosate, tenant compte des risques qui leur sont liés, permettra que ce précieux outil de désherbage reste, à terme, à la disposition de notre agriculture.



Fig. 1. La vergerette du Canada (*Conyza canadensis*) est la première espèce de dicotylédones à avoir développé des résistances au glyphosate au niveau mondial. Aujourd'hui, sur les 44 cas de résistance répertoriés par l'«*International survey of herbicide resistance weeds*» (Heap, 2007), 22 sont des espèces du genre *Conyza*, en majorité *C. canadensis*. Très fréquente dans notre pays, notamment dans les vignobles (Clavien et Delabays, 2006), cette espèce doit donc, avec les ray-grass (*Lolium sp.*), être particulièrement surveillée pour dépister l'apparition éventuelle d'une résistance au glyphosate.

## Introduction

L'herbicide non sélectif glyphosate, commercialisé depuis une trentaine d'années, est aujourd'hui un des principaux produits phytosanitaires utilisés dans le monde. Cette situation confère à cette molécule, à l'échelle de la planète, un

statut particulier, accentué encore par son lien avec le développement des plantes transgéniques<sup>1</sup>. Il n'est dès lors pas étonnant que le glyphosate soit au centre d'un vif débat qui porte aussi bien sur des aspects techniques et scientifiques que sur des enjeux économiques et politiques.

En Suisse aussi, cet herbicide est abondamment utilisé. Homologué pour la première fois à la fin des années septante, il figure aujourd'hui sur le marché dans plus d'une dizaine de formulations et préparations commerciales (Brex, Glyphos, Reserpan, Roundup, etc.). En cultures spéciales, il est devenu un outil de désherbage de plus en plus utilisé, notamment dans les vergers et les vignes. En grandes cultures, il est un partenaire quasi obligé des façons culturales simplifiées et du semis direct.

Certes, l'utilisation du glyphosate ne se limite pas au milieu agricole et concerne également les jardins privés, ou encore l'entretien des talus le long des routes et des voies de chemin de fer. Mais le rôle central qu'il tient en agriculture mérite une analyse critique de son utilisation par cette dernière. Sur la base d'une synthèse des expériences et des évolutions observées à l'échelle de la planète avec cet herbicide, une réflexion est proposée sur la situation en Suisse, qui aborde principalement les problèmes de développement de résistances et de contamination des eaux, deux dangers souvent associés à un usage inconsidéré des herbicides.

<sup>1</sup>Plus de 80% des cultures transgéniques actuellement cultivées dans le monde, soit près de 85 millions d'hectares sur un total de 102 millions d'hectares, sont des plantes résistantes à un herbicide, dans la grande majorité des cas au glyphosate (ISAAA, 2006).

## Un produit remarquable

### Découverte, mode d'action et développement commercial

Le glyphosate, de formule moléculaire  $C_2H_8NO_5P$ , est appelé par les chimistes N-(phosphonométhyl)glycine (Franz *et al.*, 1997). Les propriétés herbicides de cette molécule et de ses sels ont été rapportées pour la première fois en 1971. Il s'agit d'un herbicide (presque) total, à très large spectre d'efficacité, pénétrant dans les végétaux par les feuilles, puis transporté de manière systémique dans la plante jusqu'aux racines. Il bloque la biosynthèse des acides aminés aromatiques: phénylalanine, tyrosine et tryptophane. Plus précisément, il inhibe spécifiquement un des enzymes impliqués dans la biosynthèse de ces acides aminés: l'énolpyruvylshikimate phosphate synthétase (EPSPS). En bloquant cette étape de la voie métabolique, l'herbicide induit une accumulation d'acide shikimique et une carence en énolpyruvylshikimate phosphate. Il en résulte, notamment, une interruption de la production des protéines, qui entraîne la mort de la plante traitée.

Les premières formulations commerciales de cet herbicide sont introduites en 1974. Depuis, et même en l'absence de données précises, il est évident que l'utilisation de cette matière active n'a cessé de croître. A la fin des années nonante, alors que des brevets protégeaient encore la molécule et que les cultures transgéniques commençaient juste à se développer, le volume de glyphosate utilisé par l'agriculture à l'échelle de la planète était déjà estimé à plus de 74 000 tonnes (Woodburn, 2000).

Ce succès s'explique d'abord par la remarquable efficacité de cet herbicide. En cultures spéciales, il a contribué au développement de la non-culture du sol, offrant une souplesse appréciable pour maîtriser la flore spontanée de ces parcelles. En grandes cultures, il facilite l'adoption du non-labour et du semis direct. Au niveau mondial, comme déjà relevé précédemment, son développement est intimement lié à celui des cultures transgéniques.

### Profil toxicologique et environnemental «favorable», mais vigoureusement controversé

De nombreuses synthèses, détaillées et complètes, sur les aspects toxicologiques du glyphosate ou son impact sur l'environnement sont disponibles dans la littérature scientifique (Giesy *et al.*, 2000; Pelfrène, 2003; Williams *et al.*, 2000). Globalement, cette matière active présente un impact toxicologique et éco-toxicologique relativement modéré, comparativement à d'autres pesticides très utilisés. A titre d'illustration, le tableau 1 rassemble quelques-unes des caractéristiques du glyphosate et de l'ensemble des autres molécules homologuées en Suisse pour le désherbage de la vigne.

### Aspects sanitaires

Le glyphosate est relativement peu soluble dans les graisses, ce qui minimise les risques de bio-accumulation dans la chaîne alimentaire. De plus, son mode d'action (inhibition de l'EPSPS) touche une voie métabolique propre aux végétaux. Globalement, sa toxicité pour les

**Tableau 1. Quelques caractéristiques, déterminantes pour l'analyse des risques éco-toxicologiques, des matières actives herbicides homologuées en Suisse pour la viticulture.** En vert: indice le plus favorable; en rouge: indice le plus critique.

Herbicides	Glyphosate (Roundup)	Glufosinate (Basta)	Flazasulfuron (Chikara)	Diuron (Valor)	Simazine (Gesatop)	Flumioxazine (Pledge)	Linuron (Afalon)	Oryzaline (Surflan)	Terbutylazine (Alice)
Dosage/ha	3300 g/ha	1000 g/ha	50 g/ha	2000 g/ha	1000 g/ha	500 g/ha	2250 g/ha	3800 g/ha	1400 g/ha
Demi-vie (sol)	1-2 mois	1 semaine	10-20 jours	3 mois	2 mois	10-30 jours	2-3 mois	1-4 mois	3-6 mois
Solubilité H <sub>2</sub> O	900 g/l	1370 g/l	2 g/l	0,04 g/l	0,005 g/l	0,002 g/l	0,075 g/l	0,003 g/l	0,008 g/l
K <sub>oc</sub> (fixation sol)	24 000 ml/g	100 ml/g	150 ml/g	480 ml/g	130 ml/g	1000 ml/g	400 ml/g	600 ml/g	310 ml/g
CL <sub>50</sub> Poisson	26 mg/l	> 320 mg/l	22 mg/l	6 mg/l	70 mg/l	2,9 mg/l	16 mg/l	3,3 mg/l	80 mg/l
DL <sub>50</sub> Rat	5600 mg/kg	2200 mg/kg	5000 mg/kg	3400 mg/kg	> 5000 mg/kg	> 5000 mg/kg	1200 mg/kg	5000 mg/kg	4800 mg/kg

