



Plum Regal

### La résistance au mildiou chez la tomate — avancées récentes de la sélection

Laurent Minet, Ingénieur de projet Hortiforum asbl  
— Centre technique horticole de Gembloux

Tous les jardiniers qui se sont essayés à la culture de la tomate le savent, leur pire ennemi est le mildiou causé par l'oomycète (« champignon ») *Phytophthora infestans*. Ce parasite, qui s'attaque également à la pomme de terre, est, comme les ancêtres de ses plantes-hôtes, issu du continent américain, probablement du Mexique.

Si les tomates et pommes de terre ont traversé l'Atlantique peu après la découverte des Amériques, le mildiou n'est arrivé en Europe qu'en 1845, après avoir ravagé les Etats-Unis entre 1843 et 1844. Il a même précisément fait le voyage dans une cargaison de plants de pommes de terre commandés aux USA par des fermiers belges ! Les cultures de la pomme de terre et de la tomate, qui ne présentaient guère de difficultés jusque-là, sont devenues en quelques années beaucoup plus compliquées, au moins jusqu'à l'application des premiers traitements fongicides efficaces (les bouillies bordelaises ou cupriques, puis les fongicides organiques).

Malheureusement, la situation s'est à nouveau aggravée à la fin du XX<sup>ème</sup> siècle, lorsque de nouvelles souches de mildiou ont envahi l'Europe, toujours au départ des USA. Jusque-là, un seul « type sexuel » du parasite existait en Europe (type A1), ce qui empêchait de fait la reproduction sexuée du mildiou, qui se répandait de culture en culture et d'année en année, uniquement par voie clonale, ce qui limitait très fortement sa variabilité génétique. Ceci supprimait quasi totalement les possibilités de résistance du mildiou aux fongicides, ainsi que sa capacité à contourner les résistances de certaines variétés de tomates et pommes de terre.

Lorsqu'un nouveau type sexuel, A2, s'est répandu en-dehors du Mexique dans les années 1970-80, de nombreux fongicides jusque-là efficaces ont perdu leur utilité. Des variétés de tomates/pommes de terre, considérées comme résistantes, ont ainsi perdu leur ca-

pacité à lutter contre le mildiou.

En effet, ce dernier, via les recombinaisons génétiques générées par la reproduction sexuée entre les types A1 et A2, a acquis une grande variabilité et capacité à s'adapter aux fongicides ou gènes de résistance chez ses plantes-hôtes. Dès lors, il est devenu encore plus difficile à combattre.

*Phytophthora infestans* ayant co-évolué avec ses plantes hôtes dans le milieu naturel, il est normal que ces plantes aient développé des mécanismes leur permettant d'éviter la destruction totale par la maladie.

C'est donc chez d'anciens cultivars de tomates, voire chez des espèces sauvages de *Solanum* proches de *S. lycopersicum* (tomate) et *S. tuberosum* (pomme de terre) qu'on a identifié des gènes de résistance, d'une efficacité variable et dépendant des souches de mildiou présentes.

En ce qui concerne la tomate, ces gènes se répartissent en deux catégories :

- Les QTL (Quantitative Trait Loci), d'une efficacité moyenne et assez compliqués à transférer dans des cultivars commerciaux de manière efficace par croisements classiques car ils impliquent plusieurs gènes. Ils sont par contre très peu sensibles au contournement par de nouvelles souches de mildiou, ils confèrent donc une résistance très durable, qualifiée de « résistance horizontale ».
- Les gènes de résistance spécifique, nommés Ph-1, Ph-2, Ph-3, Ph-4, Ph-5.1 & Ph-5.2 chez la tomate, dans l'ordre chronologique de leur découverte. Ces gènes confèrent une résistance quasi-totale à certaines souches de mildiou, mais aucune résistance à d'autres souches. Ce sont actuellement ces gènes, conférant une « résistance verticale » qui sont utilisés dans la création de cultivars commerciaux de tomates résistants au mildiou, par croi-

sements entre des cultivars « primitifs », ou des espèces sauvages, et des cultivars modernes.

