

Sélection des pommes: méthodes, résultats et chances pour l'arboriculture durable

Markus Kellerhals, Simone Schütz, Isabelle Baumgartner, Luzia Lussi, Romano Andreoli et Andrea Patocchi
Renseignements: Markus Kellerhals, e-mail: markus.kellerhals@agroscope.admin.ch



Grâce à la description des ressources génétiques fruitières suisses, des variétés intéressantes comme la «Wehntaler Hagapfel» peuvent être utilisés dans l'amélioration.

Introduction

La sélection des fruits à Agroscope aide à relever les défis présents et futurs liés à l'évolution de l'arboriculture vers des systèmes durables et résilients, de la production à la vente, dans le but d'obtenir des fruits haut de gamme et exempts de résidus. La sélection des pommes a une longue tradition à Wädenswil puisqu'elle a débuté en 1890, peu après la fondation de la station de recherche. Le programme est l'un des plus anciens en Europe. En 1953, Kobel, parlant de la sélection des pommes, déclarait:

«Les possibilités de combiner les caractères héréditaires présents chez les parents sont parfois incroyablement nombreuses. A Wädenswil par exemple, le croisement «Ontario» x «Jonathan» nous a permis d'obtenir toutes les modulations entre des fruits acidulés, doux-amers, uniquement doux ou amers, agréablement et désagréablement parfumés, de gros et petit calibre, de couleur blanche, jaune, verte et rouge, précoces et tardifs». Un des succès de la sélection des pommes à Wädenswil, tout

au moins en Suisse, a été la «Maigold», croisée en 1944 et commercialisée en 1964. Jusqu'à récemment, cette variété occupait le deuxième ou troisième rang dans les statistiques de culture des pommes de table en Suisse. Aujourd'hui, la variété Agroscope «Milwa» occupe une place importante en Suisse et sur la scène internationale et l'éventail des variétés résistantes aux maladies a été élargi, avec p. ex. la variété «Ladina», résistante à la tavelure et tolérante au feu bactérien. De nouvelles sélections sont en préparation pour répondre aux enjeux de la filière fruitière en ce qui concerne la réduction exigée de l'emploi des produits phytosanitaires, les conséquences de plus en plus marquées du changement climatique ainsi que les problématiques économiques. Les méthodes d'amélioration des pommes reposent sur l'amélioration classique par croisement et sur la sélection. Des techniques modernes de sélection moléculaire sont également utilisées. Celles-ci sont constamment adaptées aux nouveaux développements dans ce domaine. Actuellement, l'emploi des ressources génétiques fruitières suisses et internationales est une option, notamment en vue de l'extension et de la diversification de la base génétique.

Matériel et méthodes

Objectifs de la sélection des fruits

En matière de la sélection fruitière, les objectifs doivent être fixés à long terme. Ils sont toujours fonction des besoins du marché et de la chaîne de production dans son ensemble jusqu'aux consommateurs compris. Les objectifs fondamentaux sont les suivants:

- Qualité élevée des fruits
- Rendements bons et réguliers
- Résistance durable aux maladies

Ces objectifs peuvent être affinés et doivent être intégrés dans le contexte de production. En 1985, Agroscope a ajouté un critère à la sélection des pommes, celui de la «résistance durable aux maladies». Grâce à sa collaboration étroite avec l'Institut «East Malling» en Angleterre, Agroscope a pu avoir accès, pour les pommes et les poires, à du matériel végétal précieux, résistant aux maladies. Agroscope a également développé les échanges et la collaboration avec d'autres instituts en Europe et outre-mer ainsi qu'avec l'EPF de Zurich. Dans ce dernier cas, il s'agissait de développer les bases de la sélection moléculaire de variétés résistantes aux maladies.

Sélection: résistance, productivité et qualité

Entre 20 à 30 combinaisons de croisements de pommes sont réalisées chaque année pour différents projets. Elles

Résumé ■ La sélection des pommes d'Agroscope développe des variétés qui sont adaptées aux exigences actuelles et futures, à savoir la production résiliente et la commercialisation des fruits. Les dernières découvertes sont immédiatement appliquées aux méthodes de sélection pour rendre celle-ci aussi efficace que possible. La recherche sur la sélection d'Agroscope, la collaboration avec la chaire de Sélection végétale de l'EPF de Zurich et la large mise en réseau internationale permettent une sélection moderne et efficace. Les variétés développées sont d'une part des variétés qui doivent pouvoir s'imposer sur le marché mondial et d'autre part des variétés qui répondent à des besoins spécifiques, comme les variétés destinées à la production fruitière biologique. Les nouvelles sélections appropriées, qui apportent à la fois les propriétés souhaitées pour l'arbre et le fruit, sont testées parallèlement pour l'utilisation comme arbres haute-tige.