Dosage/ha = dose maximale homologuée; Demi-vie sol = temps nécessaire à la dégradation de la moitié de la quantité d'herbicide présente dans le sol; K<sub>oc</sub> = indice quantifiant le degré de fixation de la molécule aux particules du sol (plus l'indice est élevé, moins la molécule est mobile); Solubilité H<sub>2</sub>O = solubilité de la molécule dans l'eau (plus la solubilité est élevée, plus les risques de lessivages sont importants); CL<sub>50</sub> = concentration provoquant 50% de mortalité; DL<sub>50</sub> = dose provoquant 50% de mortalité (Sources: WSSA, 1994).

animaux et les humains est donc relativement modérée (Pelfrène, 2003). Pourtant, de plusieurs enquêtes menées auprès d'utilisateurs et de services médicaux, il ressort que les herbicides à base de glyphosate sont à l'origine d'un grand nombre de plaintes pour atteinte à la santé (Goldstein *et al.*, 2002). La plupart de ces plaintes concernent des irritations des yeux ou des voies respiratoires supérieures, qui peuvent être attribuées aux formulations<sup>2</sup> du glyphosate. Ces dernières, souvent assez agressives pour assurer une bonne pénétration de la matière active dans les plantes traitées, sont effectivement susceptibles de causer, par contact et inhalation notamment, des irritations de la peau, des yeux et des voies respiratoires (Williams *et al.*, 2000). Parallèlement, des publications scientifiques mentionnent régulièrement des effets toxicologiques sévères dus au glyphosate. On l'a accusé, par exemple, d'être mutagène et génotoxique (Bolognesi *et al.*, 1997), potentiellement associé au lymphome non-hodgkinien (Hardell *et al.*, 2002), au myélome multiple (De Roos *et al.*, 2005) ou, dernière polémique en date, d'avoir des effets délétères sur les cellules placentaires humaines, ainsi qu'une action sur la synthèse des hormones sexuelles (Richard *et al.*, 2005). Selon les défenseurs du glyphosate, ces études, si elles permettent effectivement de mieux comprendre certains mécanismes de toxicité, voire d'identifier des risques potentiels liés à l'utilisation d'un produit, ne sont pas pertinentes pour estimer le risque sanitaire qu'il pose en conditions réelles d'utilisation; le plus souvent, ces dernières ne sont effectivement pas prises en compte. Ils relèvent par ailleurs que ces tests, lorsqu'ils sont appliqués à d'autres produits courants, y compris des aliments d'origine naturelle, aboutissent souvent à des résultats similaires. En fait, les dernières évaluations de risques des instances officielles européennes ont confirmé, dans le cadre des conditions d'utilisation proposées, l'innocuité des produits à base de glyphosate (European Commission, 2002). Reste que l'importance prise par cette molécule justifie une vigilance sanitaire rigoureuse. Quant aux agriculteurs, ils doivent évidemment strictement respecter les règles de sécurité et les précautions requises lors de l'utilisation de pesticides (Milon et Vernez, 2006).

<sup>2</sup>Un produit phytosanitaire, outre la matière active proprement dite, contient également d'autres composés, destinés par exemple à améliorer sa stabilité, sa manipulation ou son efficacité.

## Aspects environnementaux

Une des caractéristiques du glyphosate est sa très forte capacité à se fixer aux particules du sol, ce qu'exprime son indice  $K_{oc}$  particulièrement élevé (tabl.1). Ce caractère, combiné à une dégradation microbienne relativement rapide, limite théoriquement les risques de lessivage et de contamination des eaux. C'est pourquoi, malgré sa forte solubilité, le glyphosate a été longtemps considéré comme peu dangereux pour la qualité des eaux souterraines et de surface. Mais le considérer comme un produit «amicale» pour l'environnement serait exagéré<sup>3</sup>, ne serait-ce que par la puissance de son effet herbicide vis-à-vis de la majorité des plantes. Son application, comme d'ailleurs tout désherbage, vise la flore spontanée des parcelles traitées et donc, au moins indirectement, l'ensemble des organismes écologiquement liés à cette végétation. Parallèlement, la largeur de son spectre d'efficacité impose d'être particulièrement prudent avec les risques de dérive. A son avantage, en favorisant le développement des façons culturales simplifiées, le glyphosate contribue indirectement à réduire les risques d'érosion. Cet argument est particulièrement pertinent dans les régions à sols fragiles, sujets à l'érosion, notamment éolienne. En soi, l'abandon du labour permet également de substantielles économies en énergie fossile.

## Toute médaille a son revers...

Le développement et l'utilisation croissante des herbicides ces dernières décennies ont grandement facilité la gestion de la flore spontanée présente dans les parcelles cultivées. Cependant, si l'intérêt des herbicides est évident pour la majorité des agriculteurs, leur utilisation généralisée génère des problèmes d'acuité croissante, notamment le développement de résistances (Delabays *et al.*, 2004) et la contamination des eaux (Muralt *et al.*, 2005).

## Développement des résistances au glyphosate

### Bilan de la situation mondiale

Il y a juste dix ans, Bradshaw *et al.* (1997), considérant les particularités de cet herbicide (structure chimique, mode d'action, faible métabolisation dans les végétaux, absence d'activité résiduaire au niveau du sol, aucun cas de résis-

tance répertorié après plus de vingt ans d'utilisation, etc.), écrivaient: «*La probabilité d'un développement d'une résistance au glyphosate paraît faible.*» Pourtant, dès 1996, un ray-grass (*Lolium rigidum*) résistant avait été détecté en Australie (Powles *et al.*, 1998). Puis d'autres biotypes de *L. rigidum* résistants au glyphosate ont été identifiés dans ce même pays, en Californie, en Afrique du Sud et plus récemment en France (Heap, 2007). Dès 1997, une autre graminée résistante au glyphosate, un biotype d'*Eleusine indica*, a été décrite en Malaisie (Bearson *et al.*, 2002). Par la suite, une autre espèce de ray-grass, *Lolium multiflorum*, a également développé des biotypes résistants au Chili, au Brésil et aux Etats-Unis. Enfin, un cas de résistance chez le sorgho d'Alep (*Sorghum halepense*) est mentionné en Argentine dès 2005 (Heap, 2007). Concernant les dicotylédones, le cas d'une vergerette (*Conyza canadensis*) résistante au glyphosate a été rapporté pour la première fois en 2001, dans une parcelle de l'Etat du Delaware (USA) cultivée avec du soja transgénique «*RoundupReady*» depuis trois ans (VanGessel, 2001). De nombreux autres biotypes ont été répertoriés depuis, dans différents Etats des Etats-Unis, au Brésil et en Chine (Heap, 2007). Parallèlement, une autre espèce de conyze, *C. bonariensis*, a également développé des résistances au glyphosate en Afrique du Sud, en Espagne et au Brésil. Aujourd'hui, sur les 44 cas de résistance répertoriés par l'*International survey of herbicide resistant weeds* (ISHR), 22 concernent des biotypes du genre *Conyza*, surtout *C. canadensis* (Heap, 2007). Les autres dicotylédones concernées sont des amarantes (*Amaranthus palmeri* et *A. rudis*), des ambrosies (*Ambrosia artemisiifolia* et *A. trifida*), une euphorbe (*Euphorbia heterophylla*) et un plantain (*Plantago lanceolata*). Au total, 12 espèces de mauvaises herbes ont donc développé des biotypes résistants au glyphosate. La figure 2 dresse la carte mondiale de ces résistances, telles qu'elles sont répertoriées à ce jour dans la banque de données de l'ISHR, montrant clairement que tous les continents sont maintenant concernés. Elle indique également que les cas de résistance ne sont pas liés uniquement au développement des cultures transgéniques. Au

<sup>3</sup>La firme Monsanto a été attaquée en justice à plusieurs reprises, notamment aux Etats-Unis et en France, pour avoir présenté le glyphosate comme étant «respectueux de l'environnement» («*environmentally friendly*»). Dans tous les cas, elle a dû retirer les annonces litigieuses.

