



**HAL**  
open science

## Verticillium chez l'aubergine à travers le projet Vasculég. Recherche de nouveaux moyens de protection (2ième partie)

Marie-Christine Brand-Daunay, François Villeneuve, F. Latour, Théophile Théry, Christine Fournier, Patricia Erard

### ► To cite this version:

Marie-Christine Brand-Daunay, François Villeneuve, F. Latour, Théophile Théry, Christine Fournier, et al.. Verticillium chez l'aubergine à travers le projet Vasculég. Recherche de nouveaux moyens de protection (2ième partie). Infos CTIFL, 2016, 325, pp.45-59. hal-01603029

**HAL Id: hal-01603029**

**<https://hal.science/hal-01603029v1>**

Submitted on 28 May 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



## RÉSUMÉ

L'aubergine (*Solanum melongena* L.), est une culture particulièrement sensible aux bioagresseurs telluriques principalement la verticilliose (*Verticillium* sp.) et les nématodes à galles (*Meloidogyne* spp.) en climat tempéré. Utilisé par les producteurs depuis des décennies, le greffage est une solution présentant de nouveaux problèmes. Dès lors, il faut identifier de nouvelles résistances et des porte-greffe alternatifs, ainsi, que de nouvelles solutions de protection pour les accompagner. Le projet VASCULÉG a eu cet objectif grâce à une collaboration entre le Ctifl, l'INRA, les stations régionales et les firmes semencières de 2011 à 2015. Il a permis d'identifier de nouvelles sources de résistances au *Verticillium* sp., mais aussi des combinaisons avec des *Solanum* spp. donnant de bons résultats et des pistes de techniques alternatives de protection.

### VERTICILLIUM ON EGGPLANT VIA THE VASCULEG PROJECT: RESEARCH ON NEW PROTECTION METHODS (PART 2)

Aubergine (*Solanum melongena* L.) is particularly sensitive to soilborne pests and diseases, especially *verticillium* wilt (*Verticillium* sp.) and gall nematodes (*Meloidogyne* spp.) in temperate climates. Used by growers for decades, grafting is a solution but there are new problems with it. Therefore new resistances and alternative rootstocks need to be identified, as well as new protective measures to accompany them. From 2011 to 2015, the VASCULEg project had this objective thanks to collaboration between the Ctifl, INRA, regional experimental stations and seed companies. This has resulted in finding new sources of resistance to *Verticillium* sp., but also combinations with *Solanum* spp., giving positive results and possible future alternative protection techniques.

\* Vasculé : Maîtrise des maladies vasculaires telluriques en cultures maraîchères : comment préserver durablement l'efficacité du greffage et des résistances variétales par l'intégration de techniques complémentaires ?

## VERTICILLIUM CHEZ L'AUBERGINE À TRAVERS LE PROJET VASCULÉG\*

# RECHERCHE DE NOUVEAUX MOYENS DE PROTECTION (2<sup>E</sup> PARTIE)

*Peu de moyens de protection permettent aujourd'hui de résoudre efficacement les problèmes liés au Verticillium sp. sauf la résistance génétique. Dans le cas de l'aubergine, il n'existe pas de résistance suffisante dans l'espèce Solanum melongena L., les producteurs ont alors recours au greffage sur porte-greffe tomate non sans problèmes (Villeneuve et al., 2016).*



> PHOTO 1 : APRÈS GREFFAGE, IL PEUT Y AVOIR UNE NOUVEAISON PRÉCOCE, ICI LA VARIÉTÉ MONARCA GREFFÉE SUR NICOTINIA SPP.



## NOUVELLES SOURCES DE RÉSISTANCE

Le projet VASCULÉG a eu pour objets de mieux connaître la situation chez les producteurs<sup>1</sup> mais aussi, la recherche de nouveaux moyens de protection avec un effort tout particulier sur le volet génétique, autant dans la recherche de nouvelles sources de résistance que pour trouver de nouveaux porte-greffe.

Trois types de travaux ont été conduits :

- la caractérisation du niveau de résistance d'espèces de *Solanum* apparentées à la tomate ou à l'aubergine vis-à-vis des races 0 et 1 de *V. dahliae*;
- l'affinité au greffage entre l'aubergine cultivée et une large gamme d'espèces appartenant à la famille des *Solanaceae*;
- le comportement agronomique des meilleures combinaisons greffon-porte greffe, en sol sain.

### RÉSISTANCE À *VERTICILLIUM* SPP

La recherche de nouvelles sources de résistance a été rendue complexe du fait : - des incertitudes sur l'identité de genres, d'espèces et de races des isolats de *Verticillium*; - des modifications récentes de la classification des *Verticillium* et; - du comportement confus des plantes témoins. En effet, différentes races de *V. dahliae* ont été définies par le gène *Ve* de la tomate (conférant la résistance à la race 0, mais sensible à la race 1), et par le comportement différentiel de variétés de laitue. À ce jour, il n'existe que des résistances partielles aux deuxièmes races que ce soit pour la tomate (Baergen *et al.*, 1993) ou pour la laitue (Hayes *et al.*, 2011). Les races 0 définies sur tomate et laitue sont proches, de même que les races 1; cependant une même PCR permet de les différencier (Maruthachalam *et al.*, 2010). Certaines nouvelles espèces de *Verticillium* récemment décrites, comme *V. isaacii*, *V. nonalfalfae*, *V. tri-carpus* et *V. zaregamsianum*, peuvent provoquer des dégâts sur cultures de tomate et d'aubergine (Inderbitzin et Subbarao, 2014). À ce jour, on ne sait pas si cette situation va avoir des conséquences pour les sélectionneurs: faudra-t-il trouver de nouvelles sources de résistance pour de ces nouvelles espèces ou les résistances actuellement disponibles seront-elles suffisantes? Les nouvelles espèces déjà présentes en France et les gènes de résistance déjà identifiés

devraient-ils rester valables ?

Enfin, difficulté supplémentaire, les tests d'infection artificielle avec *Verticillium* discriminent le matériel résistant ou sensible beaucoup moins bien que ceux avec d'autres agents vasculaires, comme *F.o. f. sp. melonis*. Le brunissement des vaisseaux apparaît comme un symptôme plus reproductible et plus fiable que le flétrissement ou le jaunissement du feuillage ou la réduction de croissance de la plante, même si ce brunissement peut être dépendant du génotype.

Le matériel testé est listé dans le tableau 1. Les tests ont été réalisés en inoculation artificielle sur jeunes plantes selon la méthodologie décrite dans Villeneuve *et al.*, (2016).

Parmi les espèces de *Solanum* apparentées à l'aubergine, seules *S. mauritianum* et *S. torvum* ne montrent aucun brunissement des vaisseaux vis-à-vis des deux races. *S. viarum* a également un bon comportement vis-à-vis des deux races et a été utilisé comme témoin dans un certain nombre de tests. L'accession *S. capsicastrum* ne présente aucun brunissement avec la race 0 mais quelques-uns très faibles avec la race 1. Pour les autres accessions, le comportement entre les deux races est relativement semblable. À noter que quelques accessions montrent des niveaux de brunissement supérieurs aux témoins sensibles: *S. incanum* groupe C, *S. anguivi* et *S. virginianum*.

Dans les espèces sauvages de tomate, certaines accessions appartenant à *S. habrochaites*, *S. peruvianum* et *S. pimpinellifolium* présentent une résistance intéressante et de même niveau avec les deux races identifiées sur tomate. Pour *S. pimpinellifolium* cela s'explique par le fait que les résistances à la race 0 connues à *Verticillium* proviennent de cette espèce. À noter que certaines accessions appartenant à *S. chmielewskii*, *S. chilense* ou *S. pennellii* se montrent particulièrement sensibles à l'une des deux races de *Verticillium* et ont un bon comportement pour l'autre.

En bilan, malgré les difficultés méthodologiques rencontrées, les résultats de ces premiers tests indiquent l'existence de nouvelles sources de résistance aux différentes races à *V. dahliae*, dans des espèces sauvages apparentées à la tomate ou à l'aubergine. Sous réserve d'affinité en greffage suffisante avec l'aubergine, ces espèces seraient utilisables comme

porte-greffe, telles quelles ou sous forme d'hybrides interspécifiques. Pour les espèces sauvages que l'on peut hybrider avec la tomate ou l'aubergine, l'introduction de leur résistance dans des variétés serait envisageable. Les meilleures accessions méritent donc d'être testées à nouveau avec une gamme de souches de *Verticillium* mieux identifiées, afin de confirmer l'intérêt de leur résistance. Cependant, dans la majorité des cas, nous avons observé de légers brunissements, ce qui laisse supposer un risque d'adaptation du pathogène à ces nouvelles résistances. Ceci souligne l'importance d'accompagner la résistance génétique avec des méthodes agronomiques complémentaires.

### INTÉRÊT DES *SOLANUM* COMME PORTE-GREFFE DE L'AUBERGINE

L'objectif était de tester l'affinité au greffage entre l'aubergine (greffon) et une gamme élargie de genres et d'espèces (porte-greffe) choisis dans la vaste famille des Solanacées (plus de 1400 espèces).

