

Essais variétal en tomates: tolérance au mildiou *Phytophthora infestans*

Décembre 2016

Laurent Minet, Barbara
Briquet, Hélène Gerain

Productions légumières

CENTRE TECHNIQUE HORTICOLE DE GEMBOUX

❖ Introduction

La principale maladie de la tomate au niveau des jardiniers amateurs, est le mildiou *Phytophthora infestans*.

Cette maladie se développe généralement en cours d'été, lorsque la combinaison d'une température uniformément élevée, et d'épisodes de pluviométrie importante (pluies d'été) favorisent la germination des spores du mildiou sur le feuillage de la plante.

Si le mildiou ne pose généralement pas de problème aux producteurs professionnels, les particuliers qui souhaitent la cultiver en dehors d'un abri contre la pluie, doivent effectuer des traitements préventifs très régulièrement. Une autre solution est l'utilisation de cultivars résistantes au mildiou, malheureusement encore assez rares sur le marché.

A la suite des essais menés les années précédentes, nous avons donc cultivé en plein air et sans aucun traitement, 9 (2013), 24 (2014) et 15 cultivars (2016) afin d'observer leur réaction face à une infestation de mildiou.

❖ Objectifs

Evaluer la résistance au mildiou d'un assortiment de cultivars de tomates supposées présenter cette résistance. Tenter de stabiliser certains hybrides F1, par déshybridation, tout en conservant leur résistance au mildiou.

❖ Facteurs et traitements retenus

2013

7 cultivars en essais

'Philona F1' (ronde rouge, format moyen)
'Philovita F1' (ronde rouge, format cerise)
'Philovita F2'
'Philona F2'
'Philona F3'
'Philovita F3'
'Fandango F1'

2 cultivars en observation et remultiplication

'Skykomish'
'Prince of Spades'

+1 cultivar témoin, notoirement sensible au mildiou : 'Green zebra'



2014

7 cultivars en essais

‘Philona F1’
‘Philovita F1’
‘Fandango F1’
‘Philona F4’

‘Philovita F3’
‘Skykomish’
‘Prince of Spades F3’

17 cultivars en observation

‘Fantasio F1’
‘Pyros F1’
‘Bali F1’
‘Harmony F1’
‘Lipso F1’
‘Paola F1’
‘Cristal F1’
‘Gourmandia F1’
‘Buffalo Steak F1’

‘Defiant PhR F1’
‘Iron Lady F1’
‘Jasper F1’
‘Mountain Magic F1’
‘Mountain Merit F1’
‘Plum Regal F1’
‘Legend’
‘Philovita F4’

+ 1 cultivar témoin, ‘Green zebra’

2016

13 cultivars en essais

‘Defiant PhR F1’
‘Cherry Bomb F1’
‘Plum regal F1’
‘Mountain Magic F1’
‘Mountain Merit F1’
‘Iron Lady F1’
‘Crimson Crush F1’

‘Philona F1’
‘Philona F4’
‘Philovita F1’
‘Philovita F5’
‘Mountain Magic F2’
‘Skykomish (OP)’

2 cultivars en observation

‘Philona F5’

‘Iron Lady F2’



❖ Dispositif expérimental et unité d'expérimentation

- Type d'essais : screening variétal
- Calendrier de culture (tableau)

Janvier				Février				Mars				Avril				Mai				Juin				Juillet				Août				Septembre				Octobre																							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44																
												S				r				P																				E				E															
												S				r				P								E				E				E								E															
												S				r				P								E				E				E								E															

S : semis

r : repiquage

P : plantation

E : évaluation

- Densité de plantation

2013, 2014 & 2016 : Plantation sur double rang, à 50cm dans la ligne et 70cm entre lignes, fertirrigation hebdomadaire. Palissage sur tuteurs en bambou attachés par 3 en trépieds. Taille usuelle en cordon (1 axe), aucun traitement phytosanitaire.

Plantation par blocs de 5 plants + 1 'Green Zebra', 3 répétitions spatiales en mode aléatoire par cultivar en essais, un ou deux blocs pour les cultivars en observation. Lieu : « parcelle AO/AF » (2013) ; « petites parcelles » (2014 & 2016)



- Éléments étudiés

Degré d'infestation de la plante et des fruits par le mildiou. Utilisation d'une échelle standardisée, de 1 à 9, reprise ci-dessous :

Echelle	Observations sur la plante
1	Aucun symptôme visible
2	Un peu de lésions présentes mais difficiles à trouver
3	Mildiou immédiatement apparent, mais lésions très clairsemées
4	X
5	Infection étendue ; beaucoup de feuilles porte au moins une lésion.
6	X
7	Infection grave ; lésions multiples ou en plages sur beaucoup de feuilles. Noircissement en plage sur tige
8	X
9	Infection maximale ; la quasi-totalité des feuilles sont presque entièrement noircies de mildiou et la tige est sévèrement attaquée

Echelle	Observations sur le fruit
1	Aucun symptôme visible
2	Un peu de taches présentes mais très difficiles à trouver
3	Taches brunâtre immédiatement apparentes, mais lésions très clairsemées
4	X
5	Infection étendue ; majorité des grappes de fruits portent au moins une lésion ; la croissance des fruits attaqués est ralentie
6	X
7	Infection grave ; presque toutes les grappes sont touchées ; les fruits attaqués ont de grandes taches brunes à noires et l'épiderme bosselé. Arrêt de croissance des fruits infectés
8	X
9	Infection maximale ; la plupart des fruits sont presque entièrement noircis de mildiou. Fin de la production

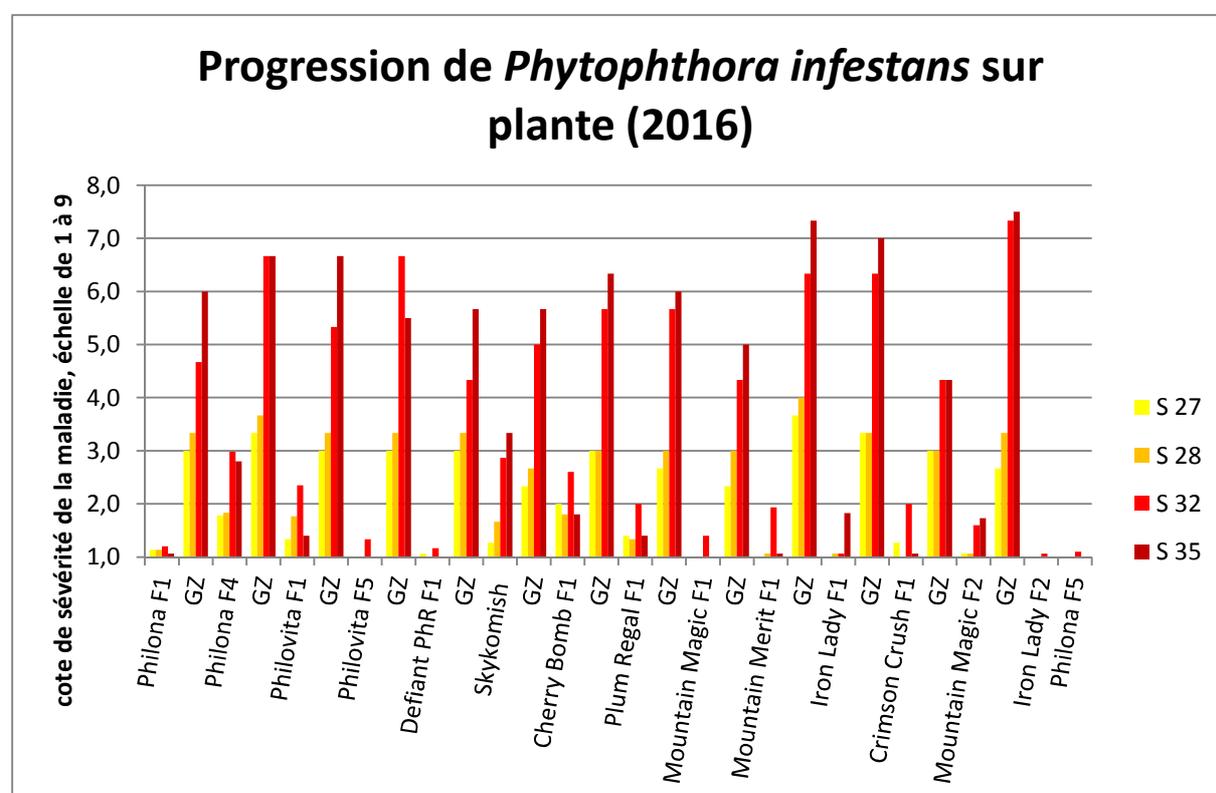


❖ Résultats et discussion

Le degré d'infestation par le mildiou a été relevé, plant par plant, à plusieurs reprises en cours de saison. Les observations sont consignées dès l'apparition des premiers symptômes évidents de mildiou, et s'arrêtent lorsque la plupart des plants du cultivar témoin ('Green zebra') sont détruits par la maladie, ou lorsque les symptômes non spécifiques du mildiou (dessèchement des feuilles après une forte attaque d'oïdium en 2016) rendent l'évaluation impossible.

Suite à une surcharge de travail, les observations de l'essai 2013, limitées aux symptômes sur plantes, ont été commencées alors que la plupart des plants présentaient déjà des symptômes de maladie bien développés, et l'évolution rapide du mildiou dans les conditions rencontrées (douceur et humidité en octobre) explique le fait que seuls deux relevés ont été réalisés cette année-là.

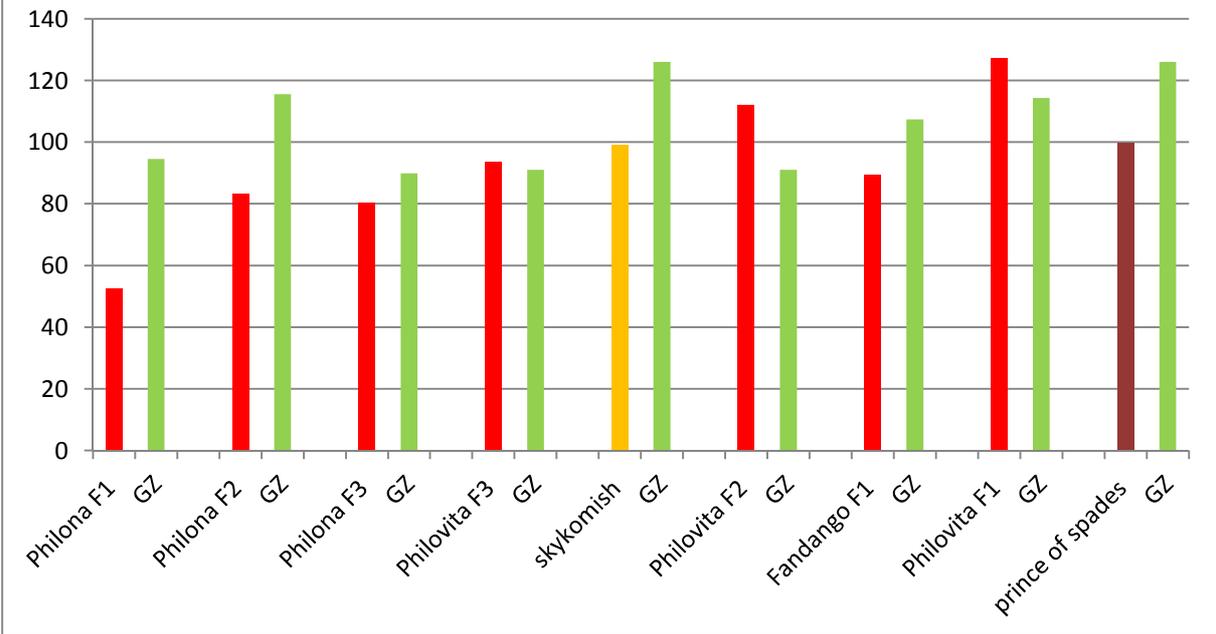
Les résultats peuvent être présentés sous forme d'histogrammes montrant l'évolution de la maladie (cote) en fonction du temps, comme illustré ci-dessous (résultats 2016)



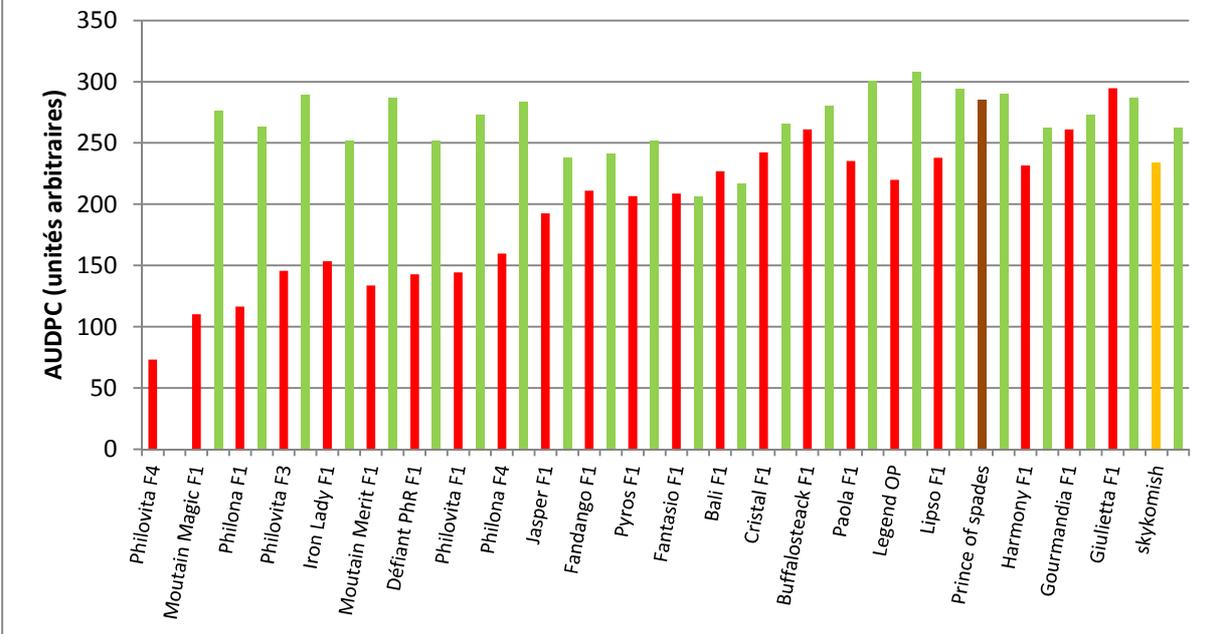
Une meilleure présentation de ces résultats consiste à calculer l'AUDPC (Area Under Disease Progression Curve), valeur qui représente l'intégrale de la courbe d'évolution de la maladie en fonction du temps. Cette valeur unique, propre à chaque variété dans un contexte expérimental donné permet d'établir facilement un classement des « performances » des variétés en expérimentation. C'est cette présentation qui a été choisie pour présenter les résultats des trois années d'expérimentation, dans les graphiques ci-dessous. Les barres d'histogramme en vert représentent les valeurs calculées pour les plants de 'Green Zebra' (GZ) adjacents aux blocs des variétés concernées.



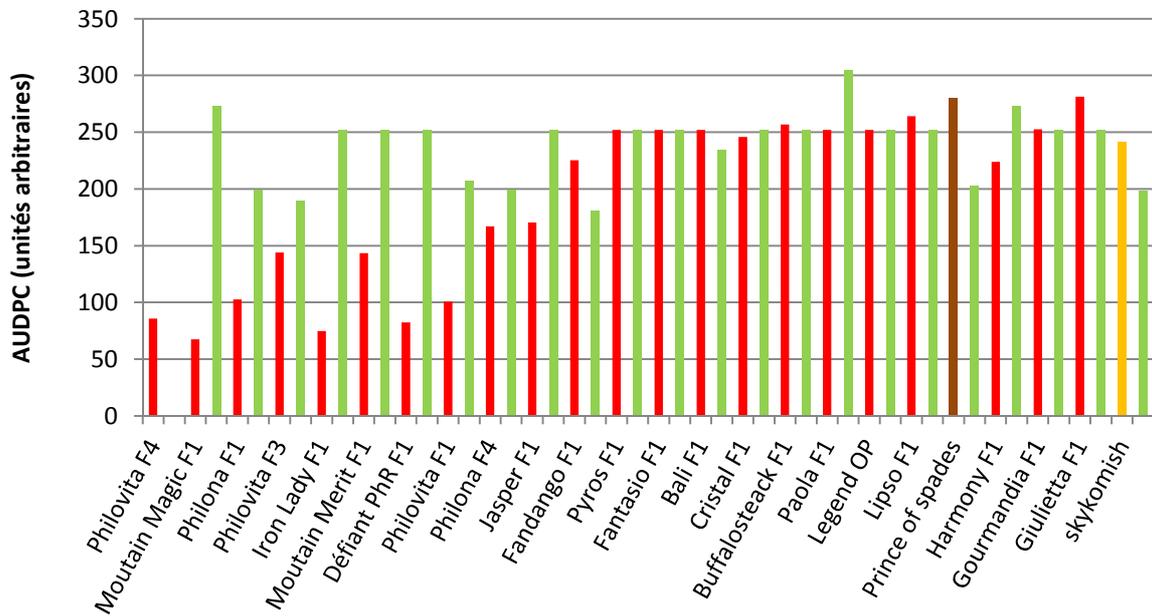
AUDPC pour *Phytophthora infestans* sur tomates (plante), 2013



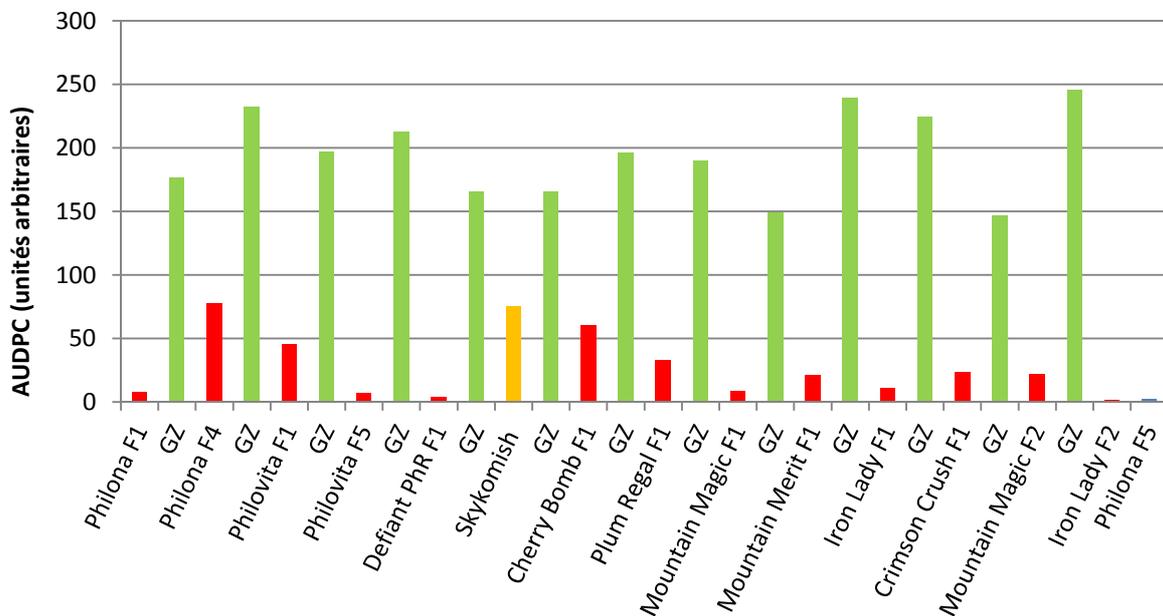
AUDPC pour *Phytophthora infestans* sur tomates (plante), 2014

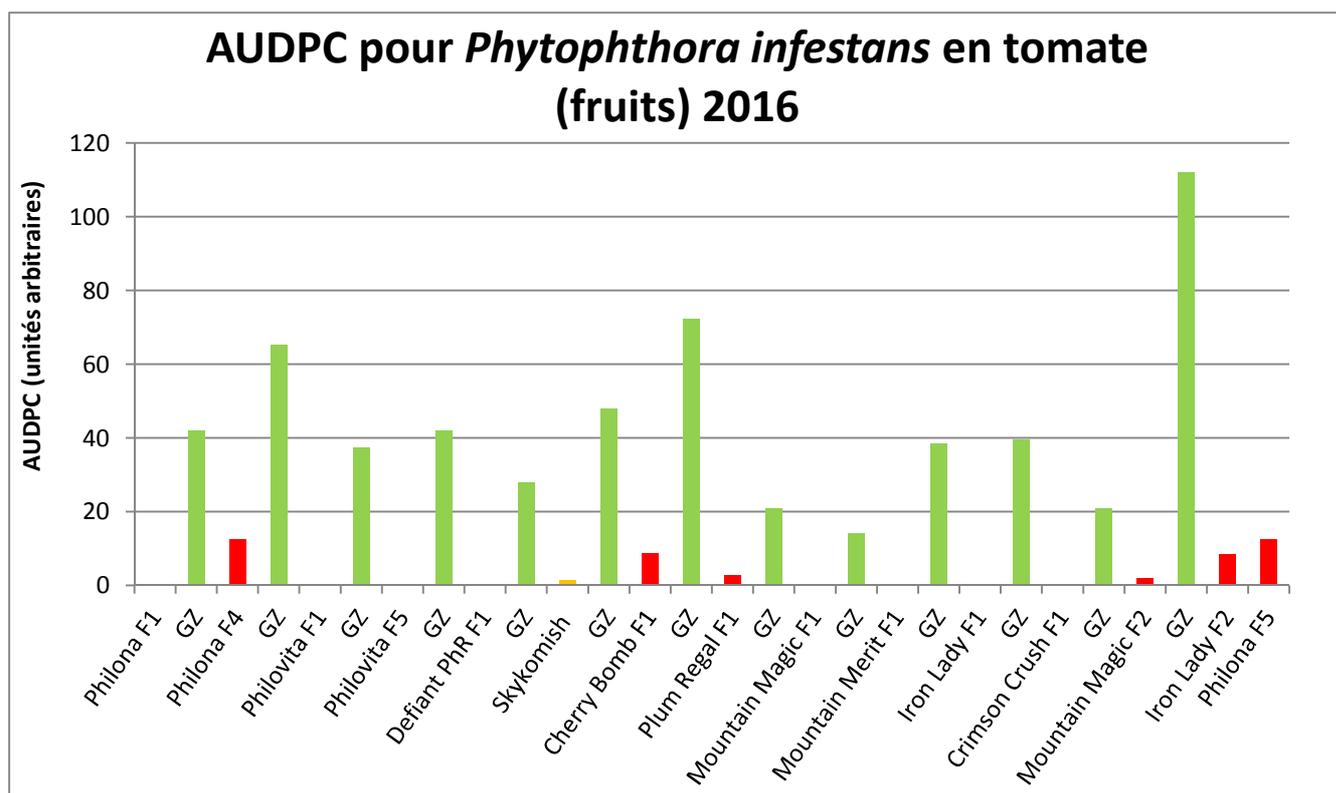


AUDPC pour *Phytophthora infestans* sur tomates (fruits), 2014



AUDPC pour *Phytophthora infestans* en tomate (plante), 2016





De l'analyse des graphiques, il ressort que:

Le cultivar '**Philona F1**' reste en 2013, 2014 et 2016 un des plus performants face au mildiou. Les sélections F2 à F4 de ce même cultivar restent également assez performantes, mais une perte progressive de la résistance semble se dessiner. La sélection en F5, observée en 2016, a récupéré une résistance presque totale. Sa qualité organoleptique est cependant très décevante : fade et farineuse.

'**Philovita F1**', par ailleurs bien cotée en 2012, a été rapidement, et complètement, détruite par la maladie en 2013, tandis qu'en 2014 et 2016, elle a retrouvé une résistance tout à fait intéressante. Ses sélections F2 à F5 ont été au moins aussi résistantes que la F1, alors que l'essai 2012 avait montré une forte régression de la résistance moyenne de F1 à F2. La génération F5 a été indemne de mildiou en 2016, mais, à l'instar du cultivar '**Philona F5**', sa saveur est très décevante, avec une amertume très marquée en arrière bouche (probablement due à la solanine)

Les cultivars non hybrides '**Skykomish**', '**Legend**' et '**Prince of Spades**', en multiplication en 2013 et en essai en 2014, n'ont pas eu un comportement très prometteur face à la maladie, à l'exception de '**Skykomish**' en 2016.

L'essai 2014 montre que la plupart des cultivars F1 de la gamme Clause, plantées en observation, bien que productifs lorsque cultivés sous serre, ne présentent aucun intérêt en culture non protégée du mildiou (abris, ou traitements préventifs).

Parmi ces cultivars, '**Fantasio F1**' est pourtant présentée par son obtenteur comme la plus résistante au mildiou de la gamme Clause.

Les cultivars d'origine américaine '**Mountain Magic F1**', '**Mountain Merit F1**', '**Iron Lady F1**', '**Cherry Bomb F1**', '**Plum Regal F1**' et '**Defiant PhR F1**', en observation en 2014 et en essai en 2016, ont eu un comportement particulièrement intéressant vis-à-vis de la maladie.



Discussion

Voici un résumé des caractéristiques des variétés mises en essais au cours des trois années concernées par ce rapport. Ne sont reprises que les variétés qui ont une résistance marquée avérée lors des essais précédents et/ou sont porteuses de gènes connus pour apporter une résistance correcte au mildiou.

variété	Source de résistance (gènes)	Type de fruit/plant	Commentaire
'Philona F1'	inconnue	Ronde rouge, indéterminée	Faible qualité gustative, très bonne résistance
'Philovita F1'	inconnue	Cerise ronde rouge, indéterminée	Tendance à éclater, résistance généralement très bonne
'Skykomish'	Homoz. Ph-2 & Ph-3 (selon l'obtenteur, non publié)	Ronde orange, indéterminée	Résistance moyenne, qualité gustative intéressante
'Legend'	Homoz. Ph-2	Ronde rouge, déterminée	Résistance très insuffisante, qualité gustative correcte
'Cherry Bomb F1'	Inconnue, probablement Ph-2 + "autre chose"	Cerise oblongue rouge, indéterminée	Tendance à éclater, excellente qualité gustative, très bonne résistance
'Mountain Magic F1'	Hétéroz. Ph-2 & Ph-3	Format cocktail rouge, indéterminée	Qualité gustative supérieure, très bonne résistance
'Mountain Merit F1'	Hétéroz. Ph-2 & Ph-3	Ronde rouge, déterminée	Qualité gustative moyenne, très bonne résistance
'Iron Lady F1'	Homoz. Ph-2 & Ph-3	Ronde rouge, déterminée	Faible qualité gustative, très bonne résistance
'Defiant PhR F1'	Hétéroz. Ph-2 & Ph-3	Ronde rouge, déterminée	Qualité gustative correcte, très bonne résistance
'Plum Regal F1'	Hétéroz. Ph-3	Allongée rouge, déterminée	Faible qualité gustative, bonne résistance
'Crimson Crush F1'	Hétéroz. Ph-2 & Ph-3	Ronde rouge, indéterminée	qualité gustative intéressante, très bonne résistance



L'observation de certains manques flagrants de résistance pour des cultivars normalement considérées comme porteuses des gènes de résistance au mildiou ('**Philovita** F'1 en 2013, '**Skykomish**' et '**Legend**' en 2014) confirme le fait que les souches de mildiou sont, non seulement différentes d'une partie du monde à l'autre, mais leur agressivité présente également une variation interannuelle, probablement due à la recombinaison des génotypes à la faveur de la phase de reproduction sexuée de *P. infestans*. Cet organisme présenterait par ailleurs un fort taux de mutation, ce qui augmente d'autant les possibilités de contournement des gènes de résistance utilisés par les sélectionneurs.

Le génome du cultivar '**Legend**' comprend le gène Ph-2, qui conférait une bonne résistance face au mildiou jusque dans les années 90, mais cette résistance est actuellement totalement contournée par les souches de mildiou présentes au niveau mondial.

Le cultivar '**Skykomish**', présenté par son obtenteur Tom Wagner comme homozygote pour les gènes de résistance Ph-2 & Ph-3 (configuration apportant normalement une résistance optimale au mildiou), ne semble pas être très résistant face aux souches de *Phytophthora*, ce qui nous pousse à douter de la véracité de l'information donnée par l'hybrideur !

L'évolution positive ou négative de la résistance au mildiou, des générations successives de déshybridation pour '**Philona**' et '**Philovita**', s'explique par le fait que la résistance peut être non seulement due aux gènes Ph-2 et Ph-3 (qui sont situés sur des chromosomes différents, et dont la présence chez '**Philona**' et '**Philovita**' n'est pas attestée, l'obteneur (De Ruiter) se refusant à tout commentaire sur l'origine génétique de la résistance), mais également à des caractères polygéniques (QTL, Quantitative Trait Loci), moins efficaces mais moins sensibles au contournement par l'évolution du pathogène. Ces gènes se recombinent de manière aléatoire dans les différentes ségrégations obtenues dès la F2, conduisant à des plants présentant une résistance au mildiou très variable.

Ainsi, dans le cas de '**Philovita**', en 2014, les 15 plants de F1 observés ont eu les cotes « sévérité mildiou sur plante, fin de saison » suivantes (par ordre de plantation sur la parcelle):

7	6	6	6	6	6	6	7	7	7	6	6	6	6	6
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Tandis que la même année, les 14 plants issus de F3 ont reçu les cotes suivantes :

5	5	9	3	6	7	9	4	4	9	6	5	5	5
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Et les 8 plants de la F4 :

4	3	4	4	4	4	4	4
---	---	---	---	---	---	---	---

On remarquera donc, à la fois une forte augmentation de la variabilité inter-plant en F3 (cotes de 3 à 9), et un début de stabilisation en F4 (cotes de 3 à 4) vers une résistance accrue, puisque la F1 présentait des cotes de 6 à 7 cette année-là.

La F4 n'a été plantée qu'à raison de 8 plants en raison d'une très mauvaise germination du lot de semences récoltées en 2013.

'**Philovita** F5' a remarquablement résisté, et de manière très homogène, au *Phytophthora*, ce qui laisse à penser que le caractère sera définitivement fixé avant la 8^{ème} génération.



L'absence de tests organoleptiques lors des deux dernières saisons de sélection a malheureusement accidentellement mené à l'obtention d'une population F5 au goût très peu agréable.

Cette amertume est probablement due à l'accumulation de solanine, typique des fruits des espèces sauvages de *Solanum* qui sont classiquement utilisées comme sources de gènes de résistance aux maladies comme le mildiou. La sélection reprendra donc dans les années à venir, au départ du stock conservé de semences de F3, dont la qualité organoleptique était tout à fait satisfaisante.

Une analyse similaire de l'évolution de la résistance pourrait être faite dans le cas de '**Philona**' F1 et F4, mais la génération F4 dans ce cas, présente encore une très forte variabilité, avec des plants résistants (cote finale 3 ou 4) et très sensibles au mildiou (cote de 9). Les plants de F5, trop peu nombreux pour être placés en essais (mauvaise germination), ont été mis en observation aux deux extrémités de la parcelle d'expérimentation en 2016, et n'ont montré aucun symptôme de mildiou. Leur fadeur, encore plus prononcée que celle de la génération F1 (qui n'est pourtant déjà pas une référence de goût) rend cette lignée peu intéressante en soi, mais elle pourrait donner de bons produits en hybridation, pourvu que la résistance au mildiou qu'elle porte se transmette sur un mode dominant.

Les cultivars hybrides américains '**Mountain Magic** F1', '**Mountain Merit** F1, '**Iron Lady** F1, '**Plum Regal** F1, '**Cherry Bomb** F1 et '**Defiant PhR** F1, nouvellement introduits dans l'essai, sont des alternatives intéressantes aux cultivars **Philona** F1 et **Philovita** F1, peu goûteuses et dont les semences sont à la fois coûteuses et peu répandues dans le commerce amateur. Des six cultivars précités, seule **Mountain Magic** F1 est actuellement inscrit au catalogue commun européen.

Parmi ces cultivars, certains manquent d'intérêt malgré leurs performances face au mildiou : **Mountain Merit** F1, **Iron Lady** F1, **Plum Regal** F1 et **Defiant PhR** F1 sont des plantes à croissance déterminée, prévues pour être cultivées sans support, à plat sur le sol. Ce mode de production est peu connu chez nous, et plutôt typique des tomates « industrie » récoltées mécaniquement. La qualité gustative de ces variétés est d'ailleurs plutôt moyenne, voire décevante (**Iron Lady** F1, **Plum Regal** F1)

Cherry Bomb F1 est lui un cultivar tout à fait intéressant au niveau amateur, de par sa résistance aux maladies et sa qualité gustative typique d'une cerise oblongue, très sucrée. Sa production commerciale en plein air pourrait être envisagée, s'il n'était une sensibilité à l'éclatement des fruits mûres (tout à fait normale pour une cerise au taux de Brix élevé) après un épisode pluvieux.

Mountain Magic F1 sort nettement du lot des cultivars américains, de par sa qualité gustative (taux de Brix particulièrement élevé, 8-9°), sa croissance indéterminée, sa résistance à l'éclatement même après une pluie, et la bonne disponibilité des semences, à tout le moins via des revendeurs au Royaume-Uni (100-150 £ les mille graines). Les droits de la variété ont été cédés à BEJO, qui l'a inscrite au catalogue commun, mais ce semencier refuse pour le moment de distribuer directement cette variété aux cultivateurs de l'Europe de l'Ouest, la réservant aux zones où la culture de la tomate en plein air est plus traditionnelle, en Europe de l'Est.



Le nouveau cultivar anglais **Crimson Crush F1** présente une combinaison de caractéristiques intéressantes :

- Résistance quasi totale (présence des gènes Ph-2 & Ph-3)
- Croissance indéterminée
- Fruit de gros calibre (100 à exceptionnellement 200g), résistant à l'éclatement
- Qualité organoleptique tout à fait correcte, au-dessus de la moyenne des hybrides F1
- Variété inscrite au catalogue commun des espèces potagères

Sa disponibilité reste actuellement problématique, puisque l'obteneur/détenteur des droits de la variété (Suttons seeds UK) ne souhaite pas commercialiser les semences aux professionnels. Ces graines sont disponibles en conditionnement de 10 ou 15, chez divers vendeurs au Royaume-Uni, à des prix (2016) allant de 0.24 à 0.50 £ par graine.

De nouveaux gènes Ph-4 et Ph-5 ayant été récemment découverts chez des accessions de *Solanum spp.* sauvages, il est probable que la sélection visant à incorporer un maximum de ces gènes de résistance, aboutira à de nouveaux cultivars encore plus performants dans les années à venir. En effet, la très bonne résistance actuellement conférée par la combinaison des gènes Ph-2 et Ph-3, sera inévitablement contournée par le pathogène dans le futur (des isolats de *P. infestans* capables de passer outre de cette protection ont été découverts à Taiwan), il importe donc de commencer dès que possible le travail de sélection visant à incorporer de nouvelles sources de résistance dans des cultivars commerciaux.

Le volet « déshybridation » de cet essai et de ses répétitions futures vise, quant à lui, à obtenir des populations stables et reproductibles par tout un chacun, voire utilisables dans l'obtention de nouvelles lignées hybrides F1.

En effet, les rares lignées pures incluant les gènes de résistance Ph-2 et Ph-3 sont propriété de leurs obtenteurs, et leur utilisation fait l'objet de contrats de licence limitant leur utilisation aux semenciers professionnels. De plus, ces lignées produisent toutes des fruits rouges, ce qui rend impossible (dominance totale de la couleur rouge) la production d'hybrides F1 dans des types colorés différemment.

Il convient également de souligner que si les cultivars présentant une résistance intéressante se démarquent par des plantes en relativement bon état en fin de saison, une proportion variable de leurs fruits peut montrer des signes de la maladie. L'objet de cet essai concerne d'avantage les jardiniers amateurs que les producteurs de tomates professionnels, et les fruits présentant une tache brune sont tout à fait comestibles après nettoyage, bien que non commercialisables.

Il est par ailleurs certain que le dispositif utilisé présente des faiblesses, puisque l'inoculation de la maladie se fait naturellement, et probablement de manière hétérogène sur la parcelle. Par exemple, les 15 plants de la cultivar Philona F1 ont présenté une intensité d'attaque par le mildiou fort variable (cotes de 3 à 7 selon le plant) en fin de saison 2013, alors qu'en 2014, les 3*5 plants de Philona F1 et Philovita F1 ont eu un comportement remarquablement homogène, comme on pourrait l'attendre pour un hybride F1.

Les répétitions futures de cet essai viseront à multiplier les observations afin de tenir compte de la variabilité temporelle du pouvoir infectieux des souches de *Phytophthora infestans*.



La qualité de fruits observée en 2016 sur les cultivars **Mountain Magic F1** et **Crimson Crush F1** sera confirmée dans un essai de production en plein air mené en 2017. Les cultivars F1 performantes seront également progressivement déshybridés, et des croisements avec des variétés à fruits de diverses couleurs ont été effectués afin de transférer les gènes de résistances à des lignées différentes du classique « rond rouge ».