## Mauvaises herbes résistantes au glyphosate: situation mondiale au printemps 2007

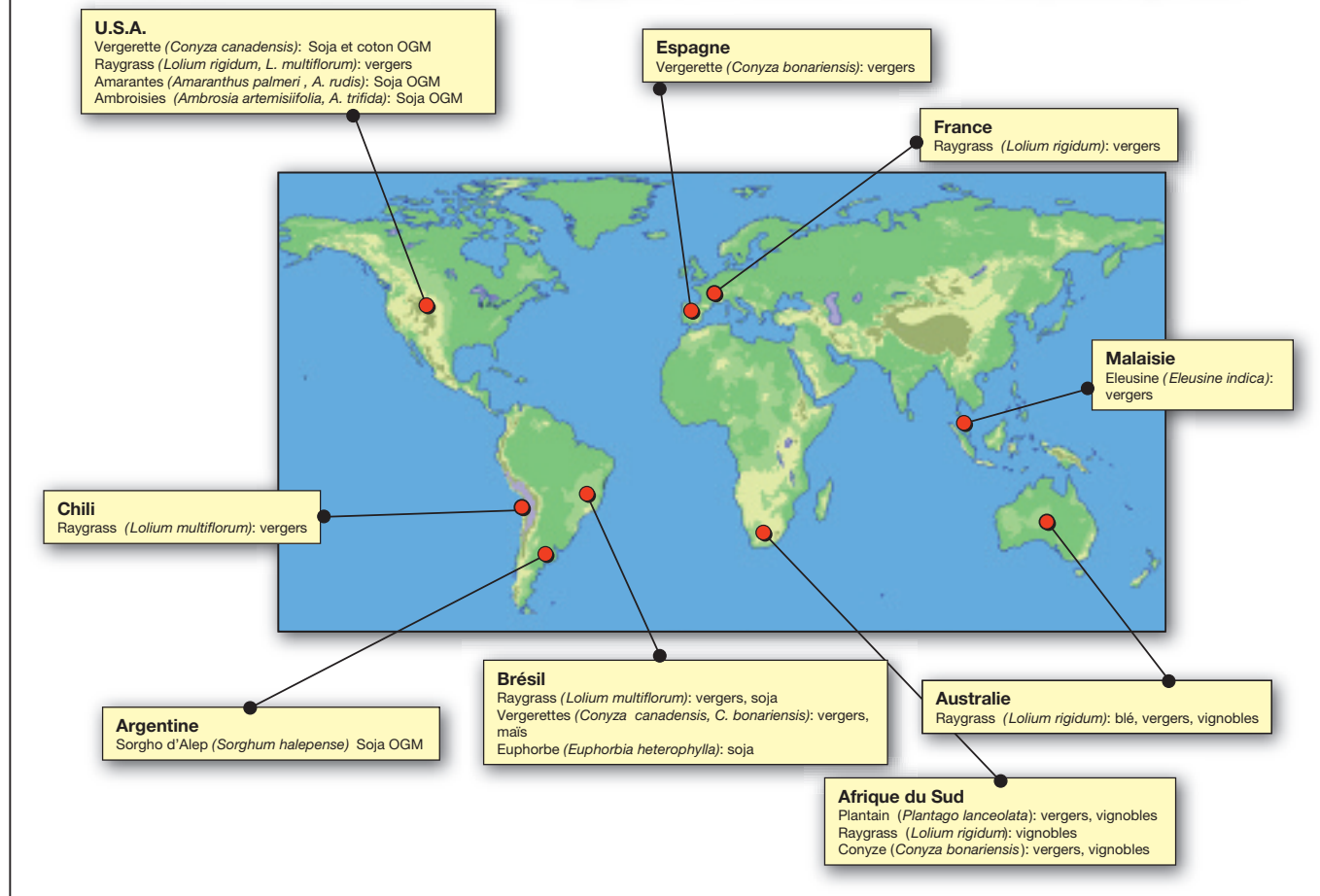


Fig. 2. Carte de répartition mondiale des cas de résistance au glyphosate répertoriés par l'«*International survey of herbicide resistance weeds*» et types de cultures concernés (Heap, 2007).

contraire, une bonne part des biotypes résistants se sont développés dans des cultures conventionnelles, principalement des vergers et des vignobles.

### Différents mécanismes

Ces résistances résultent de différents mécanismes développés par les plantes concernées (Powles et Preston, 2006). Ainsi, dans le cas du premier biotype d'éleusine (*Eleusine indica*), des études effectuées au niveau moléculaire ont montré que la séquence d'acides aminés de l'EPSP synthétase, l'enzyme-cible du glyphosate, était modifiée, avec comme conséquence que son affinité vis-à-vis de l'herbicide était cinq fois moindre que chez les plantes sensibles (Bearson *et al.*, 2002). Cette modification de l'enzyme-cible résulte d'une mutation du gène codant l'enzyme (substitution d'une proline par une sérine). Par la suite, d'autres biotypes d'éleusine résistants ont montré qu'une substitution de la même proline par une thréonine aboutissait également à une perte d'efficacité du glyphosate (Ng *et al.*, 2005). Le même type de mu-

tation a également été détecté chez des biotypes de ray-grass résistants, notamment en Australie et au Chili (Powles et Preston, 2006). Parallèlement, un mécanisme de résistance différent a été mis en évidence chez d'autres biotypes de ray-grass (*Lolium rigidum*) d'Australie: dans ces populations, c'est le transport du glyphosate à l'intérieur de la plante qui est modifié. Normalement, après un traitement foliaire, l'herbicide est transporté prioritairement vers la base de la plante et dans les racines. Or, chez ces biotypes résistants, le glyphosate se concentre principalement à l'extrémité supérieure des feuilles traitées (Lorraine-Colwill *et al.*, 2002; Wakelin *et al.*, 2004). Enfin, pour d'autres populations de ray-grass, un ou des mécanismes encore à déterminer sont apparemment en cause (Feng *et al.*, 1999; Perez *et al.*, 2004; Simarmata *et al.*, 2003). Chez les dicotylédones, plusieurs populations de vergerette du Canada (*Coryza canadensis*) résistants ont également été étudiées pour déterminer le mécanisme de la perte d'efficacité de l'herbicide. Chez ces plantes, l'enzyme

cible n'a pas subi de mutation et reste sensible à l'herbicide (Koger *et al.*, 2005). Par contre, comme chez certaines des populations de *Lolium* résistants, son transport vers les racines est diminué, avec une tendance à l'accumulation de l'herbicide au niveau des feuilles traitées (Feng *et al.*, 2004; Koger et Reddy, 2005).