On trouvera dans le tableau 2 la liste du matériel végétal utilisé, ainsi que le type de test de greffage utilisé. 75 espèces de Solanacées ont été expérimentées. La photo 2 donne quelques illustrations des espèces expérimentées. Le GAFL de l'INRA de Montfavet a exploité ses collections et sa connaissance des ressources génétiques des solanacées, et a produit en quantité des semences de différentes espèces, ainsi que des semences de plusieurs hybrides interspécifiques issus du croisement entre l'aubergine et des espèces de *Solanum* apparentées. Le GAFL s'est également procuré des semences d'autres genres et espèces de solanacées auprès d'organismes français (INRA Ploudaniel, Institut du tabac de Bergerac) et étrangers (Jardin expérimental de Radboud University, Nijmegen, Pays-Bas, et Banque de gènes COMAV de l'université polytechnique de Valencia en Espagne).

Les recherches ont été réalisées en deux étapes :

**A. tests préliminaires de screening** pour l'affinité en greffage, sur jeunes plantes (stade 3-4 feuilles), conduits sur une gamme élargie de solanacées, et mis en place sur le centre Ctifl de Lanxade. Afin d'homogénéiser la rapidité de germination, les semences des différentes accessions sont mises à imbiber avec une solution de GA<sub>3</sub> (Gibberellic Acid)



**TABLEAU 1 : RESSOURCES GÉNÉTIQUES D'AUBERGINE ET DE TOMATE TESTÉES POUR LA RÉSISTANCE AU VERTICILLIUM, AVEC LES TÉMOINS SENSIBLES OU RÉSISTANTS**

Type de matériel végétal	espèce	Nombre d'accessions testées	N° de code en collection
apparenté à l'aubergine et connu comme résistant ou partiellement résistant à <i>Verticillium</i> race O (résultats non publiés)	<i>S. anguivi</i>	1	MM 0983
	<i>S. atro-purpureum</i>	1	MM 1526
	<i>S. capsicastrum</i>	1	MM 1206
	<i>S. incanum</i> group C	1	MM 0684
	<i>S. linnaeanum</i>	1	MM 0195
	<i>S. mauritianum (auriculatum)</i>	1	MM 0573
	<i>S. renschii</i>	1	MM 1015
	<i>S. scabrum</i>	1	MM 0831
	<i>S. sisymbriifolium</i>	1	MM 0284
	<i>S. torvum</i>	1	MM 0353
	<i>S. viarum</i>	1	MM 1602
	<i>S. virginianum</i>	1	MM 0511
apparenté à la tomate	<i>S. cheesmanii</i>	9	LA 0421, LA 0429, LA 0531, LA 0746, LA 1036, LA 1406, LA 1412, LA 1447, LA 1450
	<i>S. chilense</i>	18	LA 0294, LA 0456, LA 1932, LA 1938, LA 1960, LA 1963, LA 1965, LA 1971, LA 2158, LA 2748, LA 2759, LA 2767, LA 2773, LA 2778, LA 2879, LA 2884, LA 2891, LA 2931
	<i>S. chmielewskii</i>	4	LA 1316, LA 1840, LA 2678, LA1327
	<i>S. habrochaites (= L. hirsutum)</i>	9	GB 76, 87610012, LA 1353, LA 1718, LA 1731, LA 1753, LA 1775, LA 1777 (2), LA 2167
	<i>S. parviflorum</i>	3	LA 2133, LA 2319, LA 2325
	<i>S. pennellii</i>	7	LA 0716 (2), LA 0751, LA 1272, LA 1297, LA 1367, LA 1376, LA 1656
	<i>S. pimpinellifolium</i>	14	LA 1606, LA 1617, LA 1659, LA 1683, LA 1689, LA 1729, LA 1923, LA 2102, LA 2173, LA 2183, LA 2401, LA 2533, LA 2852, Richter's
témoins sensibles <i>Verticillium</i> spp.	<i>S. lycopersicum</i> 'Marmande verte'	1	
	<i>S. melongena</i> 'liu Yé Qié'	1	MM 197
témoins résistants <i>Verticillium</i> race O	<i>S. lycopersicum</i> 'Marmande VR'	1	
	<i>S. viarum</i>	1	MM 1602
témoins résistants <i>Verticillium</i> race 1 (sensible race O)	<i>S. lycopersicum</i> 'IRAT L3'	1	
	<i>S. lycopersicum</i> 'Mel 26681 70 G'	1	

500 ppm 24 h à température ambiante, avant semis en terrine. Pour chaque accession, trois répétitions de cinq plantes ont été mises en place sauf pour les accessions ayant mal germé. La technique de greffage utilisée est la greffe en fente. Les notations suivantes ont été effectuées :

- pourcentage de reprise au greffage;
- croissance exprimée au travers de la hauteur des plantes 100 jours après greffage;

• croissance exprimée au travers du poids frais et du poids sec de la partie aérienne;

- mesure de la fluorescence chlorophyllienne des feuilles (N-Tester société Yara France);

• notation de la qualité des points de greffe (bourrelet, nécroses).

La qualité des points de greffe a été étudiée par observation visuelle de la présence éventuelle: - d'un bourrelet de greffe plus ou moins proéminent

avec, dans les cas les plus défavorables, l'existence de racines adventives; - de nécroses internes; - d'un brunissement interne et de son intensité.

#### B. Tests en conditions de production

Trente-quatre accessions, choisies parmi les 75 testées au stade 6-7 feuilles, ainsi que les quatre hybrides interspécifiques, ont été évaluées pour leur comportement agronomique dans des conditions de production classiques pour l'aubergine.


**TABLEAU 2 : INFORMATIONS GÉNÉRALES SUR LES 75 ACCESSIONS DE SOLANACÉES ET LES HYBRIDES INTERSPÉCIFIQUES UTILISÉS COMME PORTE-GREFFE POUR LES EXPÉRIMENTATIONS D’AFFINITÉ EN GREFFAGE AVEC L’AUBERGINE (GREFFON)**

Espèces	code	Zone d’origine	Origines des semences	Accessions utilisées pour les essais de confirmation	Accessions testées pour la sensibilité au <i>Verticillium</i>
<i>Capsicum annuum</i>	RV6	Amérique du sud	Inra GAFL		
<i>C. baccatum</i>	PM 1034	Amérique du sud	Inra GAFL		
<i>Cestrum parqui</i>	874750007	Amérique du sud	Nijmegen		
<i>Cyphomandra betacea</i>	894750221	Amérique du sud	Nijmegen	2012-13	
<i>Hyoscyamus niger</i>	884750005	Eurasie	Nijmegen		
<i>lochroma australe</i>	904750118	Amérique du sud	Nijmegen		
<i>Lycianthes rantonetii</i>	814750064	Amérique du sud	Nijmegen		
<i>Lycium barbarum</i>	MM 1378	Eurasie	Inra GAFL		
<i>Nicandra physaloides</i>	884750065	Amérique du sud	Nijmegen	2013	■
<i>Nicotiana tabacum</i> n°1	MS 270	Amérique	Institut du tabac		
<i>N. tabacum</i> n°2	MS 33518	Amérique	Institut du tabac		
<i>Physalis edulis</i>	MM 1321	Amérique du sud	Inra GAFL		
<i>P. peruviana</i>	MM 1358	Amérique du sud	Inra GAFL		
<i>Solanum acanthoideum</i>	MM 12296	Afrique	Inra GAFL	2013	■
<i>S. aculeastrum</i>	MM 1425	Afrique	Inra GAFL	2012-13	■
<i>S. aculeatissimum</i>	MM 369	Afrique	Inra GAFL		
<i>S. aethiopicum</i> groupe Gilo X	MM 232 bis	Afrique	Inra GAFL	2013-15	■
<i>S. aethiopicum</i> groupe Aculeatum	MM 134	Afrique	Inra GAFL	2013-14-15	■
<i>S. anguivi</i> agg.	MM 1689	Afrique	Inra GAFL	2013-14-15	■
<i>S. arundo</i>	MM 1369	Afrique	Inra GAFL	2015	■
<i>S. atropurpureum</i>	MM 1526	Amérique du sud	Inra GAFL	2012-13	■
<i>S. burchellii</i>	MM 987	Afrique du sud	Inra GAFL		
<i>S. canense</i>	UPV 23386	Amérique centrale	COMAV		
<i>S. caripense</i>	UPV 23372	Amérique du sud	COMAV		
<i>S. catombelense</i>	MM 1218	Afrique	Inra GAFL	2015	
<i>S. cerasiferum</i>	MM 866	Afrique	Inra GAFL		
<i>S. chacoense</i>		Amérique du sud	Inra Ploudaniel		
<i>S. citrullifolium</i>	MM 1174	Amérique du nord	Inra GAFL		
<i>S. coccineum</i>	MM 992	Afrique du sud	Inra GAFL	2015	
<i>S. cyaneo-purpureum</i>	MM 994	Afrique	Inra GAFL	2014	■
<i>S. dasyphyllum</i>	MM 1137	Afrique	Inra GAFL		
<i>S. dennekense</i>	MM 1312	Afrique	Inra GAFL		
<i>S. dinteri</i>	MM 1221	Afrique du sud	Inra GAFL		
<i>S. elaeagnifolium</i>	MM 1534	Amérique du nord	Inra GAFL		
<i>S. erianthum</i> ( <i>verbascifolium</i> )	MM 1326	Amérique du nord	Inra GAFL	2015	■
<i>S. glaucophyllum</i>	MM 1793	Amérique du sud	Inra GAFL		
<i>S. hastifolium</i>	MM 1349 bis	Afrique	Inra GAFL	2015	
<i>S. hougasii</i>		Amérique du sud	Inra Ploudaniel		
<i>S. incanum</i> groupe A	MM 716	Afrique	Inra GAFL	2012-13-15	■
<i>S. incanum</i> groupe B	MM 1428		Inra GAFL	2013-15	■
<i>S. incanum</i> groupe C	MM 664		Inra GAFL	2013-15	■
<i>S. incanum</i> groupe C	MM 684		Inra GAFL		