débouchent sur environ 12000 pépins respectivement plants. Le spectre des parents utilisés pour le croisement comprend des numéros de sélection propres avec des propriétés précieuses, des variétés internationales, des variétés anciennes, adaptées aux conditions locales ainsi que des pommiers sauvages connus pour leurs résistances spécifiques. La sélection des semis commence peu après la germination par un screening en serre pour détecter la principale maladie fongique, la tavelure du pommier (*Venturia inaequalis*), suivi d'analyses moléculaires de critères donnés sur des descendants sélectionnés. Seules les plantes résistantes à la tavelure seront placées dans des pots à l'extérieur, au milieu du mois de mai, environ quatre mois après le semis. A l'automne, les plantules les plus résistantes à l'oïdium (*Podosphaera leucotricha*) et à la chute des feuilles (*Marssonina coronaria*) et les plus vigoureuses sont sélectionnées pour la première phase de test. Par descendant, un arbre est produit. La sélection se poursuit au fil de plusieurs phases de test (A–C) avec un nombre croissant d'arbres et débouchera finalement, si les résultats sont favorables, sur une nouvelle variété. Les phases de test A à C mettent la productivité et la qualité des fruits en avant dans la sélection. 30 000 à 50 000 pépins sont nécessaires au départ pour obtenir une nouvelle variété susceptible d'être commercialisée.

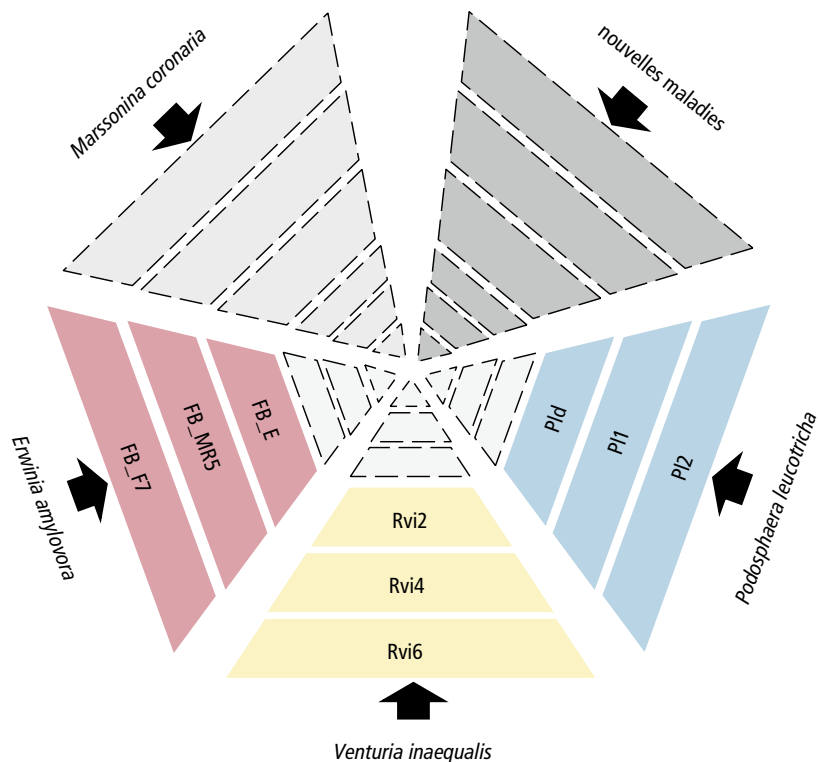


Figure 1 | Pyramidage de résistances contre les mêmes agents pathogènes. La combinaison des pyramides crée des génotypes possédant une résistance durable contre plusieurs agents pathogènes.

Résistance au feu bactérien

La sélection de la résistance au feu bactérien a été intensifiée, car cette maladie bactérienne se propage de plus en plus et est difficile à endiguer. Le projet «Ensemble contre le feu bactérien» englobe actuellement toutes les activités de recherche fondamentale et appliquée sur le feu bactérien en Suisse. Le but de ce projet est d'étudier et de développer, avec tous les acteurs impliqués, les mesures directes et indirectes qui permettront d'aboutir à une gestion efficace du feu bactérien. Des informations détaillées sur le projet et ses différents partenaires sont réunies sous www.feuerbrand.ch, rubrique «Projets».