Ce mécanisme de résistance lié au transport de l'herbicide dans la plante soulève des questions intéressantes. En effet, chez les adventices, la très grande majorité des cas de résistance aux herbicides répertoriés à ce jour découle soit d'une mutation de l'enzyme cible, soit d'une métabolisation accélérée de l'herbicide par la plante. Le mécanisme original de la résistance au glyphosate décrit chez la vergerette du Canada et plusieurs populations de ray-grass mérite donc une attention particulière. Sa base moléculaire et biochimique reste inconnue, mais les premières études génétiques indiquent un déterminisme basé sur un gène nucléaire unique, avec une dominance partielle (Lorraine-Colwill *et al.*, 2002; Zelaya *et al.*, 2005).



## Et en Suisse?

A ce jour, aucun cas de résistance au glyphosate n'est rapporté en Suisse. Cependant, les observations rassemblées à l'échelle mondiale et l'importance prise par cet herbicide dans notre pays justifient une certaine prudence et une grande vigilance. La prudence consiste à respecter les règles de base permettant de limiter le développement et la dissémination des adventices résistantes aux herbicides: diversifier les méthodes de désherbage et/ou d'entretien du sol (travail mécanique, couverture organique, enherbement, etc.) et, pour la lutte chimique, alterner les matières actives utilisées dans une parcelle (Delabays *et al.*, 2004). Sur ce dernier point, on ne peut que s'inquiéter de la réduction régulière de la palette d'herbicides disponibles pour de nombreuses cultures. Cette réduction provient du faible développement de nouvelles matières actives (constat d'ailleurs valable pour tous les types de produits phytosanitaires), couplé aux retraits réguliers d'anciennes molécules, et des nombreuses limitations imposées: production intégrée, prestations écologiques requises, labels, etc.

La vigilance consiste à bien observer le comportement de la flore des parcelles cultivées vis-à-vis des traitements. Il s'agit de repérer rapidement toute perte d'efficacité de l'herbicide sur des espèces préalablement correctement maîtrisées<sup>4</sup>. Avec le glyphosate, l'analyse de la situation mondiale montre que ce sont souvent dans les cultures spéciales, notamment des vignes ou des vergers, que les premiers cas de résistance apparaissent. Le rôle joué par cette matière active dans nos cultures fruitières et nos vignobles incite donc à une attention particulière dans ces parcelles. Rappelons que sur les 44 biotypes répertoriés à ce jour dans la banque de données de Heap (2007), 22 sont des biotypes du genre *Conyza*, principalement la vergerette du Canada (*Conyza canadensis*) (fig. 1). Une surveillance spéciale se justifie donc vis-à-vis de cette plante, l'une des principales espèces répertoriées dans l'inventaire de la flore des vignobles de Suisse romande (Clavien et Delabays, 2006). Les autres espèces à suivre sont bien sûr les ray-grass (*Lolium sp.*).

<sup>4</sup>Bien que qualifié d'herbicide «total», le glyphosate peut avoir une efficacité très variable selon les espèces. Par exemple, le liseron (*Convolvulus arvensis*), les épilobes (*Epilobium sp.*) ou encore certaines légumineuses sont souvent peu ou mal maîtrisés par cet herbicide. Dans ces cas, il ne s'agit pas de résistance à proprement parler, mais une utilisation trop systématique du glyphosate peut favoriser le développement de ces espèces dans certaines parcelles.

## Pollution des eaux: des indices inquiétants

Comme on l'a dit, les risques de contamination des eaux par le glyphosate ont longtemps été considérés comme faibles. Ce jugement, auquel s'ajoute l'analyse techniquement assez difficile de la molécule, explique le peu de suivi consacré à cette substance, en dépit de sa très large utilisation. Par exemple, la campagne nationale de contrôle de la qualité des eaux souterraines réalisée en Suisse en 2002-2003 n'a pas pris en compte le glyphosate (Muralt *et al.*, 2005). Pourtant, des rapports annonçant la présence, dans les eaux de surface notamment, de glyphosate et de son principal métabolite, l'AMPA<sup>5</sup>, se sont multipliés ces dernières années dans différents pays européens. En France, par exemple, le dernier rapport de l'Institut français de l'environnement (Ifen), qui présente les résultats des campagnes d'analyse de 2003 et 2004, mentionne que le glyphosate et l'AMPA figurent parmi les principaux polluants des eaux de surface (Nirascou, 2006). En 2003, l'AMPA est détecté dans

<sup>5</sup>L'AMPA (acide aminométhylphosphonique) est le premier produit de dégradation du glyphosate, mais il est également utilisé comme additif dans certains détergents, notamment les produits destinés aux machines à laver la vaisselle. Les résidus retrouvés dans les eaux peuvent donc avoir également une origine autre que l'herbicide. Sa présence souvent associée au glyphosate, de même que sa détection dans des bassins versants peu urbanisés, ne permettent cependant pas d'exclure la responsabilité de l'agriculture.

59% et le glyphosate dans 33% des échantillons. En 2004, ces chiffres sont de respectivement 55 et 35%. Ces observations ont certainement joué un rôle dans la décision prise en France, dès 2004, de limiter l'application de cette molécule: réduction des doses maximales de glyphosate autorisées, étiquetage contraignant, etc. En vignes, les doses maximales de glyphosate (matière active) utilisables en traitements de surface sont maintenant limitées à 2160 g m.a., par hectare et par année!

Les données suisses restent peu nombreuses. Une petite série d'échantillons d'eau prélevés par la Commission Internationale pour la Protection des Eaux du Léman (CIPEL) en juillet 2004, dans le lac Léman et dans quelques rivières romandes (tabl. 2), a donné les résultats suivants: absent du lac, le glyphosate est par contre détecté dans la majorité des échantillons prélevés dans les rivières, le plus souvent à des dosages élevés, supérieurs aux normes légales (Corvi *et al.*, 2005). Malgré l'échantillonnage très restreint, ces résultats concordent avec les données étrangères, en particulier françaises, et plaident pour une surveillance accrue dans notre pays également.

Les impacts écologiques réels de ces résidus peuvent bien sûr être discutés, mais il est clair que les exigences de la population concernant la qualité de nos eaux sont de plus en plus élevées. L'agriculture, si elle veut conserver l'usage de ce précieux outil de désherbage, a tout intérêt à prendre en compte ces aspects et à l'utiliser de manière raisonnée et parcimonieuse.