L'inconvénient de la résistance verticale est que, lorsqu'un cultivar porteur d'un gène de résistance donné est cultivé en présence du pathogène, les souches de mildiou contre lesquelles le gène est efficace sont progressivement remplacées par d'autres souches qui ont la capacité de contourner cette résistance, rendant obsolètes le gène et les cultivars qui le portent. Il est impossible de prévoir combien de temps un gène de résistance va « tenir » face à l'évolution du pathogène. C'est pourquoi les sélectionneurs sont sans cesse à la recherche de nouveaux gènes en prévision du remplacement inévitable de ceux actuellement utilisés.



Mountain Magic F1



# CONSEILS TECHNIQUES

## CONSEIL TECHNIQUE DE SAISON



C'est ainsi que le premier gène Ph-1, découvert dans les années 40, est devenu inefficace avant les années 60, lorsque le gène Ph-2 a été identifié et introduit dans des variétés commerciales. Ce gène ne confère pas une résistance totale et est actuellement contourné par la plupart des souches de mildiou. Depuis les années 1990-2000, c'est le gène Ph-3 qui a pris le relais. Ce dernier gène, particulièrement en combinaison avec Ph-2, confère encore actuellement une très bonne résistance contre les souches de mildiou les plus courantes aux Etats-Unis et en Europe. Toutefois, une souche du pathogène capable de le contourner a été mise en évidence peu de temps après le début de son incorporation à des cultivars commerciaux. Les derniers gènes identifiés, Ph-4, Ph-5.1 & Ph-5.2, sont encore en cours d'introduction dans des lignées commerciales. Ils viendront en renfort des gènes Ph-2 et Ph-3 actuellement utilisés avec succès dans la plupart des variétés commerciales résistantes au mildiou.

Il est cependant important de bien réaliser que, même en cas de résistance dite « totale », les plants peuvent présenter quelques lésions de petite taille, de même que certains fruits peuvent être tachés en toute fin de saison. En effet, le mécanisme de résistance verticale au mildiou implique une réaction d'hypersensibilité : les zoospores de *Phytophthora*, en germant à la surface d'une plante dite résistante, vont induire des mécanismes de défense qui vont aboutir *in fine* à l'isolement du parasite, par la nécrose des tissus immédiatement adjacents au point d'entrée. Les lésions existent donc bien, mais ne se développent pratiquement pas et ne compromettent en rien la production.

L'identification et l'introduction de gènes de résistance dans des cultivars aux bonnes performances agronomiques sont des processus longs, accompagnés aujourd'hui de l'utilisation de marqueurs moléculaires permettant une identification plus rapide et fiable des combinaisons génétiques intéressantes tout au long de la sélection. Il n'est dès lors pas étonnant que les firmes semencières ou laboratoires académiques qui ont fait cet investissement s'assurent un certain retour financier en ne mettant sur le marché que des cultivars hybrides F1, dont les lignées parentales sont soit tenues secrètes, soit connues mais disponibles uniquement sous contrat de confidentialité/non-diffusion à des tiers.



# CONSEILS TECHNIQUES

## CONSEIL TECHNIQUE DE SAISON

Il est bien sûr tout à fait possible, par dés-hybridation des F1 commercialisés, d'obtenir de nouvelles lignées stables et résistantes au mildiou, mais cela se fera très probablement aux dépens d'autres qualités de l'hybride F1 d'origine (vigueur, productivité, qualités gustatives, résistance à d'autres maladies, ...). Ces lignées stabilisées devraient plutôt être considérées comme de nouveaux parents pour recréer des hybrides F1 en les croisant avec d'autres lignées qui pourront apporter leur bagage de caractères intéressants, réunis dans l'hybride.

Au CTH, nous avons ainsi dés hybridé (F5 en 2016) les cultivars 'Philona F1' et 'Philovita F1', avec un résultat très satisfaisant pour la

résistance au mildiou, mais une productivité très affaiblie (calibre très faible pour la cerise 'Philovita F5'), un goût et une texture proches du carton ('Philona F5', mais la F1 n'est franchement pas terrible non plus !) ou une forte amertume ('Philovita F5'). Nous espérons, en les croisant avec d'autres cultivars savoureux, obtenir dans le futur des hybrides de bonne résistance et de qualité gustative acceptable.

