

# le Point

*SUR* les méthodes alternatives

Les résistances variétales en cultures légumières



Matériel végétal

Ctifl



N° 13  
Novembre 2018



### Introduction et préalable

L'utilisation des résistances génétiques des plantes aux bioagresseurs est un atout majeur pour les producteurs. En effet, les résistances génétiques permettent d'empêcher ou de limiter le développement d'une maladie ou d'un ravageur au niveau d'une plante ou plus généralement d'une parcelle, et permettent donc des économies substantielles de produits phytosanitaires.

Au même titre que les rotations culturales, les mesures prophylactiques, ou la lutte biologique, les résistances génétiques tiennent une place importante dans la Protection intégrée des cultures légumières. Ce levier peut être mobilisé directement via les variétés résistances existantes ou par greffage sur porte-greffe résistant.

Les résistances génétiques sont l'un des critères de choix d'une variété par le producteur. L'offre peut paraître importante puisque ce sont près de 150 couples hôtes/bioagresseurs qui font l'objet d'un travail de sélection pour environ 40 espèces légumières cultivées.

Le tableau 1 ci-dessous recense les principales résistances variétales disponibles pour les maraîchers et déca- rées au catalogue officiel.

Tableau 1 : Liste des principales résistances variétales disponibles pour les producteurs

Culture	Résistances disponibles
Carotte	<i>Alternaria, Erysiphe, Pythium</i>
Céleri	<i>Cercospora</i>
Chou, Navet	<i>Mycosphaerella, Fusarium, Xanthomonas</i>
Cornichon - Concombre	<i>Clasdosporium, Corynespora, Podosphaera, CMV, CVYV, ZYMV</i>
Courgette	ZYMV, CMV, WMV, <i>Podosphaera</i>
Épinard	<i>Peronospora</i> (3), CMV
Haricot	<i>Pseudomonas, Colletotrichum</i> (2), <i>Fusarium, Xanthomonas, BCMNV, BYMV</i>
Laitue	<i>Bremia</i> (8), <i>Fusarium</i> , pucerons ( <i>Nasonovia, Pemphigus</i> ), LMV (2), BWYV, TuMV
Mâche	<i>Peronospora</i> (2)
Melon	<i>Aphis, Fusarium</i> (4), <i>Podosphaera</i> (5), <i>Golovinomyces, Pseudoperonospora, MNSV, CMV; MWMV, ZYMV, PRSV</i>
Pastèque	<i>Fusarium</i> (3)
Piment	TMV, PMMoV (2), PVY (3), TSWV, CMV, <i>Phytophthora, Leveillula, TEV, Xanthomonas</i>
Pois	<i>Erysiphe, Ascochyta</i> (2), <i>Fusarium</i> (4), <i>Pseudomonas</i> (5), BYMV, PEMV, PSbMV,
Radis	<i>Albugo, Fusarium, Peronospora</i>
Tomate	<i>Fusarium</i> (4), <i>Verticillium, Stemphylium, Alternaria, Clavibacter, Leveillula, Lyriomyza, Oidium, Phytophthora, Pyrenochaeta, Passalora</i> (2), <i>Ralstonia, Meloidogyne, Pseudomonas, ToMV</i> (4), TSWV

(= nombre considéré de race, pathotype ou souche). Cette liste est non exhaustive. Voir votre vendeur de semences/plants pour plus de précisions

Cependant, tous les problèmes phytosanitaires majeurs ne bénéficient pas encore de « résistance génétique » satisfaisante. En effet, le choix d'une variété par le producteur se fait avant tout sur des critères agronomiques (rendement, qualité des produits, précocité...), et la sélection de variétés résistantes présentant tous ces caractères est un travail de longue haleine, réalisé par les sélectionneurs et les instituts de recherche et de développement. De fait, si certaines espèces largement cultivées cumulent plusieurs résistances, d'autres n'en possèdent que quelques unes, voire aucune.

Face à cela, la recherche de variétés moins sensibles, dites « tolérantes », permet provisoirement de limiter les attaques de pathogènes et ravageurs sur la parcelle.

Dans ce travail fastidieux, l'apport de la biologie moléculaire et des nouveaux outils de sélection, a permis ces dernières années des avancées considérables dans l'identification des gènes, leur introduction dans les espèces cultivées, ainsi que dans la compréhension des mécanismes de reconnaissances entre plantes et agents pathogènes.

