



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
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 des 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 10⁶ 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), 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 x 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
h	+	+	139
h	+	-	64
h	-	+	4
h	-	-	59
H+	+	+	45
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

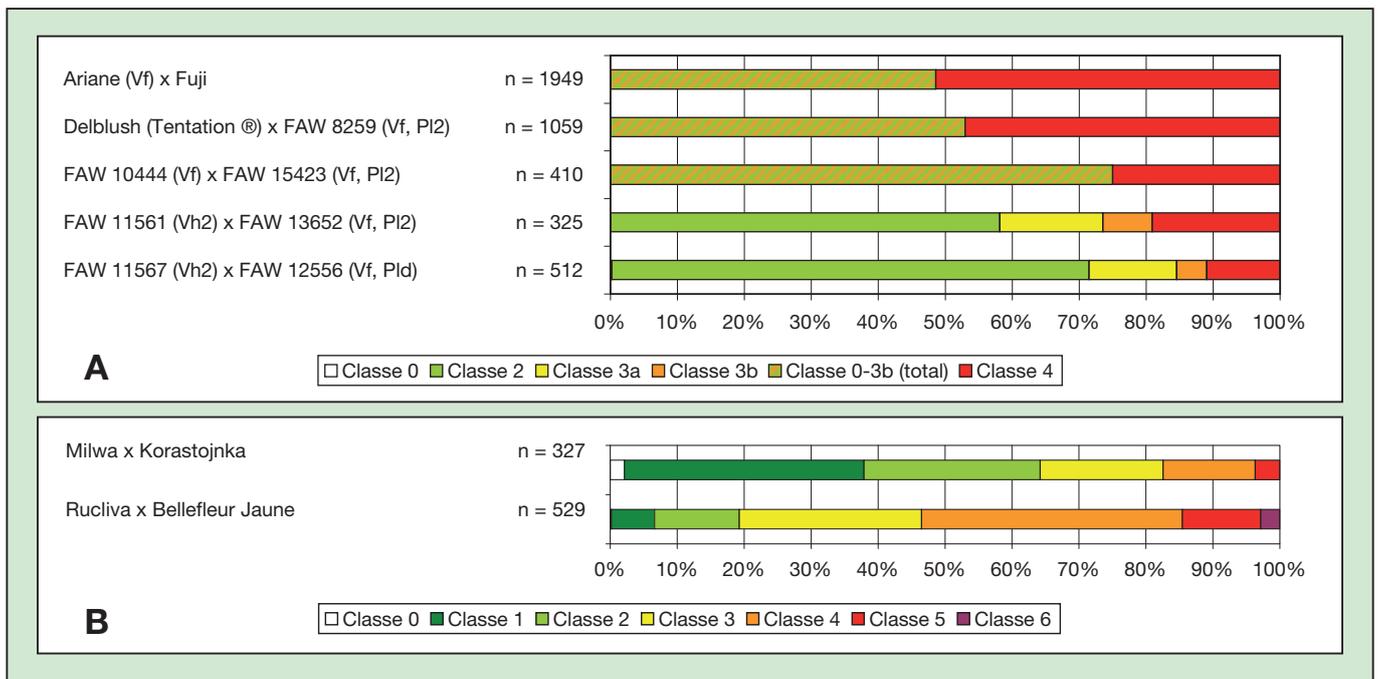


Fig. 5. Répartition des symptômes de tavelure en serre dans différentes classes de résistance (n = nombre de plantes). A: Résistances pléiotropiques selon Chevalier *et al.* (1991): 0 = pas de symptômes à 4 = sensibilité totale. **B:** Résistances polygéniques selon Lefrancq *et al.* (2004): 0 = pas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

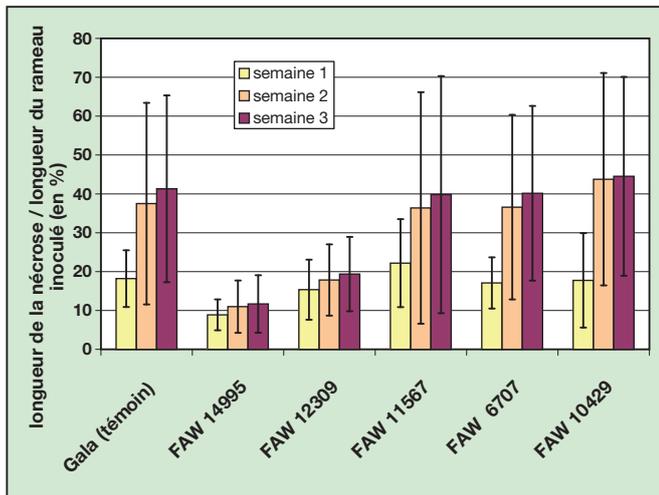


Fig. 6. Sensibilité au feu bactérien de sélections avancées par rapport au témoin Gala (test 2007).

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 tempéra-

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®).

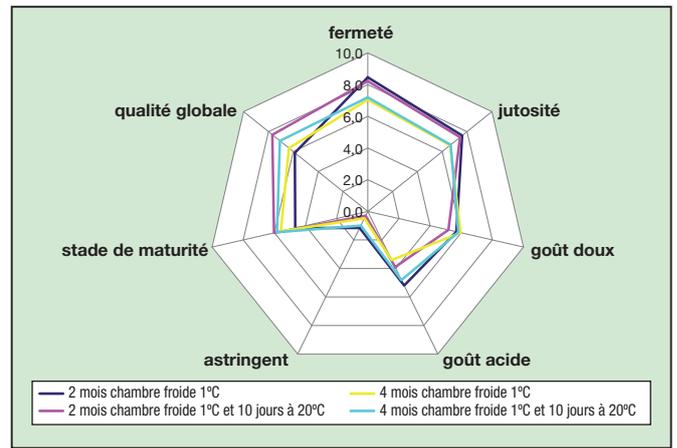


Fig. 7. Caractérisation sensorielle d'une sélection prometteuse d'ACW par un panel d'experts deux et quatre mois après la récolte (saison 2005-06). Entreposage en chambre froide normale (n = 13). Echelle: 0 = peu, 10 = beaucoup.



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), 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.