**TABLEAU 2 : INFORMATIONS GÉNÉRALES SUR LES 75 ACCESSIONS DE SOLANACÉES ET LES HYBRIDES INTERSPÉCIFIQUES UTILISÉS COMME PORTE-GREFFE POUR LES EXPÉRIMENTATIONS D’AFFINITÉ EN GREFFAGE AVEC L’AUBERGINE (GREFFON)**

Espèces	code	Zone d'origine	Origines des semences	Accessions utilisées pour les essais de confirmation	Accessions testées pour la sensibilité au <i>Verticillium</i>
<i>S. incanum</i> groupe D	MM 1248		Inra GAFL	2013-15	■
<i>S. jatrophiifolium</i>	MM 1529	Amérique du sud	Inra GAFL		
<i>S. kurzii (sanitwongsei)</i>	MM 1003	Asie	Inra GAFL		
<i>S. laciniatum</i>	MM 370	Australie	Inra GAFL	2013	■
<i>S. lidii</i>	MM 1005	Canaries	Inra GAFL		
<i>S. linnaeanum</i>	MM 195	Afrique du sud	Inra GAFL	2013	■
<i>S. macrocarpon</i>	MM 1136	Afrique de l'ouest	Inra GAFL	2013-15	■
<i>S. mammosum</i>	MM 1715	Amérique centrale	Inra GAFL		
<i>S. marginatum</i>	MM 824	Afrique	Inra GAFL		
<i>S. mauritanium</i>	MM 573	Amérique du sud	Inra GAFL	2012-2013	■
<i>S. melanospermum</i>	MM 1350	Australie	Inra GAFL		
<i>S. muricatum</i>	MM 1821	Amérique du sud	Inra GAFL		
<i>S. palinacanthum</i>	MM 1762	Amérique du sud	Inra GAFL		
<i>S. pyracanthos</i>	MM 1014	Madagascar	Inra GAFL	2012-13-14	■
<i>S. renschii</i>	MM 1015	Afrique	Inra GAFL		
<i>S. richardii</i>	MM 1753	Afrique	Inra GAFL	2013	■
<i>S. rigescens</i>	MM 1224	Afrique du sud	Inra GAFL		
<i>S. rigescentoides</i>	MM 1226	Afrique du sud	Inra GAFL		
<i>S. rostratum</i>	MM 1190	Amérique du nord	Inra GAFL	2014	■
<i>S. rubetorum (rigescens auct. non Jacq)</i>	MM 1018	Afrique	Inra GAFL	2015	
<i>S. scabrum</i>	MM 831	Amérique du nord	Inra GAFL		
<i>S. schimperianum</i>	MM 831	Afrique	Inra GAFL		
<i>S. sisymbriifolium</i>	MM 12192	Amérique centrale	Inra GAFL		
<i>S. stoloniferum</i>	MM 284	Amérique du nord	Inra GAFL		
<i>S. stramonifolium</i>	MM 416	Amérique du sud	Inra Ploudaniel		
<i>S. supinum</i>	MM 1022	Afrique du sud	Inra GAFL		
<i>S. tomentosum</i>	MM 1024	Afrique du sud	Inra GAFL		
<i>S. torvum</i>	STT3	Antilles	Vilmorin	2012-13-15	■
<i>S. trachycarpum</i>	UPV 23392	Amérique du sud	COMAV	2012-13	■
<i>S. trilobatum</i>	MM 1025	Asie du sud	Inra GAFL		
<i>S. viarum</i> (sans épines)	MM 1602	Amérique du sud	Inra GAFL	2012-13-14	■
<i>S. violaceum</i>	MM 497	Asie	Inra GAFL	2012-13-14	■
<i>S. virginianum</i>	MM 511	Asie	Inra GAFL		■
<i>Withania somnifera</i>	MM 1262	Inde	Inra GAFL		
<i>Hybrides F1</i>					
<i>S. aethiopicum</i> Gilo X <i>S. melongena</i>			Inra GAFL	2013-14-15	■
<i>S. linnaeanum</i> X <i>S. melongena</i>			Inra GAFL	2013-14-15	■
<i>S. melongena</i> X <i>S. incanum</i> gr C			Inra GAFL	2014-15	■
<i>S. melongena</i> X <i>S. incanum</i> gr D			Inra GAFL	2013-15	■



*Solanum stoloniferum*



*Solanum citrullifolium*



*Solanum virginianum*



*Solanum cyaneo-purpureum*



*Solanum aethiopicum*  
groupe *aculeatum*



*Solanum chacoenses*



*Solanum violaceum*



*Solanum canense*



*Solanum muricatum*



*Solanum sisymbriifolium*

> PHOTO 2 : EXEMPLES DE QUELQUES SOLANACÉES TESTÉES DANS LE PROJET VASCULÉG



Les semis ont été réalisés à l'INRA d'Avignon selon les mêmes modalités que le screening sur jeunes plantes. L'élevage des plants et le greffage par application horizontale (technique utilisée classiquement pour la production des plants greffés) ont été réalisés par la pépinière « Plants Venaissin » (84). Les essais ont été conduits de 2012 à 2015 en serre multichapelle sur le centre Ctifl de Balandran, à raison d'un essai par an, avec une plantation en mars-avril et un arrachage en septembre-octobre (7 à 8 mois de culture selon l'état en fin de culture). Pour chaque combinaison de greffage, quatre répétitions de trois à quatre plantes ont été mises en place en 2012 et quatre répétitions de sept plantes de 2013 à 2015. Les accessions testées sont indiquées tableau 2, ainsi que le nombre de fois qu'elles ont été testées.

Les variables mesurées ont été les suivantes :

- mortalité en cours de culture ;
- émission de rejets par le porte-greffe ;
- hauteur des plantes (cm) ;
- développement racinaire par observations visuelles ;
- rendement commercial (kg/m<sup>2</sup>) ;
- poids moyen du fruit (g) ;
- rendement commercial précoce, de la première récolte à 20 jours après cette date.

- dosage des alcaloïdes totaux dans les fruits. La famille des solanacées étant connue pour ses alcaloïdes toxiques, nous avons voulu évaluer l'incidence du greffage de l'aubergine sur des porte-greffe (pour la plupart sauvages), sur la teneur en alcaloïdes des fruits récoltés. L'amertume induite par ces composés étant difficilement mesurable, nous avons choisi de sous-traiter cette évaluation avec le laboratoire PhytoDia – Illkirch, qui quantifie les alcaloïdes totaux par la technique de précipitation au réactif de Dragendorff et la réaction à la thio-urée (dosage du bismuth relargué par spectrophotométrie). La bibliographie fournit très peu de seuils de référence acceptables. Aubert *et al.*, (1989) indiquent comme seuil d'agrément gustatif 5 mg/100 g matière fraîche et que la sapidité est excessive au-dessus de 10 mg/100 g matière fraîche. Dans la pratique, Aubert (com. pers.) considère que le rejet gustatif par excès d'amertume écarte tout risque potentiel d'intoxication, les seuils toxiques étant corollaires d'amertume insupportable. Pour les deux types d'essais (A. stade 6-7



> PHOTO 3 : VUE DES CANDIDATS PORTE-GREFFE HUIT JOURS APRÈS GREFFAGE SOUS L'ÉTOUFFÉE

feuilles et B. stade production), les combinaisons expérimentales de greffage ont été comparées à quatre témoins :

- aubergine franc de pied (non greffée), variété F1 Monarca ;
- aubergine F1 Monarca greffée sur le porte-greffe commercial de tomate « Maxifort » (hybride interspécifique de tomate) ;
- aubergine F1 Monarca greffée sur le porte-greffe commercial *Solanum torvum* « STT3 ».