## La résistance génétique aux bioagresseurs

### ■ De quoi s'agit-il ?

La résistance est la capacité de la plante à restreindre ou empêcher le développement du bioagresseur, elle permet donc de limiter grandement les dégâts occasionnés. Dans le cas des résistances monogéniques, la protection est généralement totale mais la résistance est susceptible d'être rapidement contournée par le pathogène. Dans le cas des résistances polygéniques ou quantitatives, la croissance du pathogène et sa progression semblent uniquement limitées, mais sont plus difficilement contournées.

### Résistance monogénique/polygénique

Un caractère peut être le résultat (transmission à la descendance) de l'expression d'un seul gène (déterminisme monogénique) ou de plusieurs gènes (déterminisme polygénique).

Dans le cas d'une résistance polygénique, tous les gènes impliqués n'interviennent pas « équitablement ». Il y a un ou des gènes majeurs, associés à des gènes mineurs. L'expression de chaque gène, pour un caractère phénotypique donné, a une « logique propre », mais elle est également « conditionnée » et « interagit » avec d'autres gènes (effet de cumul, de modulation, de mise en silence...). Autant de facteurs qui complexifient un déterminisme génétique polygénique, pour le sélectionneur qui veut intégrer ce type de résistance dans un programme de sélection, mais qui complexifient aussi la tâche du bioagresseur qui veut contourner cette résistance...

C'est ainsi que des programmes de sélection visant à cumuler des gènes (à effets individuels plus ou moins forts, mais complémentaires) peuvent aboutir à une réponse plus efficace (en intensité, ou en complémentarité de modes d'action) et plus durable pour limiter l'action d'un bioagresseur.

### Résistances totales ou partielles (intermédiaires)

Les résistances génétiques peuvent être dites totales, ou partielles (intermédiaires) en fonction de la réponse de réaction d'une plante lors de l'attaque d'un bioagresseur.

On parle de résistance totale lorsque la réponse de la plante est **qualitative**, de type « Blanc ou Noir ». Les plantes sont alors dites sensibles ou résistantes. Inversement, lorsque la réponse de la plante est **quantitative**, de type « de Blanc à Noir », on parle de résistance intermédiaire. Cela signifie qu'un gradient de sensibilité peut être observé avec des réponses aux attaques plus ou moins intensément exprimées. On peut parler également dans ce cas de résistance partielle.

### ■ Comment évaluer les résistances génétiques des nouvelles variétés

Lors de l'inscription au Catalogue de nouvelles variétés, les résistances génétiques connues ou revendiquées par le sélectionneur sont testées par le GEVES<sup>1</sup>, l'INRA<sup>2</sup> ou les sélectionneurs privés.

Cela concerne une centaine de couples hôte/race/bioagresseur et plusieurs milliers de tests officiels sont effectués pour évaluer les nouvelles variétés et les comparer à la collection de référence (ensemble des variétés témoins résistants et sensibles). Cette évaluation se fait principalement par des bio-tests (Photo 1), réalisés en espace confiné (serre ou module climatique), sur de jeunes plantes, avec un délai de réponse après inoculation rapide (deux à quatre semaines) (Photo 2). Quelques résistances à des pathogènes sont cependant évaluées en plein champ en conditions renforcées de contamination [préparation d'inoculum (Photo 3) et contamination de la parcelle].

À gauche :  
Test de  
résistance  
en module  
climatique

À droite :  
Phénotype  
d'une variété  
de tomate  
résistante (1)  
et sensible (2)  
à *Fusarium  
oxysporum  
f.sp. lycopersici*



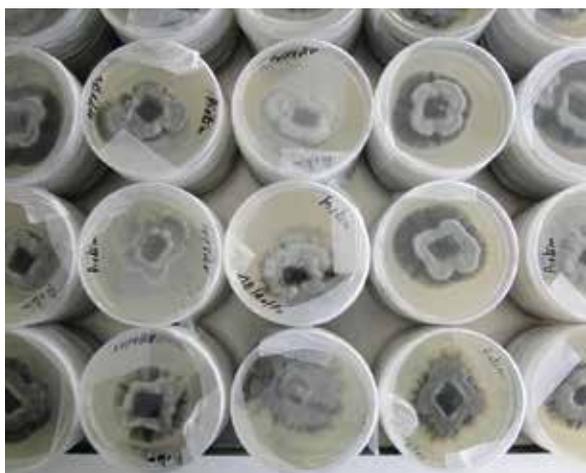
Photo 1



Photo 2

<sup>1</sup> Groupe d'étude et de contrôle des variétés et des semences ; <sup>2</sup> Institut national de la recherche agronomique