**Tableau 2. Résidus en glyphosate et en AMPA détectés dans une série d'échantillons d'eau prélevés en juillet 2004 dans le lac Léman et des cours d'eau romands. La norme légale tolérée s'élève à 0,1 µg/l (données CIPEL).**

Lac/rivière	Lieux	Glyphosate	AMPA
Léman	2,5 m	< 0,1 µg/l	< 0,1 µg/l
Léman	10 m	< 0,1 µg/l	< 0,1 µg/l
Signèse	Sierre	< 0,1 µg/l	< 0,1 µg/l
Canal de la Plaine	Vétroz	0,19 µg/l	< 0,1 µg/l
Venoge	Ecublens	0,12 µg/l	0,12 µg/l
Boiron	Morges	0,19 µg/l	0,14 µg/l
Charmilles (ruisseau)	Dardagny	2,80 µg/l	3,94 µg/l
Marais (ruisseau)	Veyrier	0,75 µg/l	0,23 µg/l
Hermance	Hermance	< 0,1 µg/l	< 0,1 µg/l
Foron	Nernier	0,25 µg/l	0,15 µg/l

## Conclusions

- Le glyphosate est un herbicide très efficace, largement utilisé par l'agriculture suisse, les jardins privés et pour l'entretien des talus le long des voies de communications (routes nationales et cantonales, voies de chemin de fer).
- Par rapport à d'autres produits phytosanitaires, son profil environnemental et toxicologique est relativement favorable. Son efficacité et l'ampleur des quantités utilisées justifient cependant que ce produit soit soumis à une surveillance sanitaire et environnementale particulièrement rigoureuse.
- Ce produit exige notamment un strict respect des règles de sécurité et des conditions d'application: protection des utilisateurs, gestion des fonds de cuves, limitation maximale des risques de dérive, respect des dosages et des distances de sécurité.
- Les données internationales montrent que le développement de mauvaises herbes résistantes au glyphosate est une réalité. Même si aucun cas de résistance n'est encore signalé dans notre pays, une stratégie de prévention se justifie: alternance des techniques de désherbage et des matières actives utilisées, surveillance de la réponse de la flore aux traitements, etc.
- Les données internationales et les quelques résultats obtenus en Suisse indiquent clairement que le glyphosate est un polluant potentiel des eaux superficielles.
- Une utilisation raisonnée des produits à base de glyphosate, tenant compte des risques qui leur sont liés, est la meilleure garantie que ce précieux outil de désherbage reste, à terme, pleinement à disposition de notre agriculture.

## Bibliographie

- Bearson S. R., Rodriguez D. J., Tran M., Feng Y., Best N. A. & Dill G. M., 2002. Glyphosate-resistant goosgrass: identification of a mutation in the target enzyme 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase. *Plant Physiol.* **129**, 1265-1275.
- Bolognesi C., Bonatti S., Degan P., Gallerani E., Peluso M., Rabboni R., Roggiari P. & Abbondandolo A., 1997. Genotoxic activity of glyphosate and its technical formulation Roundup. *J. Agric. Food Chem.* **45**, 1957-1962.
- Bradshaw L. D., Padgett S. R., Kimball S. L. & Wells B. H., 1997. Perspectives on glyphosate resistance. *Weed Technology* **11**, 189-198.

- Clavien Y. & Delabays N., 2006. Inventaire floristique des vignes de Suisse romande: connaître la flore pour mieux la gérer. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **38**, 335-341.
- Corvi C., Zimmerli P., Ortelil D., Khim-Heang S. & Becker Van Slooten K., 2005. Métaux et micropolluants organiques dans les eaux, les moules et les poissons du Léman. In: Rapp. Comm. Int. Prot. eaux Léman contre pollut., Campagne 2004, 55-78.
- Delabays N., Mermillod G. & Bohren C., 2004. Mauvaises herbes résistantes aux herbicides en Suisse: passé, présent,.... futur? *Revue suisse Agric.* **36**, 149-154.
- DeRoos A. J., Blair A., Rusiecki J. A., Hoppin J. A., Svec M., Dosemeci M., Slander D. P. & Alavanja M. C., 2005. Cancer incidence among glyphosate-exposed pesticide applicators in the agricultural health study. *Environ. Health Perspect.* **113**, 49-54.
- European Commission, 2002. Review report for the active substance glyphosate. Page Web: ec.europa.eu/food/fs/ph\_ps/pro/eva/existing/list1\_glyphosate\_en.pdf - accès le 15 avril 2007.
- Feng P. C. C., Pratley J. E. & Bohn J. A., 1999. Resistance to glyphosate in *Lolium rigidum* II: uptake, translocation and metabolism. *Weed Sci.* **47**, 412-415.
- Feng P. C. C., Tran M., Chiu T., Sammons R. D., Heck G. R. & Jacob C. A., 2004. Investigation into glyphosate-resistant horseweed (*Conyza canadensis*): retention, uptake, translocation and metabolism. *Weed Sci.* **52**, 498-505.
- Franz J. E., Mao M. K. & Sikorski J. A., 1997. Glyphosate: a unique global herbicide. ACS Monograph 189, Am. Chem. Soc., Washington, 163-175.
- Giesy J. P., Dobson S. & Solomon K. R., 2000. Ecotoxicological risk assessment for Roundup Herbicide. *Rev. Environ. Contamin. Toxicol.* **107**, 33-120.
- Goldstein D. A., Acquavella J. F., Mannion R. M. & Farmer D. R., 2002. An analysis of glyphosate data from the California Environmental Protection Agency pesticide illness surveillance program. *J. Toxicol. Clin. Toxicol.* **40**, 885-892.
- Hardell L., Eriksson M. & Nordstrom M., 2002. Exposure to pesticides as risk factor for non-Hodgkin's lymphoma and hairy cell leukaemia: pooled analysis of two Swedish case-control studies. *Leuk. Lymphoma* **43**, 1043-1049.
- Heap I., 2007. The international survey of herbicide resistant weeds. Page Web: www.weed-science.org. Accès le 15 avril 2007.
- ISAAA, 2006. International Service for the Acquisition of Agro-biotech Applications. Page Web: www.isaaa.org. Accès le 15 avril 2007.
- Koger C. H., Shaner D. L., Henry W. B., Nadler-Hassar T., Thomas W. E. & Wilcut J. W., 2005. Assessment of two non-destructive assays for detecting glyphosate resistance in horseweed (*Conyza canadensis*). *Weed Sci.* **53**, 438-445.
- Koger C. H. & Reddy K. N., 2005. Role of absorption and translocation in the mechanism of glyphosate resistance in horseweed (*Conyza canadensis*). *Weed Sci.* **53**, 84-89.
- Lorraine-Colwill D. F., Powles S. B., Hawkes T. R., Hollinshead P. H., Warner S. A. J. & Preston C., 2002. Investigation into the mechanism of glyphosate resistance in *Lolium rigidum*. *Pestic. Biochem. Physiol.* **74**, 62-72.
- Milon A. & Vernez D., 2006. Traitements phytosanitaires: évaluation des risques pour l'utilisateur. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **39**, 79-82.
- Murali R., Kilchmann S., Guhl F., Cornaz S., Herold T., Clavien D. & Kozel B., 2005. NAQUA. *Qualité des eaux souterraines en Suisse 2002/2003*. Office fédéral de l'environnement, Berne, 206 p.
- Ng C. H., Wickneswary R., Salmijah S., Teng Y. T. & Ismail B. S., 2005. Glyphosate resistance in *Eleusine indica* from different origins and polymerase chain reaction amplification of specific alleles. *Aus. J. Agric. Res.* **55**, 407-414.
- Nirascou F., 2006. Les pesticides dans les eaux, Données 2003 et 2004. Les Dossiers IFEN, Institut français de l'environnement, N° 5, 38 p.
- Pelfrène A., 2003. Glyphosate: toxicologie et évaluation du risque pour l'homme. *Environnement, Risques & Santé* **6**, 323-334.
- Perez A., Allister C. & Kogan M., 2004. Absorption, translocation and allocation of glyphosate in resistant and susceptible Chilean biotypes of *Lolium multiflorum*. *Weed Biol. Manag.* **4**, 56-58.
- Powles S. B., Lorraine-Colwill D. F., Dellow J. J. & Preston C., 1998. Evolved resistance to glyphosate in rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) in Australia. *Weed Sci.* **46**, 604-607.
- Powles S. B. & Preston C., 2006. Evolved glyphosate resistance in plants: biochemical and genetic basis of resistance. *Weed Technology* **20**, 282-289.
- Richard S., Moslemi S., Sipahutar H., Benachour N. & Seralini G.-E., 2005. Differential effects of glyphosate and Roundup on human placental cells and aromatase. *Environmental Health Perspective* **113**, 716-720.
- Simarmata M., Kaufmann J. E. & Penner D., 2003. Potential basis of glyphosate resistance in California rigid ryegrass (*Lolium rigidum*). *Weed Sci.* **51**, 678-682.
- VanGessel, M. J., 2001. Glyphosate-resistant horseweed from Delaware. *Weed Sci.* **49**, 703-705.