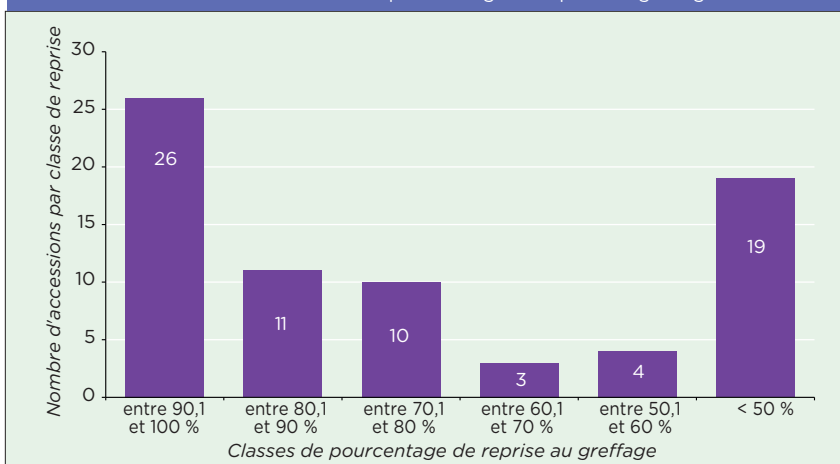
#### RÉSULTATS DU SCREENING DES ACCESSIONS AU STADE 6-7 FEUILLES

Les essais de screening pour la compatibilité au greffage ont permis de mettre en évidence que plus d'un tiers des accessions (35,6 %) avait un pourcentage de reprise entre 90 et 100 % ; près d'un tiers (28,8 %) entre 70 et 90 % ; le

reste (35,6 %) ayant un taux de reprise inférieur à 70 %, niveau largement insuffisant pour que ces accessions soient retenues en l'état (Figure 1). Dans le cas d'un faible taux de reprise, nous avons observé deux types de situation : ■ le point de greffe indique tous les symptômes d'une incompatibilité ; ■ ou bien, il apparaît de qualité et la croissance du greffon est satisfaisante. Dans ce dernier cas, une répétition des essais est nécessaire pour identifier la cause de l'hétérogénéité du taux de reprise : ■ état physiologique ou stade de développement des greffons et porte-greffe, ■ conditions environnementales après le greffage, ■ identité variétale du greffon, ■ ou encore différence entre plantes des porte-greffe d'affinité au greffage avec l'aubergine.

Un nombre non négligeable d'accessions

FIGURE 1 : Affinité au greffage exprimée au travers de la répartition des différentes accessions dans différentes classes de pourcentage de reprise au greffage



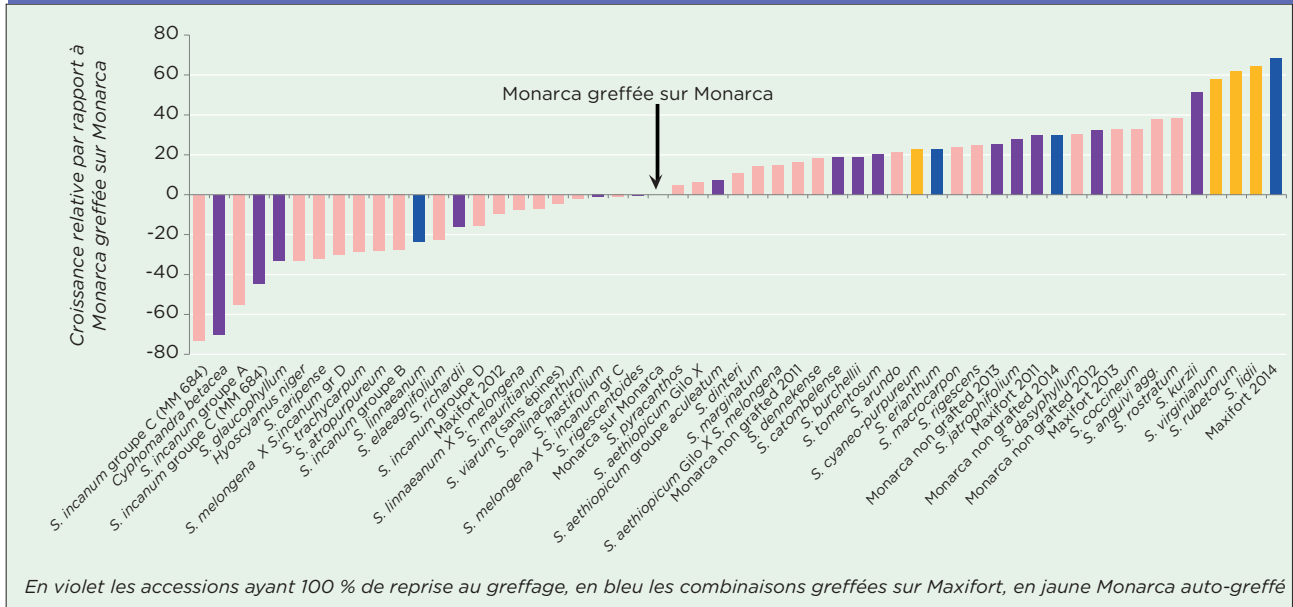


présente une spinosité importante, ce qui constitue un inconvénient pour leur utilisation en greffage. Néanmoins, à un stade jeune, les épines sont le plus souvent molles, ce qui minimise le problème. Certains porte-greffe avec un taux de reprise du greffon supérieur à 80 % (Figure 1) permettent à ce dernier d'afficher une croissance supérieure à celle du témoin Monarca greffé sur Monarca. Les porte-greffe présentant des croissances faibles ont peu d'intérêt comme porte-greffe. Nous avons observé une

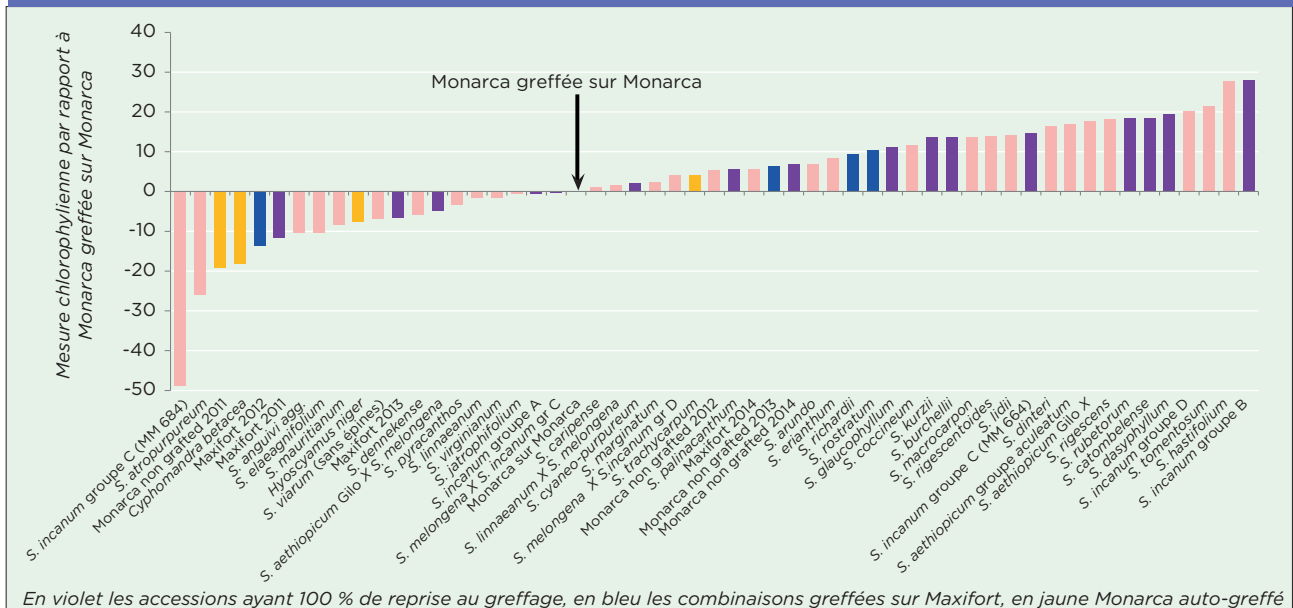
certaine variabilité inter-annuelle de réponse sur les témoins Monarca non greffés ou greffés sur Maxifort. Pour ce porte-greffe, utilisé dans le commerce, les niveaux de reprise ne sont pas les meilleurs, avec les fortes variations entre les années : 2011 et 2012 = 80 % de reprise; 2013 = 58,3 % et 2014 = 100 %. Les porte-greffe donnant la plus forte vigueur au greffon sont : *S. lidii*, *S. rubetorum*, *S. virginianum* et *S. rostratum* (Figure 2). Globalement, les hybrides interspécifiques sont bien placés, bien qu'ils

ne soient pas les porte-greffe qui confèrent le maximum de vigueur au greffon. De même, ce ne sont pas les porte-greffe avec 100 % de reprise au greffage qui présentent les meilleures croissances. La mesure de la teneur en chlorophylle des feuilles du greffon est aussi un indicateur du niveau d'affinité avec le porte-greffe (Figure 3). Nous avons observé qu'il n'y a pas de relation entre, d'une part, la teneur en chlorophylle ( $R^2 = 0,0848$ ) et, d'autre part, la croissance, mesurée par la hauteur des plantes, ou

**FIGURE 2 :** Vigueur induite relative des différentes combinaisons ayant entre 80 et 100 % de reprise au greffage, exprimée au travers de la hauteur par rapport à la combinaison Monarca greffée sur Monarca



**FIGURE 3 :** Teneur en chlorophylle relative des différentes combinaisons de greffage présentant de 80 à 100 % de reprise, par rapport au témoin Monarca greffé sur Monarca





> PHOTO 4 : EXEMPLE DE POINTS DE GREFFE DE DIFFÉRENTES COMBINAISONS TESTÉES

leur poids ( $R^2 = 0,1741$ ). Autrement dit, le classement des accessions induisant la croissance la plus élevée correspond peu à celui de la teneur chlorophyllienne, bien que les accessions ayant 100 % de reprise au greffage aient globalement la teneur en chlorophylle la plus élevée. De même, *S. lidii*, *S. rubetorum*, et *S. rostratum*, en tête de classement pour la croissance (Figure 2), restent également assez bien classés pour la teneur en chlorophylle du greffon (Figure 3), mais c'est moins le cas pour *S. virginianum*. Les photos 4 illustrent les différents types de point de greffe rencontrés. Les espèces les plus éloignées phylogénétiquement de l'aubergine (*S. melongena*) ont globalement présenté une mauvaise soudure du point de greffe. C'est le cas de *Nicotinia tabacum*, *Physalis* spp, *Capsicum* spp., *S. canense* et *S. sisymbriifolium*. Concernant cette dernière espèce, intéressante pour sa résistance à *V. dahliae* (Bletsos et

*al.*, 1998), nos résultats ne confirment pas l'affinité au greffage observée par Bletsos *et al.*, (2003). Nous n'avons que 13 % de reprise au greffage alors que ces auteurs ont observé 70 %. Par contre, nos résultats sont en accord avec ceux obtenus par Rahman *et al.*, (2002) avec cette même espèce. Certaines associations porte-greffe/greffon se sont montrées très prometteuses, que ce soit pour le taux de reprise du greffon, sa croissance ou la qualité des points de greffe. Dans cette catégorie entrent les quelques hybrides interspécifiques. À noter que la technique de greffage utilisée ici est différente de celle pratiquée par les pépiniéristes pour le porte-greffe commercial Maxifort, utilisé ici comme témoin. L'utilisation d'une technique de greffage probablement inadaptée pour ce porte-greffe peut expliquer les pourcentages de reprise aléatoires observés, ainsi que la présence de nécroses au niveau du point de greffe.