Production d'inoculum en boîtes de Pétri



© GEVES

Photo 3

Des protocoles d'évaluation de la résistance sont utilisés, agréés ou recommandés par l'OCVV<sup>3</sup>, l'UPOV<sup>4</sup>, l'INRA et le CTPS<sup>5</sup>. Ils doivent être fiables, reproductibles, réalisables en série et représentatifs de la résistance en conditions naturelles. La méthodologie de ces tests repose sur l'utilisation :

- des variétés de référence (Sensible, Résistante, Résistante Intermédiaire), validées, témoins des tests officiels, dont les semences sont disponibles ;
- des hôtes différentiels validés et disponibles (variétés témoins permettant d'attester de l'identité du bioagresseur) ;

- des souches (ou races) de référence du pathogène ou de l'insecte, validées, disponibles, stables, représentatives de la réalité du terrain. À titre d'exemple, le GEVES entretient 250 souches de référence en collection.

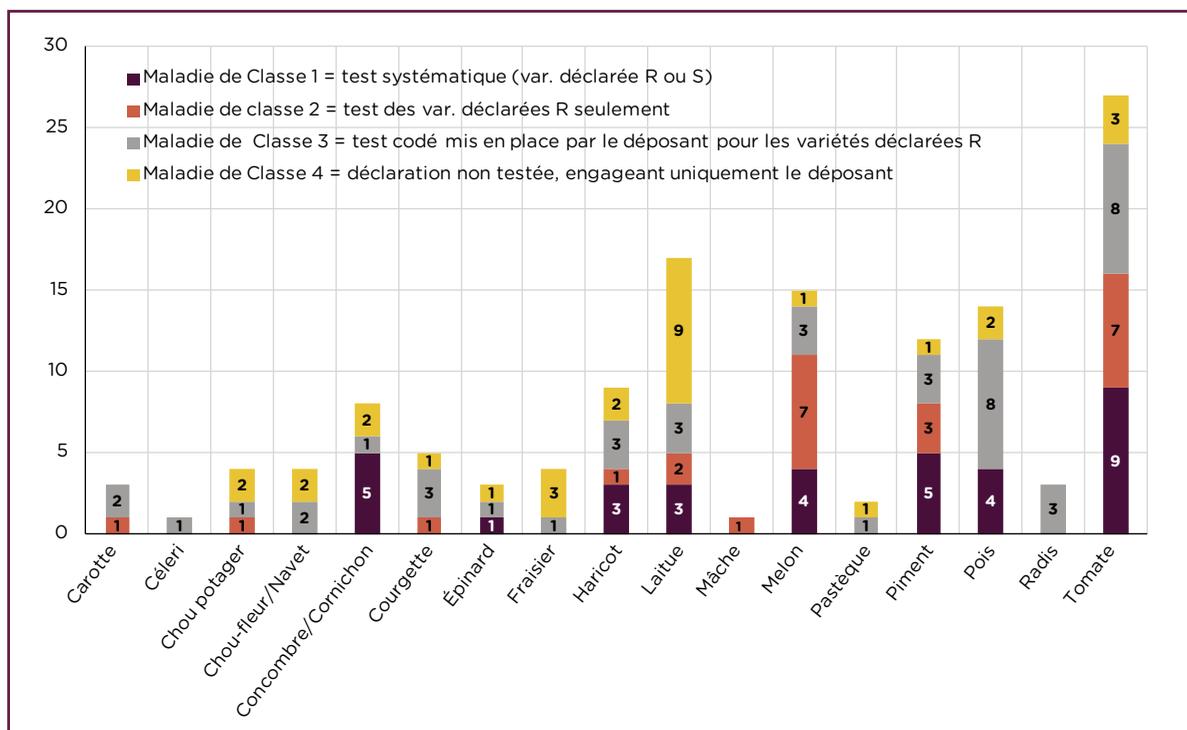
Le GEVES a créé avec ses partenaires de recherche et semenciers un réseau de maintien et distribution de ce matériel de référence (réseau MATREF, contact : matref@geves.fr).