## Zusammenfassung

### Glyphosate: weltweit hoher Verbrauch und Bildung von Unkrautresistenzen beeinflussen die Anwendung des in der Schweiz meistgebrauchten Herbizids

Glyphosate wird seit über 30 Jahren in vielen Ländern als Herbizid vermarktet und ist weltweit eines der am meisten verwendeten Pestizide. Dieser Artikel beleuchtet Erfahrungen und Auswirkungen des weltweiten Glyphosate Einsatzes. Eingeflochten sind Überlegungen zur Anwendung von Glyphosate in der Schweiz. Das hochwirksame Glyphosate profitiert von einem günstigen Umweltprofil. Internationale Daten zeigen jedoch, dass auch dieses Herbizid Wirkungsresistenzen hervorrufen und Oberflächengewässer verunreinigen kann. Auch in der Schweiz ist der Glyphosate-Verbrauch sehr hoch. In Spezialkulturen, Obst- und Weinbau ist es ein verbreitet eingesetztes Herbizid, im Ackerbau ein obligater Begleiter von Direktsaaten. Bisher wurden in der Schweiz noch keine Resistenzen verzeichnet. Kanadisches Berufskraut (*Conyza canadensis* L.) oder Raigräser (*Lolium* spp.) müssen aber sehr genau beobachtet werden. Parallel dazu erregen die im Genferseebecken erhobenen Daten zur Verunreinigung von Oberflächengewässern mit Glyphosate grosse Besorgnis. In der Schweiz wie weltweit ist der sparsame und vernünftige Umgang mit Glyphosate die einzige Garantie, dass dieses hilfreiche Herbizid trotz Resistenzen und Umweltprobleme weiterhin der Landwirtschaft zur Verfügung steht.

Wakelin A. M., Lorraine-Colwill D. F. & Preston C., 2004. Glyphosate resistance in four different populations of *Lolium rigidum* is associated with reduced translocation of glyphosate to meristematic zones. *Weed Res.* **44**, 453-459.

Williams G. M., Kroes R. & Munro I. C., 2000. Safety evaluation and risk assessment of the herbicide Roundup and its active ingredient, glyphosate, for humans. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* **31**, 117-165.

Woodburn A. T., 2000. Glyphosate: production, pricing and use worldwide. *Pest Management Science* **56**, 309-312.

WSSA, 1994. Herbicide handbook. 7th edition, Weed Science Society of America, Champaign, 352 p.

Zelaya I. A., Owen M. D. K. & Van Gessel M. J., 2005. Inheritance of evolved glyphosate resistance in *Conyza Canadensis* (L.) Cronq. *Theor. Appl. Genet.* **110**, 58-70.

## Summary

### Glyphosate: worldwide situation and consequences for Switzerland

Glyphosate-based weed control products are among the most widely used pesticides in the world. This paper reviews experiments and observations reported worldwide with this herbicide, as well as some recommendations regarding its use in Switzerland. Highly efficient against weeds, glyphosate has a relatively favourable toxicological and environmental profile. Nevertheless, numerous data clearly indicate that its use may promote resistant weeds development, and also contaminate surface water, especially rivers. In Switzerland too, glyphosate is now largely used in agriculture. Even though no case of resistance to glyphosate has been reported so far, user experience gathered worldwide dictates that we keep alert, especially with *Conyza* and *Lolium* species. Moreover, the rare data available in Switzerland about surface water contamination with glyphosate plead for a more careful use of this molecule.

**Key words:** glyphosate, weed control, Switzerland.

## Riassunto

### Il glifosate: bilancio della situazione mondiale e qualche conseguenza malerbologica per la Svizzera

Il presente articolo propone una sintesi delle esperienze e delle evoluzioni rapportate su scala planetaria con il glifosate, un erbicida commercializzato da una trentina di anni e che figura oggi tra i principali pesticidi utilizzati nel mondo, e presenta pure qualche riflessione e raccomandazione concernente la situazione elvetica. Erbicida molto efficace, il glifosate beneficia peraltro di un profilo ambientale e tossicologico relativamente favorevole. I dati internazionali mostrano tuttavia che questa molecola non è al riparo da pericoli sovente associati ad un uso considerato degli erbicidi; particolarmente lo sviluppo di malerbe resistenti e la contaminazione delle acque di superficiali. Il

glifosate è abbondantemente utilizzato anche in Svizzera. Nelle colture speciali, è diventato uno strumento di diserbo importante e apprezzato nei frutteti e vigneti. In campicoltura, rappresenta un partner quasi obbligatorio dei sistemi colturali semplificati e della semina diretta. Fino ad oggi, nessun caso di resistenza al glifosate è riportato in Svizzera, ma un'attenta vigilanza è giustificata particolarmente per quel che concerne specie come l'erigero (*Conyza canadensis*) o il loietto (*Lolium sp.*). Parallelamente, i rari dati elvetiche pubblicati relativi alla contaminazione delle acque superficiali da questa molecola, raccomandano ugualmente una grande prudenza. Globalmente, un uso razionale e parsimonioso dei prodotti a base di glifosate, che tenga conto dei rischi che gli sono legati, è la migliore garanzia affinché questo prezioso strumento di diserbo resti, a termine, a disposizione della nostra agricoltura.

## VOTRE PARTENAIRE INDISPENSABLE

CHAILLOT SA

*Z. J. Chaillot*

CONDITIONNEMENT & EMBALLAGE  
KELLER EIBEDARF

ZI au Glapin 10 • 1162 Saint-Prex  
Tél. +41 21 823 2000 • Fax +41 21 823 2001

Rte de la Drague 14 • 1950 Sion  
Tél. +41 27 323 67 21 • Fax +41 27 323 67 22

E-mail: [info@chaillot.ch](mailto:info@chaillot.ch) [www.chaillot.ch](http://www.chaillot.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



**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](mailto:dutruy@latreille.ch)

## Informations agricoles

### Agrovina 2008 à Martigny

Le prochain salon Agrovina se déroulera dans les bâtiments du CERM à Martigny du 22 au 25 janvier 2008, à l'intention des professionnels des filières viticole, œnologique et arboricole.

La dernière édition du salon Agrovina, en 2006, avait attiré plus de 14 000 visiteurs et 200 exposants, et les conférences techniques quelque 1500 participants.