Le projet-cadre s'appuie sur les prestations d'Agroscope, mais bénéficie également du soutien financier de l'Office fédéral de l'agriculture OFAG, de Fruit-Union Suisse FUS, du canton d'Argovie et de la société VariCom Sàrl. Dans le module 3 du projet «Mesures indirectes», des plants ont été testés sous serres sécurisées. Il s'agit d'étudier la sensibilité de génotypes et de variétés sélectionnés après infection artificielle des pousses avec la bactérie responsable du feu bactérien, *Erwinia amylovora*. Dans ce module, l'éventail des activités va des nouveaux croisements aux tests des pousses en passant par le test de la sensibilité des fleurs dans la parcelle sécurisée au centre des fruits à noyau de Breitenhof sans oublier

l'examen de nouvelles technologies de sélection comme la méthode d'anticipation de la floraison (Early Flowering, Le Roux *et al.* 2012) et la cisgénèse (Kost *et al.* 2015). Actuellement, un essai de terrain est en cours avec une lignée de pommiers cisgéniques résistants au feu bactérien sur le site protégé d'Agroscope à Reckenholz.

Sélection moléculaire

Les progrès de la biologie moléculaire servent de plus en plus à l'amélioration des pommes. Des marqueurs moléculaires développés par l'équipe du Prof. C. Gessler de l'EPF de Zurich, par d'autres instituts en Europe ainsi que par Agroscope sont utilisés pour la sélection. Le réseau de collaboration a pu être exploité pour différents projets européens comme EAGMAP (European Apple Genome Mapping Project), DARE (résistance durable des pommes en Europe), HiDRAS (variétés de pommes de première qualité résistantes aux maladies pour une agriculture durable) et dans le projet le plus récent FruitBreedomics (www.fruitbreedomics.org), qui a été achevé en 2015. Le programme de sélection de Wädenswil a utilisé ces méthodes notamment pour développer des variétés possédant ce que l'on appelle une résistance pyramidée au champignon de la tavelure. La variété ne possède pas un seul gène de résistance comme le gène de résistance

à la tavelure *Vf-(Rvi6)* provenant de *Malus floribunda* 821, mais possède différents gènes de résistance à cette maladie pyramidés dans un même génotype. Pour identifier ce pyramidage de gènes contre une maladie et la combinaison de résistances à différentes maladies dans un semis de pommiers, les chercheurs-euses utilisent des marqueurs moléculaires (Baumgartner *et al.* 2015). Pour la résistance au feu bactérien et à l'oïdium, l'approche est semblable. Il est à présent question de développer la méthode pour la maladie de la chute des feuilles *Marssonina coronaria*. La figure 1 présente le concept de sélection des résistances de manière schématique.

Utilisation des ressources génétiques des pommes dans la sélection

Les ressources génétiques des pommes sont un réservoir précieux de caractéristiques, parfait pour élargir les bases génétiques dans la sélection. Ces dernières années, sur mandat de l'association Fructus et grâce au financement de l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG), la diversité des ressources génétiques fruitières en Suisse a fait l'objet d'un inventaire, d'une description phénotypique et d'analyses moléculaires à la recherche des différences et des singularités (Gassmann *et al.* 2016) dans le cadre de différents projets du Plan d'action national pour la conservation et l'utilisation durable des ressources phylogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture (PAN-RPGAA).

Résultats et discussion

L'amélioration des pommes à Agroscope a permis de développer différentes variétés à succès ces dernières années. Elles ont pu être lancées sur le marché en collaboration avec la société VariCom Sàrl (www.varicom.ch). La variété «Milwa» a obtenu une importance considérable sur le plan national et international. En Suisse, elle est commercialisée sous la marque «Diwa®». En Europe, «Milwa» est une variété de club qui porte le nom de «Junami®». D'importantes surfaces se trouvent non seulement en Suisse, mais aussi aux Pays-Bas et dans le Nord de l'Allemagne (région du «vieux pays» près de Hambourg). «Milwa» est appréciée pour sa belle apparence, ses qualités gustatives, sa durée de conservation et sa faible sensibilité au chancre, ce qui est un avantage particulièrement important, surtout dans les régions productrices du Nord. Les producteurs de ces régions se félicitent également que la date de récolte de cette variété précède de peu celle de la Golden Delicious, car les variétés tardives comme Fuji ou Cripps Pink (Pink Lady®) ne peuvent pas y être cultivées. La variété «Rustica» porteuse du gène de résistance *Vf-(Rvi6)* à la tavelure, a été lancée spécialement pour répondre aux besoins de l'agriculture biologique. Avec cette variété, la charge en fruits s'éclaircit en grande partie d'elle-même. Elle a toutefois un handicap: sa sensibilité au feu bactérien. Sur ce plan, la variété «Ladina» est mieux armée, elle est peu

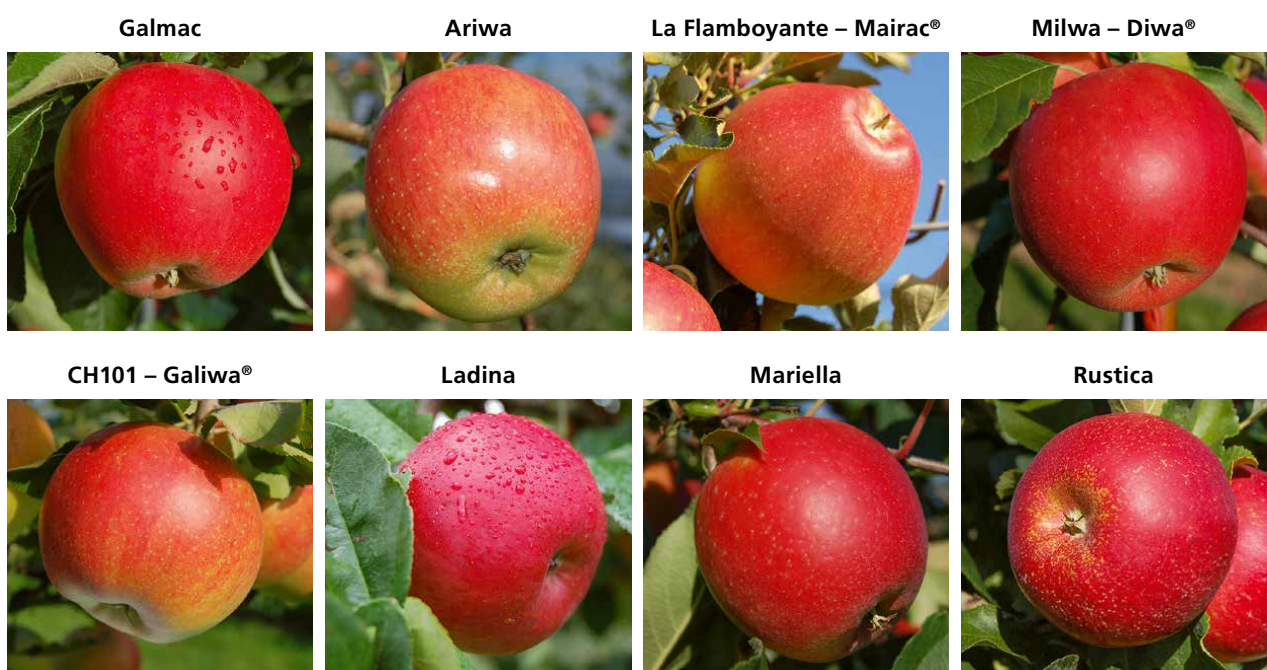


Figure 2 | Variétés de pommes développées par Agroscope.

sensible au feu bactérien et elle est aussi porteuse du gène de résistance *Rvi6* à la tavelure. Le fruit convainc par sa couleur d'un rouge profond, sa chair croquante et juteuse et son arôme légèrement exotique qui rappelle le litchi ou la pêche (Brugger 2012).