Le test de résistance consiste à semer la variété en étude ainsi que les témoins de référence, à multiplier le bioagresseur (inoculum) et l'inoculer aux plantes en mimant les conditions naturelles d'infection (blessure, pulvérisation, trempage...), puis à placer les plantes en incubation dans des conditions environnementales favorisant l'expression des symptômes et effectuer une notation de ceux-ci.

Ainsi chaque année, le GEVES caractérise les résistances génétiques des nouvelles variétés à des races ou souches (pour les champignons ou les virus) de bioagresseurs, selon des modalités adaptées à chaque couple espèce/bioagresseur. Le nombre de maladies par espèce pris en compte lors de l'inscription au catalogue officiel est présenté ci-dessous (Figure 1).

Des travaux de recherche finalisée sont régulièrement conduits au GEVES en collaboration avec les instituts de recherche et les professionnels pour :

Figure 1 : Nombre de maladies, par espèce, considérées pour l'inscription au Catalogue officiel (oct. 2017)



<sup>3</sup> Office communautaire des variétés végétales ; <sup>4</sup> Union pour la protection des obtentions végétales ; <sup>5</sup> Comité technique permanent de la sélection

Échelle de notations de 0 = résistant à 5 = sensible pour évaluer le comportement des variétés de courgette au ZYMV



0 : aucun symptôme



1 : taches chlorotiques peu nombreuses



2 : nombreuses taches chlorotiques



3 : larges plages chlorotiques (quelques taches jeunes feuilles)



4 : mosaïque et léger vein banding



5 : déformation et vein banding

Photo 4

- harmoniser les méthodes avec les Offices d'examen homologues et les obtenteurs pour avoir une cohérence de résultats et définir le matériel de référence ;

- mettre au point et améliorer les méthodes d'évaluation de la résistance des variétés aux bioagresseurs ;

- les valider pour acquérir des protocoles fiables et reconnus au niveau international ;

- étudier de nouveaux pathosystèmes et mettre au point des méthodes (exemple Photo 4 : mise au point d'échelle de notations permettant d'évaluer le comportement des variétés de courgette au ZYMV). Ainsi, ces dernières années, ces projets de recherches ont permis d'intégrer de nouveaux caractères de résistance aux protocoles officiels pour caractériser les variétés : résistance aux CMV, WMV, ZYMV pour la courgette et au corkyroot (*Pyrenochaeta lycopersici*) pour la tomate.

L'objectif est de mesurer et contribuer à valoriser le progrès génétique dans le domaine de la résistance génétique aux bioagresseurs chez les espèces végétales cultivées.

## ■ Quelle durabilité des résistances génétiques ?

Les travaux de sélection se sont orientés pendant de nombreuses années sur des résistances monogéniques de haut niveau pour résoudre des problèmes phytosanitaires majeurs. Cependant, les résistances monogéniques sont rares, et leur contournement peut être rapide.

Le tableau 2 présente plusieurs exemples marquants de résistances monogéniques très durables dans le temps, et d'autres au contraire qui ont été très rapidement contournées.

Faute de résistances monogéniques à haut niveau

et suffisamment stables, la recherche s'est orientée vers des résistances à déterminisme polygénique à expression quantitative et partielle, dites résistances intermédiaires, avec la volonté de les associer à d'autres facteurs de production pour éviter des contournements rapides de résistance (rotation, association avec des cultures d'autres espèces végétales, lutte biologique, bio stimulants des défenses de la plante...). Ces résistances parfois plus « durables » que les résistances monogéniques

## Et la résistance aux insectes ?

La sélection pour la résistance aux insectes s'est avérée difficile en raison de l'absence de systèmes génétiques de résistances simples. Néanmoins, des gènes de résistance aux pucerons ont été sélectionnés chez le melon (gène *Vat* de résistance à la colonisation par *Aphis gossypii*) et la laitue (gène *Nr* de résistance au *Nasonovia ribisnigri*). Malgré quelques contournements observés, ces deux résistances se sont révélées d'un niveau acceptable et jugées suffisamment stables.

Des travaux sont en cours sur plusieurs autres insectes des espèces légumières en recherchant des mécanismes de lutte diversifiés (structure de la feuille, poils, exsudats...) comme par exemple la mouche du chou.