Le jardinier amateur ou, encore plus, le producteur professionnel, qui souhaiterait installer une culture de tomates en plein air et sans traitements contre les maladies cryptogamiques et particulièrement le mildiou, aura intérêt à utiliser les lignées hybrides commercialisées depuis quelques années et qui

commencent à faire leurs preuves comme le montrent les essais réalisés au CTH depuis 2012 (voir tableau récapitulatif et graphique en fin d'article).

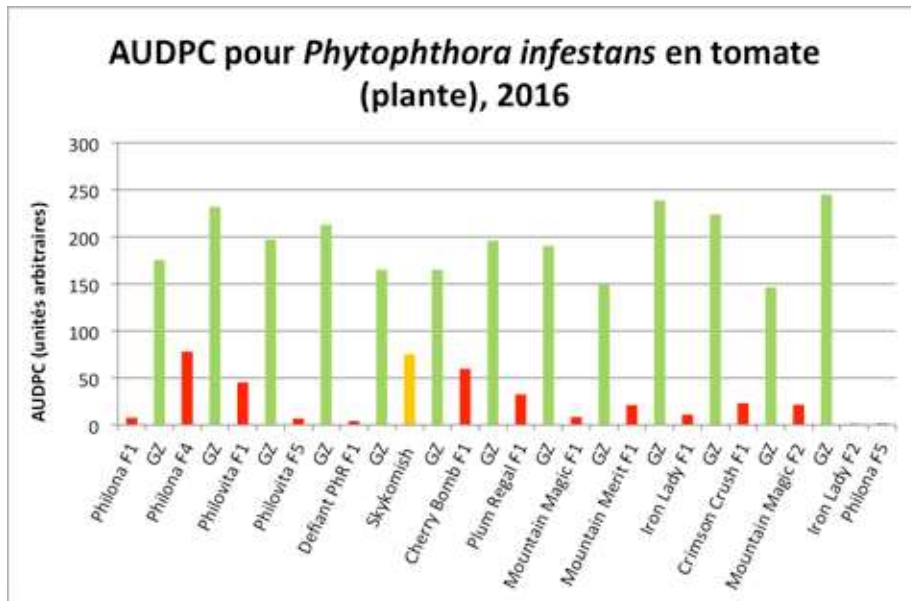
Parmi ces cultivars, nous avons déjà cité 'Philona F1' et 'Philovita F1' (de Ruitter). Ces deux hybrides sont probablement les premiers à avoir été mis sur le marché en Europe. Ils sont pourvus d'une très bonne résistance au mildiou. L'origine de cette résistance n'est pas communiquée par de Ruitter et pourrait être différente de la « combinaison gagnante » Ph-2 + Ph-3 : en 2013, 'Philovita F1' a souffert de forts dégâts de mildiou, alors que 'Philona F1' restait largement épargnée.

Quoi qu'il en soit, ces deux cultivars sont à



# CONSEILS TECHNIQUES

## CONSEIL TECHNIQUE DE SAISON



notre avis un médiocre choix puisque les semences sont peu disponibles, coûteuses ('Philovita F1' : plus de 600€ les 1.000 graines, 1€ la graine dans le commerce de détail !), et la qualité gustative de 'Philona F1' est à peine passable. La cerise 'Philovita F1' est quant à elle très agréable en bouche, pourvu qu'elle soit cueillie bien mûre, stade auquel elle a tendance à éclater, surtout après une pluie, comme c'est le cas pour la plupart des tomates cerises.

Toutes les autres variétés testées avec succès en 2014 & 2016 sont des obtentions américaines (avec une exception originaire d'Angleterre).