Variétés actuelles du programme d'Agroscope (fig. 2)

- Galmac (Jerseymac × Gala), croisement 1986 à Conthey, commercialisation 1996
- Ariwa (Golden Delicious × A 814–9) avec gènes de résistance *Rvi6* à la tavelure et *P11* à l'oïdium, croisement 1986, commercialisation 1996
- La Flamboyante-Mairac® (Gala × Maigold), croisement 1986 à Conthey, commercialisation 2002
- Milwa-Diwa® (Idared × Maigold) × Elstar, croisement 1982, commercialisation 2002
- CH101-Galiwa® (Gala × K1R20A44), croisement 1992, commercialisation 2011, gène de résistance *Rvi6* à la tavelure
- Ladina (Topaz × Fuji), croisement 1999, commercialisation 2012, gène de résistance *Rvi6* à la tavelure, résistante au feu bactérien
- Mariella (Arlet × Maigold), croisement 1982, commercialisation 2014
- Rustica (La Flamboyante × H 23–10), croisement 1994, commercialisation 2015, gène de résistance *Rvi6* à la tavelure

Variétés pour une culture durable et résiliente

Les génotypes développés dans le cadre des projets de sélection de variétés de fruits résistantes au feu bactérien «ZUEFOS» (2008–2011) et «ZUEFOS II» (2012–2013) possèdent des gènes de résistance au feu bactérien issus des pommiers sauvages *Malus × robusta* 5 (MR5) et «Evereste». Dans le projet «Ensemble contre le feu bactérien», ils sont actuellement intégrés dans le processus «Fast Track» afin d'obtenir le plus rapidement possible des variétés aptes à être commercialisées (Kellerhals et al. 2014). Le temps de génération, c'est-à-dire la période comprise entre le semis et l'apparition des premières fleurs, dure normalement de 4 à 5 ans pour les pommes. Avec la méthode «FastTrack», cette période a été réduite à environ deux ans et demi grâce à de bonnes conditions de croissance en serre et à une simulation artificielle de l'hiver. Au printemps 2016, des tests au feu bactérien ont été réalisés en serre sécurisée avec des génotypes de la deuxième et de la troisième génération «FastTrack». Deux plantes de la quatrième génération possédant le gène de résistance FB_MR5 issu de MR5 fleurissent déjà en deuxième année, l'une d'elle ayant pu être pollinisée avec succès.

Les nouvelles obtentions d'Agroscope qui se révèlent intéressantes dans la sélection font l'objet de tests qui permettent de déterminer la sensibilité de leurs pousses au feu bactérien (Kellerhals et al. 2014). De plus, la sensibilité des fleurs de différentes sélections est testée dans la parcelle sécurisée en plein champ au centre Agroscope des fruits à noyau de Breitenhof. Ce test est particulièrement complexe et par conséquent onéreux. Il est néanmoins souhaitable pour pouvoir recommander une variété en toute sécurité. Afin de mettre le plus rapidement possible à disposition de la production fruitière des variétés résistantes au feu bactérien, des variétés et des numéros de sélection tolérants au feu bactérien ont été mis en place dans des vergers pilotes en 2010 et 2011 sur les sites de Wädenswil (ZH), Conthey (VS), Güttingen (TG) et Morges (VD). Les résultats de deux parcelles d'essai concernant les propriétés de l'arbre, la résistance à la maladie, la récolte, l'entreposage ainsi que la qualité des fruits ont été publiés (Klein et al. 2016a). «Ladina», la variété Agroscope tolérante au feu bactérien et porteuse du gène *Rvi6* de résistance à la tavelure a donné des résultats intéressants: des rendements bons et réguliers, une bonne coloration et un bon calibre du fruit de même que de remarquables caractéristiques à la consommation. Des dommages physiologiques ont toutefois été constatés après un entreposage de longue durée. Ils se sont manifestés par des taches sur la peau du fruit. Par conséquent, dans un premier temps, il est recommandé de ne conserver les fruits que jusqu'en janvier.

La création de variétés de pommes de première qualité présentant une résistance durable aux maladies se poursuit. Différents cas de contournement de résistances dans la pratique, notamment avec le gène *Vf-(Rvi6)* de résistance à la tavelure, montrent que la stratégie de combinaison des résistances (pyramidage) qu'Agroscope applique depuis plusieurs années peut être une approche prometteuse, mais doit également être examinée d'un œil critique. McDonald et Linde (2002) ont déjà montré que la sélection des résistances devrait tenir compte du contexte de développement des différents pathogènes, de leur mode de multiplication, de la fréquence des mutations, du mécanisme de multiplication, etc. Il est donc nécessaire de trouver des stratégies de management adaptées dans les cultures pour intégrer la résistance de l'hôte et la situation des agents pathogènes.

Pour relever le défi, la sélection doit poursuivre le développement et la diversification de la base de résistance en se servant également des ressources génétiques fruitières de la Suisse comme d'une source précieuse de propriétés de résistance.

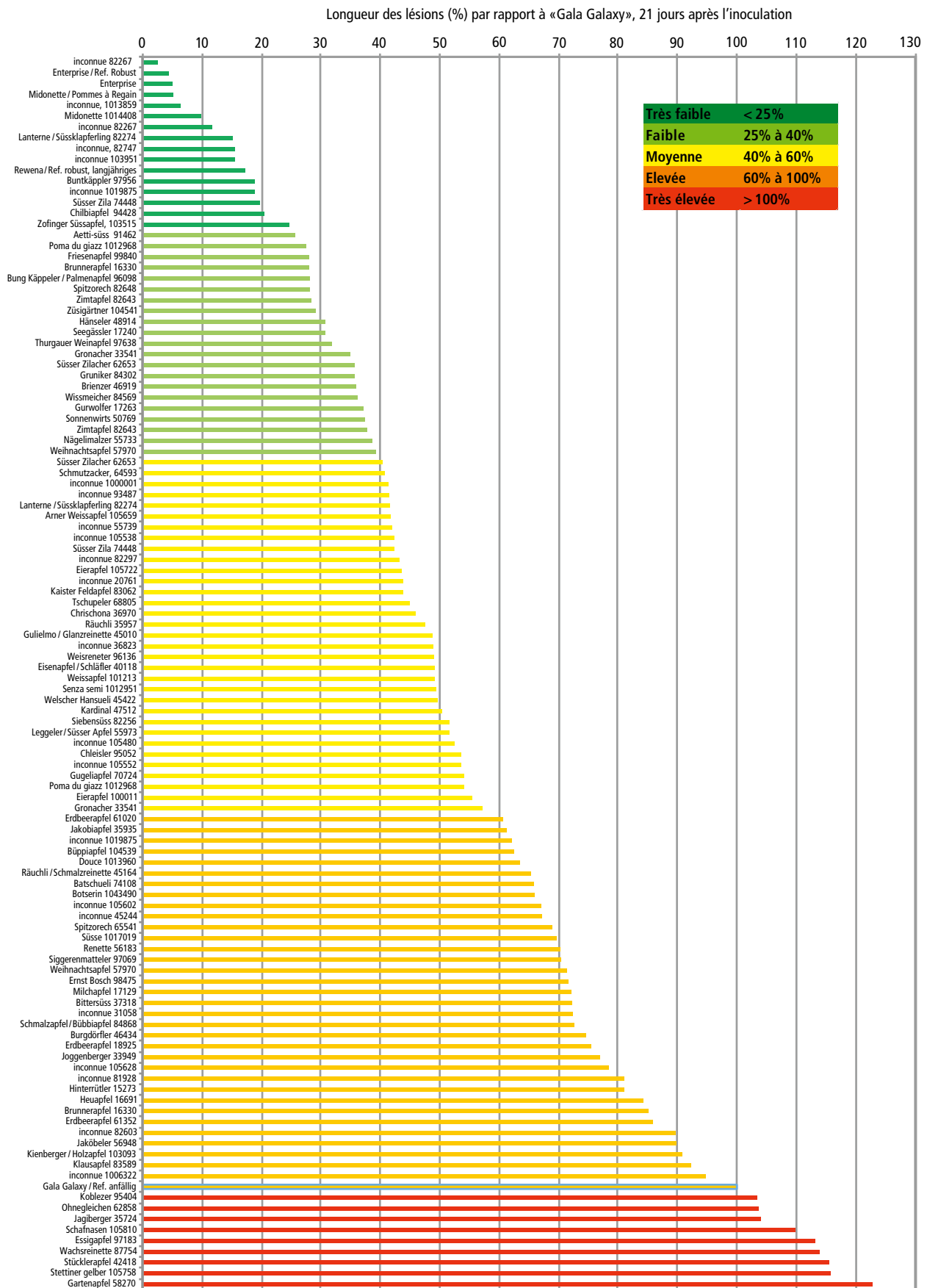


Figure 3 | Analyse de ressources génétiques des pommes suisses en serre sécurisée sur la sensibilité des pousses au feu bactérien et répartition des résultats en catégories de sensibilité.

Utilisation des ressources génétiques pour la sélection

La description des ressources génétiques des pommes suisses et tout particulièrement l'analyse moléculaire des accessions inventoriées a permis de définir 1300 profils génétiques différents (Bühlmann *et al.* 2015). Ces dernières années, 600 accessions ont été extraites du pool contenant les ressources génétiques des pommes suisses et ont été testées pour leur résistance à la tavelure et à l'oïdium dans une parcelle non traitée par des fongicides à Horgen (ZH). Parallèlement, la résistance au feu bactérien a également été déterminée sur les pousses d'accessions sélectionnées. La figure 3 présente les résultats d'un test des pousses des ressources génétiques des pommes au feu bactérien dans la serre sécurisée d'Agroscope. On constate qu'elles couvrent un large spectre allant d'une forte tolérance à une sensibilité élevée. Ces résultats indiquent la sensibilité des pousses. Pour une classification intégrale de la sensibilité au feu bactérien d'une variété, il faut aussi considérer la sensibilité des fleurs.

Les 100 variétés les plus prometteuses issues de l'essai désormais achevé ont été évaluées en 2015/16 sur le plan de la qualité des fruits et de l'aptitude au stockage. Les résultats ont ensuite été complétés avec les dernières données du test des pousses au feu bactérien et ont permis de définir 30 variétés de premier plan qui ont déjà été intégrées à un projet plus approfondi sur la sélection biologique (projet PAN-RPGAA du FiBL, d'Agroscope et de PomaCulta). En 2016, trois des 30 meilleures variétés ont à leur tour été croisées dans le programme de sélection des pommes d'Agroscope. Il s'agissait des variétés «Schorrenapfel», «Wehntaler Hagapfel» et «Heimhofer». La résistance à la tavelure des descendants de ces croisements a été testée au printemps 2017. Les variétés résistantes seront intégrées au programme de sélection.

Candidats pour les arbres haute-tige

La sélection des pommes d'Agroscope a également pour but de développer des variétés résistantes aux maladies et adaptées à la culture haute-tige pour la production de fruits destinés à la fabrication de jus de pommes et de cidre (Klein *et al.* 2016b). Les candidats adéquats sont testés afin de déterminer leur résistance au feu bactérien, à la tavelure, à l'oïdium et à la nouvelle maladie de la chute des feuilles causées par *Marssonina coronaria*.

Les échantillons de fruits sont pressés, puis étudiés sur le plan sensoriel et analytique. Ces essais ont lieu dans

le cadre des projets réunis sous la bannière «Ensemble contre le feu bactérien». Les candidats ont été greffés en haute-tige en collaboration avec les services d'arboriculture des cantons de Zurich et de Saint-Gall. Les numéros de sélection doivent présenter une excellente qualité de jus. Ces critères sont remplis notamment par «ACW 12556», «ACW 13490» et «ACW 15097» (Klein *et al.* 2016b). Le matériel de multiplication de ces sélections est déjà disponible sans virus et convient parfaitement pour faire de plus amples expériences dans la pratique.

Conclusions

La sélection des pommes d'Agroscope développe des variétés qui sont adaptées aux exigences actuelles et futures, à savoir la production résiliente de fruits et la commercialisation. Les dernières découvertes sont immédiatement appliquées aux méthodes de sélection pour rendre cette dernière plus efficace et plus ciblée. La recherche sur la sélection d'Agroscope, la collaboration avec la chaire de Sélection végétale de l'EPF de Zurich et la large mise en réseau internationale permettent une sélection moderne et efficace. Les variétés développées sont d'une part des variétés qui doivent pouvoir s'imposer sur le marché mondial et, d'autre part, des variétés qui répondent à des besoins spécifiques. C'est le cas par exemple des variétés destinées à la production fruitière biologique. Afin d'élargir la base génétique et de tirer parti de propriétés précieuses, les chercheurs-euses emploient également les ressources génétiques des pommes suisses et internationales qui sont de plus en plus caractérisées. Les nouvelles sélections appropriées, qui apportent à la fois les propriétés souhaitées pour l'arbre et le fruit, sont développées pour l'utilisation comme arbres haute-tige et la production de jus.

Les conditions sont réunies pour qu'à l'avenir également les chercheurs-euses puissent travailler avec les méthodes de sélection les plus modernes et les plus efficaces. La nouvelle chaire de Sélection végétale moléculaire soutenue par Agroscope et l'EPF de Zurich, ouvre des perspectives intéressantes sur ce plan. ■

Remerciements

Nous remercions l'Office fédéral de l'agriculture et la Fruit-Union Suisse pour leur soutien financier.

Riassunto

Selezione del melo di Agroscope: metodi, risultati e opportunità per una frutticoltura sostenibile

Agroscope seleziona nuove varietà di melo in grado di rispondere alle esigenze attuali e future di una frutticoltura resiliente. La selezione avviene applicando tecniche adattate costantemente ai nuovi sviluppi del settore al fine di incrementarne l'efficienza. La selezione moderna ed efficiente di nuove varietà di melo è possibile grazie alla ricerca effettuata presso Agroscope e alla collaborazione con la cattedra di miglioramento genetico vegetale del Politecnico federale di Zurigo e con altri partner internazionali. Se da una parte vengono selezionate varietà adatte per imporsi sul mercato mondiale, dall'altra ne vengono selezionate altre che rispondono a necessità specifiche, per esempio quelle della produzione biologica. Nel contempo, le nuove varietà che mostrano caratteristiche promettenti della pianta e del frutto sono anche testate per la coltivazione di alberi da frutto ad alto fusto.

Summary

Agroscope apple breeding: methods, results and opportunities for sustainable fruit production

Agroscope apple breeding develops new varieties adapted to the current and future requirements of resilient fruit production. The latest developments in breeding methodology are constantly implemented in order to streamline selection as much as possible. Breeding research at Agroscope, our collaboration with the Chair in Plant Breeding at ETH Zürich and international networking allow for modern and efficient breeding. Two categories of varieties are being developed: those intended for the world market, and those that are able to cover specific requirements, such as varieties for organic cultivation. At the same time, new cultivars with the desired tree and fruit characteristics are being tested for apple production on standard trees.

Key words: apple breeding, molecular markers, disease resistance, fruit genetic resources, sustainability.

Bibliographie

- Baumgartner I.O., A. Patocchi, J.E. Frey, A. Peil & Kellerhals M., 2015. Breeding Elite Lines of Apple Carrying Pyramided Homozygous Resistance Genes Against Apple Scab and Resistance Against Powdery Mildew and Fire Blight. DOI 10.1007/s11105-015-0858-x. *Plant Molecular Biology Reporter*.
- Brugger C., 2012. Geschmacksbegegnungen Apfel. Cucina e Libri, Zurich, 45 p.
- Bühlmann A., Gassmann J., Ingenfeld A., Hunziker K., Kellerhals M. & Frey J.E. 2015. Molecular Characterisation of the Swiss Fruit Genetic Resources. *Erwerbsobstbau* **57**, 29–34 Gassmann J. & Andreoli R., 2016. Schweizer Apfelsortenvielfalt. *Schweiz. Z. Obst- und Weinbau* **22**, 8–11.
- Kellerhals M., Schütz S., Baumgartner I.O., Schaad J., Kost T., Broggini G. & Patocchi A., 2014. Züchtung feuerbrandrobuster Apfelsorten. *Agrarforschung* **5**, 414–421.
- Klein N., Schütz S., Lussi L., Perren S., Schmid M. & Kellerhals M., 2016a. Krankheitsrobuste Apfelsorten *Schweiz. Z. Obst- und Weinbau*, **152** (3), 8–12.
- Klein N., Lussi L., Schütz S., Baumgartner D., Bühlmann A. & Kellerhals M., 2016b. Feuerbrandrobuste Hochstammkandidaten aus der Apfel-Züchtung. *Schweiz. Z. Obst- und Weinbau*, **152** (10), 8–13.
- Kobel F., 1953. Die Züchtung neuer Obstsorten. Tiré à part de «Schweizer Garten», **11**, Nov. 1953.
- Kost T.D., Gessler C., Jänsch M., Flachowsky H., Patocchi A. & Broggini G.A.L., 2015. Development of the First Cisgenic Apple with Increased Resistance to Fire Blight. *PLoS ONE* **10** (12): e0143980. doi:10.1371/journal.pone.0143980
- Le Roux P.-M., Flachowsky H., Hanke M.-V., Gessler C. & Patocchi A., 2012. Use of a transgenic early flowering approach in apple (*Malus × domestica* Borkh.) to introgress fire blight resistance from Evereste. *Molecular Breeding*, **30**, (2), 857–874.
- McDonald B. & Linde C., 2002. The population genetics of plant pathogens and breeding strategies for durable resistance. *Euphytica* **124**, 163–180.