Tableau 2 : Exemples de résistances monogéniques stables (ou durables) ou contournées

Culture	Type de pathogène	Pathogène	Gène	Durabilité	Remarques
Haricot	Champignon	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i> (agent responsable de l'antracnose)	<i>Are</i>	Très durable	Il a été mis en évidence à l'université de Cornell (États-Unis). Il est utilisé depuis plus de 60 ans. Son introduction génétique dans le matériel français dès 1960 a démontré l'intérêt de sélectionner des gènes de résistance aux champignons. On constate ensuite une disparition des races surpassant le gène <i>Are</i>
Tomate	Champignon	<i>Verticillium</i> sp. Race 0	<i>Ve</i>	Très durable	Le gène <i>Ve</i> a permis la stabilisation de la résistance vis-à-vis de la race 0 de la verticilliose ( <i>Verticillium</i> sp.), même si on a pu observer des isolats qui contournent cette résistance
Tomate	Champignon	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp <i>radicis lycopersici</i>	<i>Fol, 12</i>	Durable	
Tomate	Champignon	<i>Stemphylium</i> sp	<i>Sm</i>	Très durable	
Concombre	Champignon	<i>Corynespora cassiicola</i> <i>Cladosporium cucumerinum</i>	<i>Cca</i> <i>Ccu</i>	Très durable	Très stable
Tomate	Bactérie	<i>Pseudomonas syringae</i> pv <i>tomato</i>	<i>Pto</i>	Très durable	Efficace contre la race 0 (la race 1 contourne la résistance conférée par le gène incomplètement dominant « <i>Pto</i> »)
Tomate	Virus	<i>Tobacco mosaic virus</i> (TMV)	<i>Tm2<sup>2</sup></i>	Très durable	Gène utilisé depuis 50 ans. Cela a conduit à la disparition de la race 0 de ce pathogène en France
Tomate	Virus	Tomato spotted wilt virus (TSWV)	<i>Sw-5</i>	Très durable	
Laitue	Virus	Lettuce mosaic virus (LMV)	<i>mo1<sup>1</sup></i> et <i>mo1<sup>2</sup></i>	Très durable	Le gène confère la résistance au virus et la non transmission par la graine de ce virus. Notons cependant que ce dispositif commence à être contourné
Pois	Virus	Bean yellow mosaic virus (BYMV) Bean common mosaic virus (BCMV)		Très durable	
Laitue	Oomycète	<i>Bremia lactucae</i>		Contournée	À ce jour, 35 races de <i>bremia</i> identifiées par l'IBEB. Des contournements de résistances très rapides
Laitue	Ravageur	Puceron ( <i>Nasonovia</i> )	<i>Nr</i>	Contournée	
Épinard	Champignon	Mildiou		Contournée	À ce jour, 17 races de <i>Bremia</i> identifiées par l'IBEB
Melon	Champignon	<i>Podospaera xanthii</i>	<i>Px 3 ; 5 ; 3-5</i>	Contournée	Présence de gènes de résistances aux races 3 et 5 et début de commercialisation de variétés résistantes à la 3-5 Apparition d'une nouvelle race
Chou-fleur	Champignon	<i>Mycosphaerella</i> sp.		Contournée	

sont d'actualité dans le cadre du concept d'agriculture à faibles intrants et de l'agroécologie. Ces mécanismes de résistance sont intégrés dans des itinéraires techniques et des systèmes de production complémentaires où les rotations, le complexe argilo-humique, la vie biologique du sol et de l'environnement proche et du bassin de production sont des facteurs importants à intégrer. Notons par ailleurs que des conditions de cultures

extrêmes peuvent provoquer des contournements de résistances (ex : la résistance de la tomate à *Meloidogyne incognita* (nématode) ou de la résistance de la laitue au LMV dans le cas de températures très élevées)

Enfin, la présence de certaines résistances n'empêche parfois pas les attaques de pathogènes en raison de la multitude de souches et de la diversité des pathogènes.

## La moindre sensibilité aux bioagresseurs – un meilleur « comportement »

Outre la résistance totale ou partielle, on parle également de tolérance des plantes aux pathogènes. Dans ce cas, il s'agit de plantes sensibles (ne présentant pas de gènes de résistance), mais dont les caractéristiques propres rendent la plante moins sensible aux attaques de bioagresseurs. Il s'agit donc d'un meilleur comportement de la plante en interaction avec les facteurs agroclimatiques et les techniques culturales. En conditions de forte pression, ces variétés tolérantes développeront des symptômes moins marqués que des plantes sensibles. Les caractéristiques permettant aux plantes de mieux se comporter vis-à-vis des bioagresseurs sont principalement écophysologiques : hauteur de plante, couverture du sol, port de la plante, composition de l'épiderme, expansion racinaire...