#### RÉSULTATS DES TESTS DE GREFFAGE EN CONDITIONS DE PRODUCTION

Des mortalités sont survenues au moment de la plantation pour les porte-greffe *Cyphomandra betacea* et *Nicandra physaloides*, plus tardivement (après la troisième récolte) pour *S. atropurpureum* (75 % des plantes) et *S. coccineum* (53 %), et à un moindre niveau pour *S. mauritianum*, *S. trachycarpum* et *S. viarum*.

Certaines espèces de *Solanum* émettent des rejets de façon non négligeable, très fortement pour *S. acanthoideum*, *S. trachycarpum* et *S. linnaeanum*, et à un moindre niveau pour *S. aculeastrum*, *S. atropurpureum*, *S. pyracanthos* et pour l'hybride interspécifique *S. linnaeanum* x *S. melongena*. Ce problème est aggravé par les épines nombreuses et acérées de ces rejets, en particulier ceux de *S. pyracanthos* (photos 5).

Nos mesures indiquent que la hauteur des plantes et le rendement commer-



cial sont liés. L'hybride interspécifique (*S. melongena* X *S. incanum* groupe C) a un rendement largement supérieur à celui des meilleurs témoins, Maxifort et *S. torvum* STT3 (Figure 4). Plusieurs combinaisons de greffage donnent des rendements comparables à ces deux témoins : c'est le cas des hybrides interspécifiques F1 (*S. aethiopicum* Gilo X *S. melongena*) et F1 (*S. linnaeanum* x *S. melongena*), de *S. aethiopicum* gr Gilo, *S. anguivi*, des *S. incanum* groupe A et D, *S. macrocarpon*, *S. pyracanthos*, *S. rostratum*, et de *S. violaceum* (Figure 4). Par contre de nombreux porte-greffe testés donnent un rendement faible, voire très faible comme *S. trachycarpum*, *S. mauritianum* ou *S. hastifolium*. Bien que d'un mauvais rendement, le point de greffe de la combinaison avec *S. mauritianum* ne montre pas de symptôme d'incompatibilité avec le greffon aubergine.

Au regard des hybrides interspécifiques, les résultats au niveau agronomique sont égaux ou meilleurs que pour les espèces botaniques d'origine.

Les meilleurs poids moyens des fruits, (Figure 5), sont notés pour le témoin Monarca non greffé, et pour les combinaisons ayant les meilleurs rendements. Les fruits les plus petits sont observés sur les combinaisons de greffage dont les rendements sont les plus faibles, ce que l'on peut interpréter comme deux manifestations d'une médiocre affinité en greffage. Autre point non négligeable pour les producteurs, la précocité de mise à fruits (Figure 6). Nous l'avons évaluée en calculant le rendement commercial par m<sup>2</sup> de la première récolte à 20 jours après cette date. C'est le *S. trachycarpum* qui est la combinaison la plus précoce, mais qui est aussi la combinaison avec le plus faible rendement commercialisable. Suivent *S. atropurpureum* dans la même situation, et *Nicandra physaloides* et *S. rostratum*, elles trois ayant de bons rendements. D'autres espèces ont une mise à fruits tardive comme *S. hastifolium*, *S. erianthum* ou *S. coccineum*.

Nous avons observé de grandes différences de vigueur et d'architecture des systèmes racinaires des différents porte-greffe testés (les résultats ne sont pas présentés dans cet article).

Concernant le dosage des alcaloïdes totaux dans les fruits, la teneur des fruits du témoin Monarca non greffé a été de 16 mg/100 g matière fraîche (Figure 7). Des teneurs supérieures au témoin ont été mesurées avec les porte-



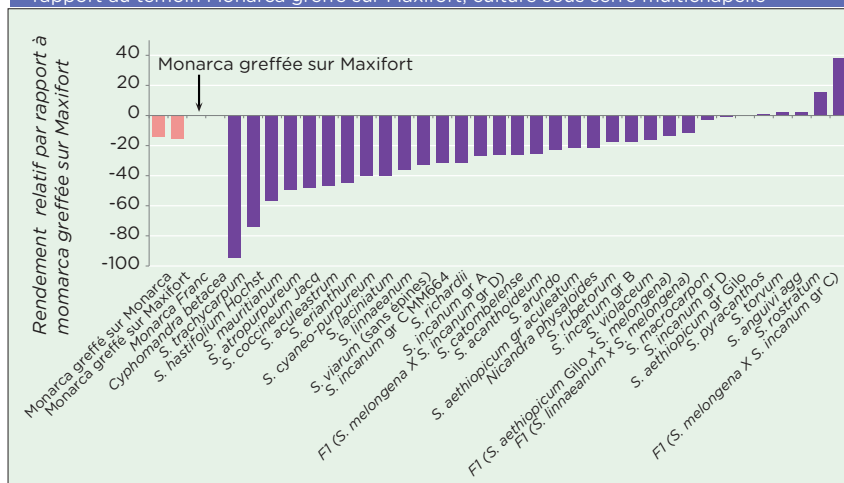
*Solanum aculeatissimum*



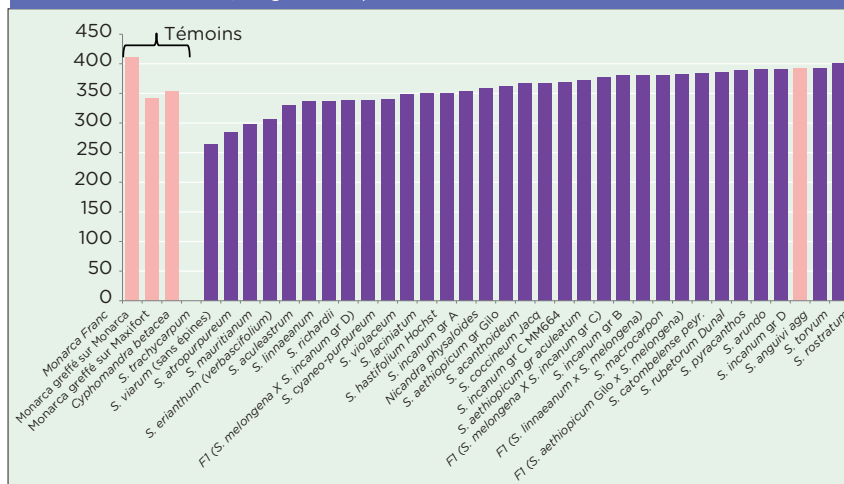
*Solanum pyracanthos*

> PHOTO 5 : EXEMPLE D'ÉPINES QUE PEUVENT ÉMETTRE CERTAINS SOLANUM

**FIGURE 4 :** Rendement commercial relatif, 60 jours après plantation, avec les différentes espèces botaniques testées comme porte-greffe avec la variété Monarca, par rapport au témoin Monarca greffé sur Maxifort, culture sous serre multichapelle



**FIGURE 5 :** Poids moyen des fruits commercialisables pour les différentes combinaisons testées, en grammes par fruit





> PHOTO 6 : VUE D'UN ESSAI SUR LE CENTRE DE BALANDRAN AVEC LES NOUVEAUX CANDIDATS PORTE GREFFE, DÈS LES PREMIERS STADES DES DIFFÉRENCES IMPORTANTES DE CROISSANCE SONT OBSERVÉES