Le programme 2008 d'Agrovina est annoncé comme suit:

22 janvier: Journée d'information viticole  
23 janvier: Journée de l'œnologie  
24-25 janvier: Journées arboricoles suisses

#### Renseignements:

CERM, Agrovina, rue du Levant 91, 1920 Martigny;  
tél. +41 27 722 00 34;  
e-mail: [info@agrovina.com](mailto:info@agrovina.com); [www.agrovina.com](http://www.agrovina.com)



**AGROVINA**  
INTERNATIONAL

Salon international de l'œnologie, viticulture et arboriculture et cultures spéciales

Internationale Fachmesse für Oenologie, Weinbau, Obstbau und Spezialkulturen

22-25 janvier 2008  
Martigny Suisse  
[www.agrovina.ch](http://www.agrovina.ch)



La pépinière romande certifiée  
à votre disposition



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

## Europlant S.à.r.l.

Scions fruitiers

toutes espèces fruitières

hautes tiges  
arbres formés

greffage sous contrat



## Deux étudiants de l'EIC à la conquête de l'Europe



Réunion de coordination avant les épreuves.

**Christin Rüttsche et Yannick Passas, étudiants de l'École d'ingénieurs de Changins, ont remporté de brillants résultats lors du second «EUROPEA Wine Championship», qui s'est déroulé en Espagne du 10 au 13 avril 2007.**

Après une première édition en 2006 à Krems (Autriche), c'était au tour de l'Espagne d'accueillir le second EUROPEA Wine Championship. Une vingtaine d'équipes, venues de toute l'Europe (Espagne, Italie, Allemagne, Autriche, Suisse, Slovénie, Portugal, Belgique), se sont retrouvées à Jumilla, dans la province de Murcia.

Chaque équipe était composée de deux étudiants accompagnés d'un professeur. Les étudiants ont confronté leurs connaissances pratiques et théoriques dans différentes épreuves d'œnologie, de dégustation, de viticulture ou de géographie viticole. Les épreuves alternaient avec des visites



Le second EUROPEA Wine Championship s'est déroulé à Jumilla, dans la province espagnole de Murcia. (Source: <http://technorestor.org>)

techniques, permettant à chacun de mieux s'imprégner des coutumes viti-vinicoles du pays hôte.

Chaque équipe venant avec l'envie de gagner, la compétition était réelle; l'objectif était bien sûr de se confronter, de s'évaluer, mais aussi et surtout d'installer un échange entre étudiants et professeurs de toute l'Europe viti-vinicole. La langue officielle de la compétition est l'anglais, mais en dehors des épreuves, l'anglais, l'espagnol, le français, l'allemand et l'italien se mélangent gentiment pour former un langage «hybride plus résistant».

Cette année, l'EIC était représentée par M<sup>me</sup> Christin Rüttsche et M. Yannick Passas, étudiants HES en 3<sup>e</sup> année, accompagnés de leur professeur, M. Julien Ducruet. Etant donné la belle victoire que leurs précédents collègues avaient remportée au 1<sup>er</sup> EUROPEA Wine Championship l'an dernier, la pression sur leurs épaules était forte. Les deux compétiteurs se sont donc préparés sérieusement et ont participé avec assiduité à la compétition et aux autres «épreuves nocturnes». La remise des prix a été riche en émotions pour notre équipe suisse, qui s'est placée dans quatre des cinq catégories récompensées. Christin Rüttsche a remporté la première place aux épreuves théoriques et la seconde place au classement général. L'équipe a remporté le 1<sup>er</sup> prix de l'épreuve «Spécial Espagne» et surtout la médaille d'or du classement général par équipe. Avec ces succès brillants, la petite délégation de l'EIC est rentrée le sourire aux lèvres et la tête pleine de souvenirs.

Le 3<sup>e</sup> EUROPEA Wine Championship se déroulera au Portugal, à Santo Tirso, près de Porto (Escola Profissional Agricola Conde S. Bento). Quant à la 4<sup>e</sup> session, elle pourrait bien se dérouler à l'École d'ingénieurs de Changins, en 2009.

*Julien Ducruet, professeur à l'EIC*



Epreuves pratiques (le filtre à plaque).



Christin Rüttsche et Yannick Passas, étudiants de l'EIC, ont remporté la médaille d'or au classement par équipe.

## Etude des terroirs viticoles de Genève

Dans la continuité des études de terroirs viticoles menées en Suisse (VD, NE, VS, TI), une cartographie des sols du vignoble genevois a été réalisée par l'École d'ingénieurs de Changins. Ce travail, soutenu par le canton de Genève et l'Association des organisations viticoles (AOVG), a bénéficié de la collaboration des services genevois de viticulture, de géomatique et de géologie, de l'École d'ingénieurs de Lullier, de l'EPFL et bien entendu des viticulteurs.

Le but de ce travail était de fournir aux viticulteurs une carte des sols au 1:7'500 et un catalogue de «sols types» contenant la description de leurs caractéristiques viticoles. Ce référentiel constitue ainsi un outil d'aide à la décision destiné aux professionnels dans le cadre de la gestion technique de leurs parcelles.

L'ensemble du vignoble, réparti sur 1365 ha, a été subdivisé en huit zones. En tout, 865 sondages et 91 profils, soit au total 2682 horizons, ont été décrits et répertoriés. Les sols calcaires (CALCOSOLS) couvrent 63% du canton, suivis par les sols bruns (BRUNISOLS) pour 21% et les sols lessivés (LUVISOLS) pour 8%. Les substrats géologiques dont sont issus les sols sont très diversifiés. Sur une vingtaine de substrats différents, les plus fréquents sont les moraines, les dépôts glacio-lacustres et les formations molassiques (grès et marne). En tenant compte de la géologie, de la pierrosité et du régime hydrique, une centaine de sols peuvent être distingués à Genève. Cependant, relevons que trois quarts du vignoble sont recouverts par une vingtaine de sols. Citons, parmi les plus fréquents, les CALCOSOLS issus de moraine caillouteuse, les CALCOSOLS issus de moraine à texture fine, les CALCOSOLS issus de grès ou de marne molas-

sique et les BRUNISOLS issus de moraine remaniée. La diversité pédologique peut être élevée sur de courtes distances. De manière générale, les sols les plus évolués sont issus de matériaux perméables et se trouvent sur les replats. Sur les coteaux pentus, les CALCOSOLS, peu évolués, sont plus fréquents. Enfin, les bas de pentes sont souvent occupés par des sols profonds.

La carte générale des sols et l'emplacement des profils décrits peuvent être consultés librement sur le guichet cartographique du canton de Genève (<http://etat2.geneve.ch/topoweb4/main.aspx>), rubrique «environnement, nature et bruit». Les caractéristiques pédologiques des différentes zones, les photos et les descriptions de profils ainsi que leur interprétation seront disponibles prochainement. Enfin, un rapport reprenant l'ensemble des résultats obtenus sera également publié en ligne.

Cette étude des terroirs viticoles genevois est actuellement complétée par un projet de recherche visant à préciser le comportement de la vigne en fonction du type de sol et du micro-climat. Ce travail, commencé en janvier 2007, porte sur un réseau de 70 parcelles de Gamaret et de Gamay réparties sur l'ensemble du canton. Ces parcelles sont suivies d'un point de vue pédoclimatique (température, humidité) et phénologique par M. Sébastien Almendros, assistant de recherche à l'École d'ingénieurs de Changins. Parallèlement, M<sup>me</sup> Juliane Mary, étudiante de l'Université de Dijon (France), réalise une enquête sur le micro-climat du canton auprès des vigneron.