Contrairement aux résistances pour lesquelles des tests normés existent, la tolérance est difficile à mesurer car la réponse de la plante dépend de la pression du pathogène, des souches et races en présence, et des conditions pédoclimatiques.

Enfin, même si elle est difficilement quantifiable, la tolérance est très intéressante pour les producteurs et les sélectionneurs. En effet, une plante tolérante l'est souvent vis-à-vis de plusieurs stress, et la tolérance permet donc de limiter les contournements de résistances puisque les bioagresseurs ne sont pas soumis à une pression de sélection unique.

Pour certaines cultures légumières, les résistances sont rares et certaines stations expérimentales mènent donc régulièrement des expérimentations dans le but de classer les variétés selon leur sensibilité. C'est le cas notamment pour le poireau, les choux, la mâche, la carotte, etc.

## Comment sélectionner des variétés résistantes ?

### ■ Phénotypage classique avec recherche de candidats dans les espèces d'intérêt ou espèces voisines sauvages

La méthode utilisée classiquement pour identifier des résistances est l'évaluation phénotypique des ressources génétiques, c'est-à-dire des formes cultivées et sauvages de l'espèce d'intérêt ainsi que des espèces apparentées. Ces évaluations peuvent être réalisées au champ en conditions naturelles de contamination mais ceci présente des inconvénients : surfaces nécessaires pour tester des collections importantes, présence d'autres agents pathogènes pouvant interférer (symptômes proches, traitements phytosanitaires pour contrôler d'autres bioagresseurs...). Aussi les évaluations sont plus généralement réalisées en contamination artificielle sur jeunes plantules mais on peut passer à côté de résistances s'exprimant au stade adulte et cette méthode pose d'autres questions : choix de la ou des souches, stade des plantes

lors de l'inoculation, concentration de l'inoculum, technique d'inoculation...

La disponibilité de collections importantes (espèces et variétés) représentant cette diversité est fondamentale. Ces ressources génétiques ont pu accumuler des mutations spontanées qui ont été conservées par la sélection naturelle (formes sauvages) ou par l'homme (sélection après la domestication). Des populations issues de mutagenèse artificielle peuvent également être utilisées.

Le pool génique primaire est constitué par les formes cultivées et sauvages de l'espèce d'intérêt. Les croisements avec les variétés élites pour créer de nouvelles variétés résistantes ne posent pas de problèmes particuliers car les descendance sont normalement fertiles. Ainsi les résistances du melon au *Fusarium*, au puceron *Aphis gossypii* ou à l'oïdium (*Podosphaera xanthii*), du concombre à *Cladosporium cucumerinum*, du haricot à *Colletotrichum lindemuthianum*,

de la carotte à *Alternaria dauci* ou bien de la laitue au mildiou (*Bremia lactucae*) sont issues de variétés cultivées ou des formes sauvages de la même espèce (*Lactuca serriola* étant la forme sauvage de la laitue cultivée *L. sativa*).

Le pool génique secondaire est formé des espèces voisines de l'espèce d'intérêt. Les croisements interspécifiques sont plus difficiles à réaliser, par exemple chez la tomate en utilisant la tomate cultivée comme parent femelle. Il faut parfois avoir recours à des techniques de culture *in vitro* pour le sauvetage des embryons immatures. Les descendance ne sont que partiellement fertiles. La recombinaison génétique est limitée et des fragments plus ou moins importants du génome de l'espèce voisine se maintiennent au cours des croisements jusque dans les nouvelles variétés commerciales. Les espèces voisines peuvent être elles-mêmes cultivées. Ainsi les résistances à l'oïdium et à plusieurs virus introduites dans les variétés de courgette (*Cucurbita pepo*) viennent de formes cultivées de *C. moschata*. Aussi, la résistance du piment (*Capsicum annuum*) au virus de la mosaïque du concombre est issue de l'espèce cultivée *C. baccatum*. Mais il peut aussi s'agir d'espèces sauvages qui n'ont jamais été domestiquées. La grande majorité des résistances aux champignons, bactéries, virus ou nématodes présentes aujourd'hui dans les variétés de tomate viennent d'espèces sauvages (*Solanum habrochaites*, *S. peruvianum*). De même la résistance au puceron *Nasonovia ribis-nigri* a été introduite chez les variétés de laitue à partir de l'espèce sauvage *Lactuca virosa*. Les résistances sont rares, aussi bien dans le pool génique primaire que secondaire. Aussi convient-il de ne pas « gaspiller » les quelques résistances disponibles. À la suite de l'identification d'une résistance à un bioagresseur dans des ressources génétiques, des