FIGURE 6 : La précocité de mise à fruits et rendement/m<sup>2</sup> à 20 jours

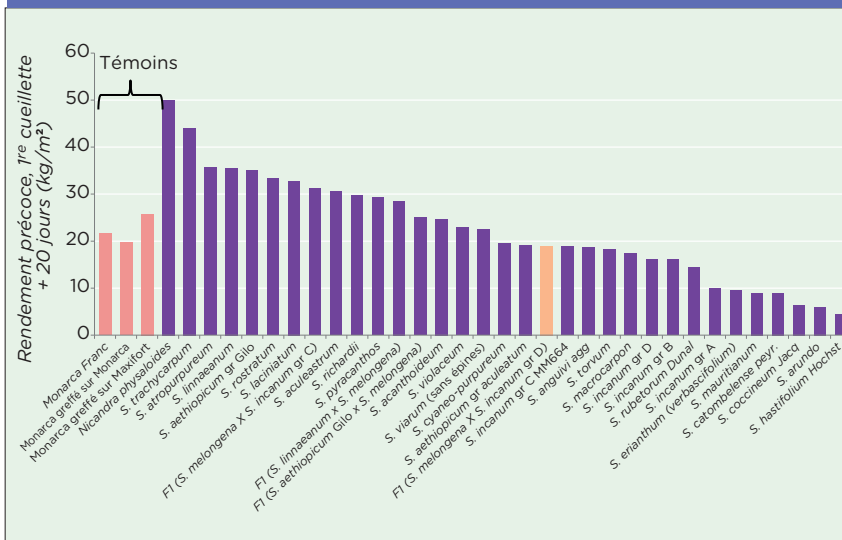
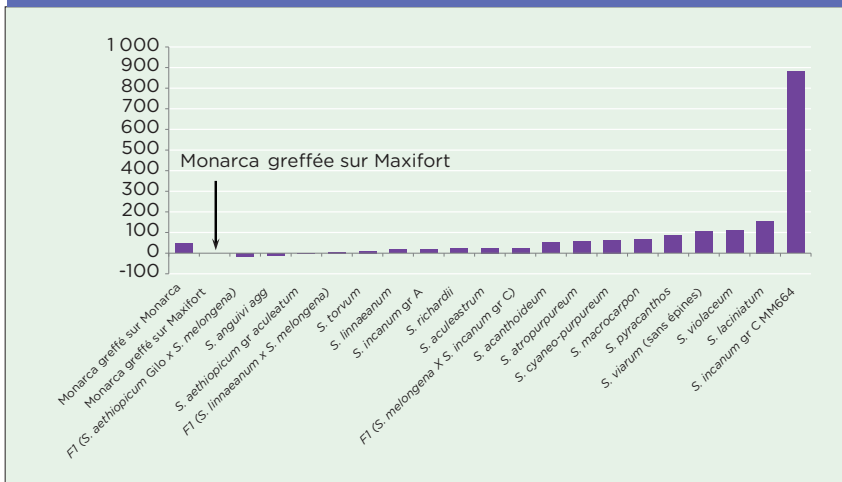


FIGURE 7 : Teneur en alcaloïdes totaux des fruits par rapport aux fruits de Monarca greffée sur Maxifort exprimée en équivalent solanine en mg/100 g MF



greffe *S. pyracanthos*, *S. viarum*, *S. violaceum*, *S. laciniatum* et les hybrides interspécifiques F<sub>1</sub> (*S. linnaeanum* X *S. melongena*) et F<sub>1</sub> (*S. melongena* X *S. incanum* D). On remarquera la teneur en alcaloïdes très élevée mesurée pour *S. incanum* gr C.

Ces résultats sur la teneur en alcaloïdes des fruits d'aubergine issus de plantes greffées doivent être considérés comme préliminaires, car ils ont été obtenus sur de faibles échantillonnages de fruits, du fait du coût élevé des mesures. Cependant, ils indiquent qu'il est raisonnable de se préoccuper de la toxicité potentielle des fruits, susceptible d'être induite par l'usage de nouveaux porte-greffe appartenant à la famille des solanacées.

#### CONCLUSION SUR LES EXPÉRIMENTATIONS DE NOUVEAUX PORTE-GREFFE

Les résultats sur l'affinité en greffage entre l'aubergine (greffon) et de nombreuses espèces de Solanacées (porte-greffe), ainsi que ceux sur les performances agronomiques, ont mis en évidence l'intérêt de certaines espèces, en particulier *S. aethiopicum* gr. *Aculeatum*, *S. aethiopicum* groupe Gilo, *S. anguivi*, *S. incanum* (groupes A, B, C, D) et *S. macrocarpon*, ainsi que des hybrides interspécifiques: F<sub>1</sub> *S. aethiopicum* groupe Gilo x *S. melongena*, F<sub>1</sub> *S. melongena* x *S. incanum* groupe C et D et F<sub>1</sub> *S. linnaeanum* x *S. melongena*. Le tableau 3 donne une synthèse des résultats pour les accessions ayant fait l'objet des essais de comportement agronomique. Ce tableau illustre la complexité de l'expression agronomique de l'affinité en greffage entre deux partenaires, ainsi que la difficulté à identifier des porte-greffe qui donnent de bons résultats pour l'ensemble des critères agronomiques de cette affinité.

En termes de perspectives, les performances agronomiques des meilleurs porte-greffe identifiés à ce jour sont à revoir en particulier dans diverses conditions de production. Il sera aussi nécessaire de préciser leurs niveaux de résistance vis-à-vis des races 1 et 2 de *Verticillium*, des nématodes à galles et de *C. coccodes*. La vigueur et l'architecture racinaire mériteraient d'être caractérisées précisément. Enfin, la teneur en alcaloïdes des fruits d'aubergine produits sur ces porte-greffe doit être également précisée.



**TABEAU 3 : BILAN SYNTHÉTIQUE DES RÉSULTATS DE L'ÉVALUATION DE SOLANACÉES COMME PORTE-GREFFE DE L'AUBERGINE**

	% de rejets des porte-greffe	Mortalité	Hauteur des plantes	Précocité de récolte	Rendement commercial précoce	Poids moyen des fruits	Teneur en alcaloïdes totaux	Sensibilité au <i>Verticillium</i>
<i>Cyphomandra betacea</i>								
F1 ( <i>S. linnaeanum</i> x <i>S. melongena</i> )								
F1 ( <i>S. aethiopicum</i> Gilo x <i>S. melongena</i> )								
F1 ( <i>S. melongena</i> X <i>S. incanum</i> gr C)								
F1 ( <i>S. melongena</i> X <i>S. incanum</i> gr D)								
<i>Nicandra physaloides</i>								
<i>S. acanthoideum</i>								
<i>S. aculeastrum</i>								
<i>S. aethiopicum</i> gr <i>aculeatum</i>								
<i>S. aethiopicum</i> gr Gilo								
<i>S. anguivi</i> agg								
<i>S. atropurpureum</i>								
<i>S. arundo</i>								
<i>S. catombelense</i>								
<i>S. coccineum</i>								
<i>S. cyaneo-purpureum</i>								
<i>S. erianthum</i>								
<i>S. hastifolium</i>								
<i>S. incanum</i> groupe A								
<i>S. incanum</i> groupe B								
<i>S. incanum</i> groupe C								
<i>S. incanum</i> groupe D								
<i>S. laciniatum</i>								
<i>S. linnaeanum</i>								
<i>S. macrocarpon</i>								
<i>S. mauritanium</i>								
<i>S. pyracanthos</i>								
<i>S. richardii</i>								
<i>S. rostratum</i>								
<i>S. rubetorum</i>								
<i>S. torvum</i>								
<i>S. trachycarpum</i>								
<i>S. viarum</i> (sans épines)								
<i>S. violaceum</i>								

Couleur pour le critère considéré : en rouge mauvais résultat ; en jaune moyen ; en vert bon ; en gris absence de données.



## AUTRES MOYENS ALTERNATIFS DE PROTECTION

Différentes techniques alternatives peuvent se substituer ou compléter l'utilisation de porte-greffe ou de variétés génétiquement résistants aux maladies du sol. Parmi la gamme de ces moyens de protection alternatifs ou supplémentaires, nous avons retenu la biofumigation, l'utilisation d'agents biologiques et de stimulateurs de défense naturelle des plantes.

- La biofumigation: lorsque les végétaux incorporés dans le sol dégagent en se dégradant des composés biocides, on parle alors de biofumigation. Et si l'on provoque une situation anaérobie par l'adjonction d'un film plastique, la technique prend le nom d'« anaerobic soil disinfestation » (désinfestation anaérobie des sols) ou de « biological soil disinfestation » selon les publications (Goud *et al.*, 2003; Momma, 2008). La mise en place de plantes de coupure – comme les intercultures assainissantes – peut, via des mécanismes mal connus, avoir un impact sur les populations de bioagresseurs ou sur les communautés microbiennes et permettre une réduction de l'expression des bioagresseurs. Pour *Verticillium*, c'est la biofumigation qui s'est révélée la plus efficace (Subbarao et Hubbard, 1996; Neubauer *et al.*, 2014). La technique utilisée dans le projet pour l'aubergine a consisté à apporter des bouchons de moutarde déshydratée. Au contact de l'eau, ils dégagent des isothiocyanates par hydrolyse des glucosinolates. Les isothiocyanates ont des propriétés biocides, mais vont aussi, par l'apport de matières organiques, avoir un impact sur les communautés microbiennes

- L'utilisation d'agents biologiques: de nombreuses études conduites en conditions contrôlées, plus rarement dans les conditions de production, ont montré l'intérêt des agents biologiques pour la protection, via des mécanismes divers, contre la verticilliose. Leur rôle a été largement mis en évidence dans les sols naturellement résistants à certaines maladies d'origine tellurique (Louvet *et al.*, 1976; Fravel *et al.*, 2003). Les agents biologiques testés dans le cadre de VASCULÉG sont les suivants: - *Fusarium oxysporum* non pathogène Fo47<sup>2</sup> et *Pseudomonas fluores-*