*Stéphane Burgos, Nathalie Dakhel, Martine Docourt,  
Jean-Jacques Schwarz, EIC*

Analysez vous-  
mêmes vos vins!

Pour déterminer simplement et rapidement:

- la valeur pH
- l'acidité totale
- l'acide sulfureux libre
- l'acide sulfureux total
- des réductones
- l'alcool
- etc.

Hügli-Labortec AG  
Hauptstr. 2, 9030 Abtwil  
Tél. 071 311 27 41 – Fax 071 311 41 13  
info@hugli-labortec.ch, www.hugli-labortec.ch

**HUGLI**  
LABORTEC



### PÉPINIÉRISTES!

Pour vos cires et paraffines, ainsi que pour tout votre matériel, passez dès maintenant vos commandes à

**Jean-François Kilchherr**  
**Fournitures pour pépiniéristes**

Grand-Rue 8  
1297 Founex

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

Catalogue sur demande

## Comportement à l'entreposage de Rubens®-Civni en fonction du moment de la récolte, des conditions d'entreposage et du traitement 1-MCP

Schweiz. Zeit. Obst- u. Weinbau **143** (13), 9-12, 2007

La variété de pommes Civni, lancée sous le nom de marque Rubens®, se distingue par une qualité intrinsèque élevée du fruit. Les essais menés à ce jour sur le moment idéal de la récolte et l'entreposage ont confirmé que la variété Civni se comportait bien au stockage et qu'elle conservait toute sa succulence et toute la fermeté de sa chair jusqu'au mois de juin. De plus, elle reste longtemps fraîche dans les rayons de vente. Le traitement MCP apporte l'effet escompté en entrepôt réfrigéré aussi bien qu'en entrepôt ULO. Les fruits traités peuvent être stockés en entrepôt réfrigéré jusqu'à fin mars, donc presque aussi longtemps qu'en milieu ULO. L'important est que le degré de maturité soit «à point» c'est-à-dire ni trop ni pas assez avancé. Enfin, la fermeté de la chair des pommes Rubens®-Civni ne devrait pas être inférieure à 6,0 kg/cm<sup>2</sup>, car en-dessous de cette valeur, elles sont farineuses, pas assez croquantes et juteuses et donc jugées inaptées à la consommation.

Séverine Gabioud, Ernst Höhn, Daniel Baumgartner, Alois Bühler, Werner Naunheim, Thomas Eppler, Franz Gasser, Simon Egger, Albert Widmer et Walter Stadler, Agroscope ACW Wädenswil

sporadiquement. Il s'agit alors de choisir le cépage ou les clones les plus prometteurs pour la parcelle que l'on entend planter et pour cela, il faut notamment analyser et évaluer la réserve de substances nutritives dans le sol. Mais le facteur de coûts le plus lourd, outre les frais de main-d'œuvre et de machines, concernera sans doute le système de tuteurage. Le choix du matériel peut influencer massivement la durée de vie du vignoble, mais aussi les frais de revient actuels. Ainsi, il faut aujourd'hui compter des frais de matériel de l'ordre de Fr. 54 500.- pour l'établissement d'un hectare de vignoble à baguettes selon le système Guyot qui prédomine en Suisse alémanique.

Thierry Wins, Agroscope ACW Wädenswil

## Prévention de l'échaudure de la Maigold

Schweiz. Zeit. Obst- u. Weinbau **143** (17), 10-13, 2007

La Maigold représente 10 à 15% des stocks de pommes de table entreposés en Suisse et figure ainsi parmi les cinq premières variétés de pommes de notre pays. Malheureusement, elle est sensible à l'échaudure. Des essais d'entreposage menés par ACW durant les cinq dernières années ont montré qu'un traitement SmartFresh™ (MCP) effectué au bon stade de maturation parvenait à retarder fortement l'échaudure en chambre réfrigérée et en entrepôt AC, elle pouvait même être pratiquement évitée jusqu'au mois de juin. De plus, le MCP ralentit la perte de fermeté de la chair et la dégradation de l'acidité.

Ernst Höhn, Franz Gasser, Daniel Baumgartner, Séverine Gabioud, Werner Naunheim, Thomas Eppler, Agroscope ACW Wädenswil

## Fruits des sorbiers et baies appréciés par les distillateurs

Schweiz. Zeit. Obst- u. Weinbau **143** (14), 7-9, 2007

Les fruits des sorbiers appartiennent au groupe des fruits à pépins. Les buissons et arbres sauvages du groupe des sorbiers sont plantés en tant que plantes ornementales dans les jardins et les parcs, ainsi que sur les bords de route. Le sorbier des oiseleurs et l'alisier blanc sont des plus intéressants pour les distillateurs. Le sorbier domestique produit des fruits un peu plus gros et particulièrement sucrés, qui sont également utilisés dans la fabrication du cidre. Le distillat des fruits de l'alisier torminal est une spécialité très chère de la Basse-Autriche. Il existe des distillats aromatiques et typiques provenant du sureau noir, de la canneberge et des mini-kiwis.

Peter Dürr, Agroscope ACW Wädenswil

## Les petits fruits à noyaux recherchés pour la distillation

Schweiz. Zeit. Obst- u. Weinbau **143** (19), 7-9, 2007

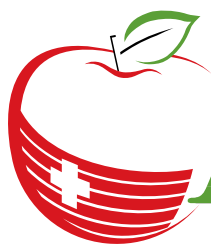
Le fruit à noyau est plaisant à distiller. Toutes les sortes de gros fruits à noyau sont distillées. Le petit fruit à noyau est particulièrement intéressant pour l'arôme et le rendement. Les ancêtres de nos cerises, pruneaux et prunes sont largement répandus dans la nature. La différenciation chez les fruits bleus est difficile. Il existe toutes les transitions depuis les pruneaux jusqu'aux pruneaux cultivés. Il en ressort plusieurs spécialités locales: les prunes de Löhr dans le Seeland bernois, les Bérudges dans les cantons de Fribourg et Neuchâtel et les Damassines dans le canton du Jura. Il faut un œil entraîné pour pouvoir différencier les fruits. Les arômes des distillats aussi sont similaires. Cela vient en partie du fait que ces fruits sont distillés avec le noyau.

Peter Dürr, Agroscope ACW Wädenswil

## Création ou rajeunissement de vignobles

Schweiz. Zeit. Obst- u. Weinbau **143** (17), 6-9, 2007

L'établissement de nouveaux vignobles et le rajeunissement de vignobles existants représentent des investissements considérables qui pèsent sur le compte d'exploitation du viticulteur. Tout propriétaire ou chef d'exploitation d'un vignoble est confronté à ce problème au moins



# AGROVINA



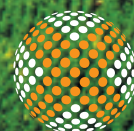
## INTERNATIONAL

Salon international de  
l'oenologie, viticulture,  
arboriculture et cultures  
spéciales

Internationale Fachmesse  
für Oenologie, Weinbau,  
Obstbau und  
Spezialkulturen

22-25 janvier 2008  
Martigny Suisse

[www.agrovina.com](http://www.agrovina.com)



**FVS**  
GROUP