Parmi celles-ci, on ne retiendra probablement pas les cultivars à croissance déterminée ('Mountain Merit F1', 'Iron Lady F1', 'Defiant PhR F1', 'Plum Regal F1'), difficiles à palisser et tailler, et plus adaptés à la culture à plat sans support. Cependant, si l'on voulait se risquer à ce genre de culture, en plein air, le cultivar 'Defiant PhR F1', aux gros fruits ronds de saveur très correcte, est en cours d'inscription au catalogue commun et actuellement distribué par Voltz (187€ les 1.000 graines en 2017). Ce type de culture, même sans considérer le mildiou qui n'est plus un problème grâce à leur résistance quasi-totale, risquerait de ne pas produire beaucoup de fruits commercialisables à cause du contact des fruits avec le sol/paillage, ce qui induirait des défauts de coloration, des dégâts de mollusques, une plus grande incidence d'autres maladies telles que *Botrytis*, *Alternaria*, *Septoria*, *Oidium*, ... De plus, la plupart de ces variétés ne sont pas inscrites

au catalogue européen, rendant l'achat de semences et la commercialisation du produit potentiellement illégal.

L'hybride 'Mountain Magic F1' nous semble extrêmement prometteur, car il rassemble de nombreuses qualités :

- Croissance indéterminée
- Résistance quasi-totale au mildiou, ainsi qu'aux maladies racinaires (*Fusarium*, *Verticillium*)
- Qualités gustatives exceptionnelles, avec un taux de Brix de 8-10°
- Résistance à l'éclatement, même par temps pluvieux
- Fruits de calibre différencié, type « cocktail », 30 à 60 grammes
- Variété inscrite au catalogue commun par Bejo, qui en a acheté les droits à l'obteneur américain
- Semences disponibles à prix raisonnable en Europe (120-200 € les 1.000 graines, via l'Angleterre) en version non traitée

Enfin, le seul cultivar résistant au mildiou d'origine anglaise, 'Crimson Crush F1', possède lui aussi beaucoup d'attributs en sa faveur :

- Résistance quasi-totale au mildiou (présence des gènes Ph-2 & Ph-3)
- Croissance indéterminée
- Fruits de gros calibre (100 à exceptionnellement 200 grammes), résistants à l'éclatement

- Qualités organoleptiques tout à fait correctes, au-dessus de la moyenne des hybrides F1

- Variété inscrite au catalogue commun des espèces potagères

Son principal défaut est de n'être actuellement disponible qu'en conditionnements « amateurs » de 10 ou 15 graines, en Angleterre, à raison de 0.25-0.50€/la semence, selon le vendeur. Le détenteur des droits de cette variété, Sutton's, ne souhaite pas pour le moment la diffuser à des prix plus « professionnels », mais cela pourrait changer dans les années à venir si le succès de cette nouvelle introduction devait se confirmer. Sutton's a par ailleurs annoncé pour 2017 la présentation de deux autres variétés issues du même programme de sélection, et tout aussi résistantes au mildiou, dans les types « cerise » et « beefsteak ».

Ces deux derniers cultivars feront l'objet d'un essai de rendement et qualité de récolte en 2017, en culture sans traitement, ni abri, afin de valider les possibilités de la production commerciale. Bien entendu, dans ces conditions, on ne peut pas exclure l'occurrence de problèmes non liés au mildiou, comme les fruits fendus à la suite de la pluie ou la perte de rendement du fait de l'impossibilité technique de palisser les plants sur une hauteur suffisante. Pour ces essais, nous utilisons des fers à béton de 10mm de diamètre et 2m de hauteur, attachés par 3 en teepee, ce qui autorise une hauteur de plant de 1m80 en pratique. Les plants sont mis en place sur paillage plastique noir, à raison de deux rangs en quinconce par planche. Les distances de plantation sont de 50\*70cm, et les planches sont distancées de 1.20m.

Par ailleurs, certains semenciers et revendeurs mettent en avant d'autres cultivars pour leur supposée tolérance/résistance au mildiou. On citera 'Maestria F1', 'Ferline F1', 'Fantasio F1', 'Fandango F1', ... Aucun de ces cultivars n'incorpore la combinaison génétique Ph-2 + Ph-3 (bien que 'Ferline' et 'Fantasio', au moins, contiennent probablement le gène Ph-2 seul), et leur « résistance » au mildiou n'est en fait qu'une conséquence de leur vigueur, qui masque la progression de la maladie pendant une ou deux semaines au plus. En aucun cas, elles ne garantissent un plant quasi indemne de mildiou jusqu'à la fin de la saison !