2 - Les spécialités testées dans le cadre de ce projet le sont à des fins d'expérimentations et ceci ne constitue en rien des préconisations. Rappelons que pour être utilisée, une spécialité commerciale à destination de

**TABLEAU 4 : EFFICACITÉ DES DIFFÉRENTES TECHNIQUES ALTERNATIVES EXPÉRIMENTÉES**

<b>Biofumigation</b>	
Moutarde déshydratée	0
<b>Agents biologiques</b>	
Fo47	0
A6R6	0
Fo47 + A6R6	+
<i>Glomus (Rhizophagus) intraradices</i>	0
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	0
<i>Trichoderma harzianum</i> T22	0
<b>Stimulateur de Défense des Plantes</b>	
Acibenzolar-s-Méthyl seul	+
Acibenzolar-s-Méthyl + Fo47 + A6R6	+

0 = pas d'efficacité obtenue dans les essais ; + = légère efficacité ; ++ = efficacité certaine mais insuffisante ; +++ = efficace

*cens*, A6R6. Ces deux agents biologiques présentent des actions complémentaires et sont impliqués dans les phénomènes de résistance des sols de Châteaurenard; - des mycorhizes (MYC4000). Ce produit est commercialisé par ITECH. Il est composé de *Glomus intraradices* dont le nouveau nom est désormais *Rhizophagus intraradices*; - une bactérie probiotique (*Bacillus amyloliquefaciens* IT45 RHIZOCELL C); - un champignon, *Trichoderma harzianum* [souche T22, forme commerciale Triatum).

- L'utilisation de Stimulateurs de défense des plantes (SDP): les possibilités offertes par les SDP ont été assez largement étudiées, le plus souvent en conditions contrôlées, sur *F. oxysporum* et sur *Verticillium*. Un précédent projet Casdar a souligné la dépendance de l'expression des résistances induites à l'identité des variétés (Torres et Ade, 2015). Le SDP utilisé dans VASCULÉG est le BION 50 WG (Acibenzolar-s-Méthyl). Des travaux récents ont montré l'intérêt que peuvent présenter des applications au sol par rapport à des applications foliaires plus traditionnelles (Graham et Myers, 2011). Parmi les trois groupes de techniques alternatives expérimentées au cours du projet VASCULÉG, aucun n'a permis une réduction marquée des symptômes causés par *Verticillium*, ni une amélioration du rendement (Tableau 4). Ce résultat décevant est peut-être dû à une conjonction de facteurs comme une pression

protection des plantes nécessite une Autorisation de mise en marché selon le règlement 1107/2009

parasitaire souvent forte dans les sols où les expérimentations ont été conduites, la diversité des bioagresseurs, leurs interactions probables, ainsi que l'hétérogénéité des bioagresseurs dans les parcelles. Mais il est possible aussi que l'effet bénéfique de ces techniques, en particulier celles qui touchent à la vie biologique du sol, soit progressif et nécessite du temps pour s'exprimer, ce qui n'est pas possible d'apprécier dans le cadre de projets à court terme comme VASCULÉG.

À défaut de bénéfices agronomiques nets, certaines des techniques testées induisent soit une réduction soit un retard dans l'apparition des symptômes, ce qui ouvre des pistes de travail intéressantes. Nous avons aussi observé des tendances à une amélioration du système racinaire en termes de volume, densité du chevelu ou augmentation des éléments nutritifs. Globalement, les stratégies agronomiques de protection contre les maladies du sol restent donc potentiellement intéressantes, mais elles demandent des expérimentations complémentaires et sur des pas de temps de plusieurs années. Elles doivent aussi prendre en compte l'ensemble des bioagresseurs -et non un spécifiquement- dans la mesure où l'on se trouve, dans la plupart des sols, face à un cortège parasitaire. Le projet VASCULÉG souligne combien il est illusoire de conduire la recherche de solutions alternatives agronomiques à court terme et sur un seul bioagresseur. C'est à la fois la durée dans le temps, le cortège parasitaire du sol et le rétablissement d'un équilibre biologique du sol dans leur ensemble qu'il faut intégrer.



## CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Notre étude montre que les bioagresseurs du sol peuvent s'adapter aux pratiques culturales, surtout lorsqu'elles sont intensives et peu diversifiées. Le greffage sur porte-greffe « tomate » généralisé comme solution de remplacement de la désinfection chimique des sols, par exemple, n'empêche pas les dépérissements dans la production d'aubergine.

La recherche, dans les collections de ressources génétiques d'espèces apparentées à la tomate et à l'aubergine, de résistances capables de contrôler les souches de *Verticillium* attaquant les porte greffe commerciaux, était programmée dans le projet VASCULÉG. Cette recherche s'est heurtée à l'obtention de résultats le plus souvent confus, faute de connaissance suffisante des isolats utilisés (nous avons cependant identifié quelques accessions de tomates sauvages résistantes aux souches contournant le gène *Ve*). Le deuxième résultat important de VASCULÉG est donc la révélation de la nécessité de recherches en pathologie végétale, afin de reprendre la caractérisation du/des agents pathogènes connus jusqu'à présent sous les noms classiques de *V. dahliae* races 0 et 1. Mais *V. dahliae* n'est qu'une des composantes du complexe parasitaire affectant les plantes greffées et flétrées, peut-être la plus visible extérieurement par les symptômes de flétrissement et jaunissement qu'il engendre sur la plante. Cette situation a deux implications. D'une part, elle peut orienter la recherche vers des porte-greffe présentant un bon comportement vis-à-vis d'une large gamme de bioagresseurs. D'autre part, elle montre les limites de l'utilisation exclusive de la résistance génétique des plantes et la nécessité de l'épauler avec la pratique de techniques alternatives et complémentaires, de protection, telles que l'utilisation des agents biologiques, la biofumigation, la bio désinfestation, sans oublier la diversification des cultures dans la rotation... Le troisième résultat important du projet VASCULÉG est la mise en évidence de l'intérêt des ressources génétiques pour trouver des solutions originales, tant en termes de résistance au *Verticillium*, qu'en termes de nouveaux porte-greffe. L'intérêt stratégique des collections de ressources génétiques intra-spécifiques et inter-spécifiques, a été mis en exergue. C'est en particulier le cas des collections d'aubergine et de tomate de l'INRA, qui recèlent des accessions très intéressantes à exploiter

à l'avenir par les sélectionneurs, pour la résistance au *Verticillium* mais aussi pour l'affinité en greffage.

Notre recherche de nouveaux porte-greffe est originale de par le nombre (et la rareté dans les collections) des espèces de Solanacées expérimentées. Elle a révélé les potentialités de plusieurs espèces botaniques apparentées à *S. melongena*, comme nouveaux porte-greffe ayant des performances agronomiques prometteuses. On peut porter comme quatrième résultat majeur de VASCULÉG l'ampleur des perspectives apportées dans le domaine des nouveaux porte-greffe de l'aubergine, par rapport à des études récentes dans ce domaine (Gisbert *et al.*, 2011), et comme cinquième résultat, la démonstration de la complexité de l'expression agronomique de l'affinité entre porte-greffe et greffon. De plus, au sein des accessions testées, nous avons observé dans de nombreux cas une forte variabilité interplantes pour la réponse à l'affinité au greffage. Ceci suggère qu'il est possible de sélectionner pour cette aptitude, sous réserve de disposer de critères précoces et fiables. Cette situation légitime, lors de la recherche de résistances, l'élargissement du périmètre d'étude aux divers bioagresseurs affectant la culture d'aubergine. L'utilisation des espèces apparentées en greffage peut se faire soit directement soit par le recours à des hybrides interspécifiques. Nous avons testé ici quelques hybrides expérimentaux issus du croisement entre l'aubergine et des espèces apparentées, mais on peut aussi envisager la création d'hybrides interspécifiques entre espèces apparentées, sous réserve de la possibilité d'en produire facilement des semences. Cet aspect est indispensable pour tout matériel à destination commerciale. Ces voies ont encore été peu exploitées pour la recherche de porte-greffe spécifiques de l'aubergine (Daunay et Hazra, 2012). Différents travaux ont porté sur les possibilités de croisements interspécifiques (par exemple Daunay *et al.*, 1999; Daunay, 2008; Plazas *et al.*, 2016), mais ils sont le plus souvent orientés sur la recherche de résistances aux bioagresseurs (Rao et Kumar, 1980; Alconero *et al.*, 1988; Sunseri *et al.*, 2003; Budici et Cirulli, 2008; Den-wei *et al.*, 2014; Liu *et al.*, 2015).