programmes de génétique et d'amélioration des plantes vont permettre de créer des nouvelles variétés commerciales. Ces programmes sont plus ou moins longs suivant que les gènes font partie du pool génique primaire ou secondaire.

Il peut parfois arriver que des caractères défavorables soient introduits dans les nouvelles variétés suite à l'utilisation de gènes de résistance à un bioagresseur particulier. Ainsi une sensibilité au virus de la mosaïque du navet est liée à certains gènes de résistance de la laitue au mildiou, alors que la laitue cultivée est généralement résistante à ce virus. Toujours chez la laitue, une sensibilité à l'oïdium venant de *L. serriola* utilisée pour la résistance au mildiou peut être introduite dans les variétés commerciales.

## Nouveaux outils moléculaires : caractérisation des gènes de résistance, SAM...

La biologie moléculaire permet depuis quelques années de nouvelles approches. D'une part, la Sélection assistée par marqueurs (SAM) utilise la localisation des gènes de résistance sur les cartes génétiques et les liaisons plus ou moins étroites entre ces gènes et des séquences caractérisées du génome. L'un des plus anciens exemples de SAM est la résistance aux nématodes *Meloidogyne* chez la tomate (gène *Mi*) utilisée depuis plus de 40 ans. D'autre part, les séquences, les fonctions et les mécanismes d'action des gènes de résistance sont de mieux en mieux connus. La connaissance de la séquence d'un gène de résistance permet de disposer de marqueurs pour la SAM dans le gène et non plus à proximité et donc augmente son efficacité en supprimant les recombinants. Elle permet également de rechercher dans d'autres espèces des séquences proches et donc d'identifier des gènes qui auraient potentiellement des fonctions proches, c'est-à-dire une résistance.

## Les stratégies pour améliorer la durabilité des gènes de résistance

Face à la rareté et au vu de l'importance des gènes de résistance dans les cultures légumières, il convient de développer pour le producteur des stratégies permettant d'assurer leur durabilité.

### ■ Stratégies côté plante

Côté plante, le levier principal vise à combiner plusieurs gènes par des techniques de pyramidage dans le but de complexifier les attaques de pathogènes.

### Pyramidage de gènes

Un exemple de travail de pyramidage largement déve-

loppé en cultures légumières concerne le couple piment/potyvirus. Le pyramidage mis au point consiste à associer une résistance quantitative (gène majeur *pvr2*) qui diminue la population de virus dans la plante, et un type de QTL<sup>6</sup> particulier qui freine ou empêche l'apparition de mutants et retarde ainsi le phénomène de contournement.

### Alternance spatio-temporelle des gènes de résistance

Il est également possible de miser sur l'alternance dans le temps et dans l'espace des gènes de résistance afin de limiter la pression de sélection. Si la mise en

<sup>6</sup> Région du génome dont le polymorphisme explique une part significative de la variabilité d'un caractère mesuré

œuvre dans le temps est relativement aisée, la gestion dans l'espace est plus complexe car les variétés ont souvent des caractéristiques agronomiques différentes (précocité). Il peut s'agir d'associer au sein d'une même parcelle des variétés ayant des spectres de résistances (vis-à-vis de différentes races) différents, ou plus largement au sein d'un bassin de production. Cette gestion collective des résistances est à ce jour plutôt réfléchie pour les cultures céréalières occupant de larges espaces, et reste encore marginale en cultures légumières.

## Exemple d'autres stratégies de sélection

Les propriétés d'échappement ou d'évitement de la maladie sont aujourd'hui également travaillées. Il peut s'agir notamment de sélectionner selon des critères d'architecture de plantes. Dans le cas du pois potager, une sélection de variétés hautes à bonne tenue de tige, à entre-nœuds assez espacés et gousses placées vers le haut du couvert végétal est recherchée. Ainsi, les plantes sont moins affectées par les épidémies d'ascochyta dues à un complexe de trois champignons : *Ascochyta pisi*, *Homa mexicaines var pendilla* et *Mycosphaerella pinodes*.