# CONSEILS TECHNIQUES

## CONSEIL TECHNIQUE DE SAISON

Le tableau ci-dessous résume les caractéristiques des cultivars entrés dans les essais menés au CTH depuis 2012 et le graphique qui suit illustre les résultats obtenus lors de la répétition 2016 de l'essai « mildiou ». Cette dernière saison, très favorable au développement précoce de la maladie, a permis d'engranger des résultats très concluants. L'AUDPC, qui est une unité arbitraire, mesure de manière intégrative l'incidence de la maladie au cours de la saison de relevés. Plus une

valeur d'AUDPC est élevée, plus l'incidence de la maladie a été élevée.

Les cultivars 'Skykomish' et 'Legend', non hybrides, n'ont pas été évoqués ci-dessus car leur résistance, bien que réelle lorsque comparée à un cultivar témoin très sensible ('Green Zebra'), reste insuffisante pour assurer une production fiable de fruits consommables.

| Cultivar            | Source de résistance (gènes)                | Type de fruit/plant                                    | Commentaire   |
|---------------------|---|--|---|
| 'Philona F1'        | inconnue                                    | Ronde rouge, croissance indéterminée                   | Faible qualité gustative, très bonne résistance                         |
| 'Philovita F1'      | inconnue                                    | Cerise ronde rouge, croissance indéterminée            | Tendance à éclater, résistance généralement très bonne                  |
| 'Skykomish'         | Homozygote Ph-2 & Ph-3 (selon l'obteneur)   | Ronde orange, croissance indéterminée                  | Résistance moyenne, qualité gustative intéressante                      |
| 'Legend'            | Homozygote Ph-2                             | Ronde rouge, croissance déterminée                     | Résistance très insuffisante, qualité gustative correcte                |
| 'Cherry Bomb F1'    | Inconnue, probablement Ph-2 + "autre chose" | Cerise oblongue rouge, croissance indéterminée         | Tendance à éclater, excellente qualité gustative, très bonne résistance |
| 'Mountain Magic F1' | Hétérozygote Ph-2 & Ph-3                    | Format cocktail rouge, croissance indéterminée         | Qualité gustative supérieure, très bonne résistance                     |
| 'Mountain Merit F1' | Hétérozygote Ph-2 & Ph-3                    | Ronde rouge, croissance déterminée                     | Qualité gustative moyenne, très bonne résistance                        |
| 'Iron Lady F1'      | Homozygote Ph-2 & Ph-3                      | Ronde rouge, croissance déterminée                     | Faible qualité gustative, très bonne résistance                         |
| 'Defiant PhR F1'    | Hétérozygote Ph-2 & Ph-3                    | Ronde rouge, croissance déterminée                     | Qualité gustative correcte, très bonne résistance                       |
| 'Plum Regal F1'     | Hétérozygote (?) Ph-3                       | Allongée rouge, croissance déterminée, très productive | Faible qualité gustative, bonne résistance                              |
| 'Crimson Crush F1'  | Hétérozygote Ph-2 & Ph-3                    | Ronde rouge, croissance indéterminée                   | Qualité gustative intéressante, très bonne résistance                   |
| 'Flavance F1'       | Inconnue (inexistante ?)                    | Ronde rouge, croissance indéterminée                   | Résistance très insuffisante, bonne qualité gustative                   |
| 'Maestria F1'       | Inconnue (inexistante ?)                    | Ronde rouge, croissance indéterminée                   | Résistance très insuffisante, bonne qualité gustative                   |
| 'Previa F1'         | Inconnue (inexistante ?)                    | Ronde rouge, croissance indéterminée                   | Résistance très insuffisante, bonne qualité gustative                   |
| 'Fandango F1'       | Hétérozygote Ph-2                           | Ronde rouge, croissance indéterminée                   | Résistance très insuffisante, qualité gustative correcte                |
| 'Fantasio F1'       | Hétérozygote Ph-2                           | Ronde rouge, croissance indéterminée                   | Résistance très insuffisante, bonne qualité gustative                   |
| 'Fantasio F1'       | Hétérozygote Ph-2                           | Ronde rouge, croissance indéterminée                   | Résistance très insuffisante, bonne qualité gustative                   |



Crimson Crush F



Cherry Bomb F1