Il est à noter que notre travail a porté en général sur une accession par espèce. Nous avons constaté avec le greffage sur deux accessions de *S. incanum* groupe C, des comportements assez différents (MM 664: 100 % de reprise au greffage et pour

MM 684: 80 %). Il y a un intérêt certain à établir un travail sur la variabilité intraspécifique pour l'affinité en greffage avec *S. melongena*, sous réserve de disposer, en collection, de la variabilité intraspécifique. Ce n'est pas le cas pour de nombreuses espèces proches de *S. melongena*, certaines étant en voie d'extinction (Syfert *et al.*, 2016). Les techniques alternatives au greffage, qui ont été expérimentées, n'ont pas donné des résultats à la hauteur de nos espérances. Elles apportent, au mieux, un retard dans l'apparition des symptômes. Ces résultats contredisent d'autres travaux, comme par exemple, l'effet protecteur vis-à-vis de *V. dahliae* du Fo 47 dans les cultures de poivrons (Veloso *et al.*, 2015) et de tourteaux de graines de brassicacées (Neubauer *et al.*, 2015). L'explication peut en être une trop forte pression parasitaire, notamment la présence dans les essais de nématodes de type *Meloidogyne* spp. ainsi que la présence de nombreux autres champignons que *Verticillium*. Un sixième résultat majeur de VASCULÉG est la mise en évidence de la nécessité d'aborder les techniques agronomiques alternatives (ou complémentaires du greffage) pour lutter contre les maladies du sol, à la fois dans la durée et la complexité de la vie biologique du sol. Des recherches complémentaires sont indispensables pour mieux maîtriser l'utilisation de ces techniques, en particulier en termes de modes et époques d'apport les plus appropriés, par exemple en combinant des techniques visant l'ensemble de bioagresseurs responsables des problèmes phytosanitaires actuels. Il est également nécessaire de mieux comprendre les mécanismes en jeu, en particulier sur la vie biologique du sol. VASCULÉG a montré que le déploiement futur de nouvelles résistances devra être accompagné chez les producteurs de techniques de production favorisant davantage les équilibres biologiques des sols, afin de réduire les cortèges parasitaires créés par une culture intensive. ■

Avec la collaboration de l'ensemble des participants au projet VASCULÉG volet aubergine : François Bertrand (Monsanto), Mireille Buisson (Gautier semences), David Bouvard (Acpel), Sylvia Chaneac (Takii), Dominique Chambeyron (Enza Zaden), Henri Clerc (Invenio), Carole Constant (Sakata), Gregori Bonnet (Syngenta), Véronique Edel-Hermann (INRA Dijon, UMR 1347), Nadine Gautheron (INRA Dijon, UMR 1347), Claire Goillon (Aprel), Daniel Izard (CA 84), Isabelle Justafre (HM Clause) Robert Legnani (Takii), Hélène Pallier (Gautier semences), Christian Steinberg (INRA Dijon, UMR 1347), Marc Villeveille (Rijk-Zwaan)



## BIBLIOGRAPHIE

- Alconero R., Robinson R.W., Dicklow B., Shail J., 1988. Verticillium wilt resistance in eggplant, related *Solanum* species and interspecific hybrids. *Hortscience*, 23: p. 388-390.
- Aubert S., Daunay M.C., Pochard E., 1989. Saponosides stéroïdiques de l'aubergine (*Solanum melongena* L.) I. Intérêt alimentaire, méthodologie d'analyse, localisation dans le fruit. *Agronomie*, 9: p. 641-651.
- Baergen K.D., Hewitt J.D., St. Clair D.A., 1993. Resistance of tomato genotypes to four isolates of *Verticillium dahliae* race 2. *Hortscience*, 28: p. 833-836.
- Budici G., Cirulli M., 2008. Screening and selection of eggplant and wild related species for resistance to *Leveillula taurica*. *Euphytica*, 164: p. 339-345.
- Daunay M.-C., 2008. Eggplant. In: *Handbook of Plant Breeding Vol 2 : Vegetables II Fabaceae, Liliaceae, Solanaceae and Umbelliferae* (eds. J. Prohens & F. Nuez), p. 163-220. Springer, New York
- Daunay M.-C., Dalmon A., Lester R.N., 1999. Management of a collection of *Solanum* species for eggplant (*Solanum melongena*) breeding purposes. In: *Solanaceae IV: Advances in Biology and Utilization* (eds. M Nee, DE Symon, RN Lester & JP Jessop), p. 369-383. Kew, Royal Botanic Gardens.
- Daunay M.C., Hazra P., 2012. Chapter 9: Eggplant. Pp 257-322 In *Handbook of Vegetables*, P. Hazra & K.V. Peter (Eds), Studium Press, USA
- Den-wei J., Liu Y., Ce S., Min C., Qing Y., 2014. Cloning and characterization of a *Solanum torvum* NPR1 gene involved in regulating plant resistance to *Verticillium dahliae*. *Acta physiologiae plantarum*, 36: p. 2999-3011.
- Fravel D., Olivain C. Alabouvette C., 2003. *Fusarium oxysporum* and its biocontrol. *New Phytologist*, 157: p. 493-502.
- Gisbert C., Prohens J., Raigón M.D., Stommel J.R., Nuez F., 2011. Eggplant relatives as sources of variation for developing new rootstocks: Effects of grafting on eggplant yield and fruit apparent quality and composition. *Scientia horticulturae*, 128: p. 14-23.
- Goud J.C., Termorshuizen A.J., Blok W.J., van Bruggen A.H.C., 2003. Long-term effect of biological soil disinfestation on *Verticillium* wilt. *Plant Disease*, 88: p. 688-694.
- Graham J.H., Myers M.E., 2011. Soil drenches of imidacloprid, thiamethoxam and acibenzolar-S-methyl for induction of SAR to control citrus canker in young citrus trees. *Plant Disease*, 95: p. 725-728.
- Hayes R.J., Maruthachalam K., Vallad G.E., Klosterman S.J., Subbarao K.V. 2011. Selection for resistance to *Verticillium* wilt caused by race 2 isolates of *Verticillium dahliae* in accessions of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Hortscience*, 46: p. 201-206.
- Inderbitzin P., Subbarao K.V., 2014. *Verticillium* systematics and evolution: How confusion impedes *Verticillium* wilt management and how to resolve it. *Phytopathology*, 104: p. 564-574.
- Liu J., Zheng Z., Zhou X., Feng C., Zhuang Y., 2015. Improving the resistance of eggplant (*Solanum melongena*) to *Verticillium* wilt using wild species *Solanum linnaeanum*. *Euphytica*, 201: p. 463-469.
- Louvet J., Rouxel F., Alabouvette C., 1976. Recherches sur la résistance des sols aux maladies 1. Mise en évidence de la nature microbiologique de la résistance d'un sol au développement de la fusariose vasculaire du melon. *Annales de Phytopathologie*, 8: p. 425-436.
- Maruthachalam K., Atallah Z.K., Vallad G.E., Klosterman S.J., Hayes R.J., Davis R M., Subbarao K.V. 2010. Molecular variation among isolates of *Verticillium dahliae* and polymerase chain reaction based differentiation of races. *Phytopathology* 100: p. 1222-1230.
- Momma N., 2008. Biological soil disinfestation (BSD) of soil-borne pathogens and its possible mechanisms. *Japan agricultural research quarterly*, 42: p. 7-12.
- Neubauer C., Hüntemann K., Heitmann B., Müller C., 2015. Suppression of *Verticillium dahliae* by glucosinolate-containing seed meal amendments. *European journal of plant pathology*, 142: p. 239-249
- Perrot S., Bertrand F., Bonnet G., Brand R., Buisson M., Dousse S., Marchal C., Pariaud B., Villevieille M., Grimault V., 2013. Influence du contexte génétique sur l'évaluation de la résistance intermédiaire en DHS : exemple de l'évaluation de la résistance de la tomate à *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* race 2 et *Verticillium dahliae*. *Innovations agronomiques*, 27: p. 59-70
- Plazas M., Vilanova P., Gramazio S., Rodríguez-Burruezo A., Fita A., Herraiz F.J., Ranil R., et al., 2016. Interspecific hybridization between eggplant and wild relatives from different gene pools. *Journal of the american society for horticultural science*, 141: p. 34-44
- Rao G.R., Kumar A., 1980. Some observations on interspecific hybrids of *Solanum melongena* L. *Proceedings of the Indian Academy of Sciences (Plant Sciences)*, 89: p. 117-121.
- Subbarao K.V., Hubbard J.C., 1996. Interactive effects of broccoli residue and temperature on *Verticillium dahliae* microsclerotia in soil and on wilt in cauliflower. *Phytopathology*, 86: p. 1303-1310.
- Sunseri F., Sciancalepore A., Martelli G., Acciarri N., Rotino G.L., Valentina D., Tamiotti G., 2003. Development of a RAPD-AFLP map of eggplant and improvement of tolerance to *Verticillium* wilt. *Acta Horticulturae*, 625: p. 197-198.
- Syfert M.M., Castañeda-Álvarez N.P., Khoury C.K., Särkinen T., Sosa C.C., Achicanoy H.A., Bernau V., Prohens J., Daunay M.-C., Knapp S., 2016. Crop wild relatives of the brinjal eggplant (*Solanum melongena*): Poorly represented in genebanks and many species at risk of extinction. *American journal of botany*, 103: p. 635-651.
- Torres M., Ade C., 2015. Les stimulateurs de défenses des plantes (SDP) appliqués aux cultures légumières : les résultats du projet DEFILég. *Infos-Ctifl*, 310: p. 50-57.
- Veloso J., Alabouvette C., Olivain C., Flors V., Pastor V., García T., Díaz, J., 2015. Modes of action of the protective strain F047 in controlling *Verticillium* wilt of pepper. *Plant Pathology*, 65: p. 997-1007.
- Villeneuve F., Latour F., Théry T., Fournier C., Erard P., Edel-Hermann V., Gautheron N., Steinberg C., Daunay M.-C., 2016. *Verticillium* chez l'aubergine à travers le projet VASCULég : bioagresseurs présents et caractérisation (1ère partie). *Infos-Ctifl*, 322: p. 40-48.