## ■ Stratégies côté bioagresseurs : les pratiques agronomiques

Le second levier vise à limiter la pression de sélection en associant différentes techniques agronomiques permettant de réduire l'inoculum sur la parcelle. Si nous n'entrons pas dans le détail dans ce document, vous pouvez néanmoins trouver de très nombreuses descriptions de ces techniques dans le Guide pratique pour la conception de systèmes de culture légumiers économes en produits phytosanitaires disponible sur les sites [www.ecophytopic.fr](http://www.ecophytopic.fr) et [www.picleg.fr](http://www.picleg.fr).

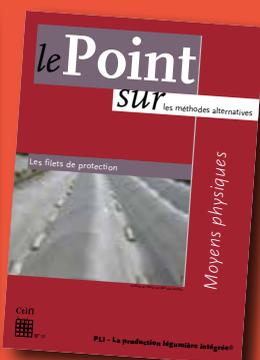
Citons néanmoins les principales pratiques agronomiques mobilisables :

- rotation des cultures ;
- implantation de cultures intermédiaires ;
- solarisation, désinfection vapeur, biofumigation... ;

- mise en place de cultures pièges et plantes de service ;
- faux semis et travail du sol ;
- prophylaxie (gestion des abords de serre, désinfection de matériel, qualité sanitaire des plants) ;
- fertilisation raisonnée ;
- densité de semis de plantation ;
- protection physique ;
- biocontrôle ;
- ...

## Les conclusions

Les enjeux sont importants concernant les résistances variétales en cultures légumières puisqu'il s'agit d'une opportunité majeure de réduction d'usage des produits phytosanitaires. Outre la recherche classique de gènes de résistances ou QTL combinés permettant d'assurer une durabilité certaine, un enjeu pour le futur consistera également à travailler sur les gènes de résistance aux stress abiotiques. Ainsi, nous pourrions aboutir à la sélection de variétés résistantes à la sécheresse ou au manque d'azote. Par ailleurs, d'autres demandes de sélection pour des plantes d'intérêts agronomiques et permettant d'assurer la durabilité des systèmes de production pourraient être travaillées. Cela pourrait par exemple concerner la sélection de plantes de couvertures et d'intercultures ayant un effet bénéfique pour les cultures légumières telles que les variétés de sorgho nématicides ou encore les plantes allélopathiques et les plantes pièges.



## Le Point Sur – Collection Méthodes Alternatives

Chaque Point Sur de la collection présente de façon claire et succincte une méthode alternative pour la protection des cultures par différents moyens : physiques, biocontrôle, matériel végétal, techniques culturales, prophylaxie. La mise en œuvre, les avantages et inconvénients de la méthode, ainsi que des éléments de coûts sont détaillés.

# Pour en savoir plus

## Ouvrages/sites de référence

- Dossier de l'environnement de l'INRA n° 30 Meynard, Jeuffroy.
- Résistances variétales des cultures fruitières et légumières aux bioagresseurs : Contournements et gestion durable, Infos-Ctifl n° 255 octobre 2009, p. 38-45.
- [www.geves.fr](http://www.geves.fr) résistances des plantes légumières aux bioagresseurs.
- EcophytoPic Focus n° 4 : Matériel végétal, quelle place en Protection Intégrée des Cultures ?
- Ecophyto : Variétés tolérantes en cultures légumières : un levier agronomique pour limiter les phytos
- Brand, Audergon. La sélection des variétés d'espèces légumières et fruitières en France et en Europe 1960-2012. Le Sélectionneur Français 2013(64), p. 71-100.

## Remerciements

Ce document a été co-écrit avec R. Brand et C. Jouy (GEVES), M. Pitrat et M. Causse (INRA GAFL)  
Relecture assurée par V. Le Clerc (Agrocampus Ouest), C. Hamon (Vegenov), J. Garnodier (CTIFL/APREL).

## Contact

### Marie Torres

CTIFL, Centre de Balandran

751 chemin de Balandran

30127 Bellegarde

Tél. +33(0)4 66 01 10 54

e-mail : [torres@ctifl.fr](mailto:torres@ctifl.fr)



AGENCE FRANÇAISE  
POUR LA BIODIVERSITÉ  
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT