Resistance des Solanacees a Globodera et influence de certains facteurs sur les resultats des tests de resistance.

Didier Mugniery

► To cite this version:

Didier Mugniery. Resistance des Solanacees a Globodera et influence de certains facteurs sur les resultats des tests de resistance.. Bulletin OEPP, 1985, 15, pp.199-206. hal-02725006

HAL Id: hal-02725006

<https://hal.inrae.fr/hal-02725006>

Submitted on 2 Jun 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.

Copyright

Résistance des solanacées à *Globodera* et influence de certains facteurs sur les résultats des tests de résistance¹

par D. MUGNIÉRY

INRA, Laboratoire de Recherches de la Chaire de Zoologie, B.P. 29, 35650 Le Rheu (France)

La résistance à *Globodera rostochiensis* et à *G. pallida* chez la quasi-totalité des clones de pommes de terre connus s'exprime essentiellement par un blocage du développement des larves L2 et, pour les individus qui parviennent à se développer, par une orientation préférentielle vers le phénotype mâle. Tout effet défavorable sur les nématodes accentue ces deux phénomènes. Certains effets, tels que la compétition intraspécifique, le vieillissement des larves et les interactions avec la population choisie comme inoculum standard, sont analysés. Il en ressort que, quel que soit le type de test pratiqué, en pots ou en boîtes de Pétri, il faut porter la plus grande attention à l'origine de l'inoculum et l'idéal est d'utiliser une population se développant bien dans les clones sans résistance. Ce choix fait, il convient de limiter les niveaux de compétition intraspécifique: en boîtes de Pétri, un effectif de cinq larves par racine est un optimum; en pots, une densité de 0,25 larves par g de sol est souhaitable. Pour les tests exécutés en boîtes de Pétri, il faut veiller à ne pas utiliser des larves conservées trop longtemps à basse température, condition classique de conservation qui diminue leur potentiel infectieux.

Introduction

Selon l'arrêté concernant la lutte contre le «nématode doré de la pomme de terre» (J.O., 1972, 1973), un cultivar de pomme de terre est considéré comme résistant aux nématodes à kystes, *Globodera rostochiensis* et *G. pallida*, si sa culture en parcelle contaminée entraîne une diminution des populations présentes. Cette diminution peut être la conséquence d'une modification qualitative et quantitative des exsudats radiculaires provoquant l'éclosion (Farrer & Phillips, 1983). En fait, étant donné le matériel végétal dont on dispose actuellement, cette diminution de population est pratiquement toujours due à l'impossibilité pour les nématodes de se développer jusqu'au stade adulte femelle. La résistance peut être totale quand elle est transmise par *Solanum andigenum* CPC 1673 vis-à-vis de *G. rostochiensis* race A (Ro1), partielle quand elle est transmise par *S. vernei* vis-à-vis de *G. rostochiensis* et *G. pallida*.

Tester la résistance d'un cultivar soumis à l'inscription correspond à mettre en contact plante et nématode pour déterminer l'importance de la multiplication du parasite. Selon le taux de multiplication observé, qu'il soit indiqué en valeur absolue ou relative, le cultivar sera ou non certifié résistant. Divers facteurs peuvent plus ou moins modifier ces taux de multiplication et, par là même, modifier le jugement de résistance émis.

Après avoir indiqué quelles formes de résistance existent, nous analyserons l'influence de certains facteurs pouvant affecter les taux de multiplication observés lors des tests: compétition intraspécifique, variabilité de certaines populations de nématodes et leur état physiologique.

Formes de résistance

Exsudats radiculaires

Pour éclore, et par la suite pénétrer dans les racines et s'y développer, les larves de *Globodera* doivent être stimulées par les exsudats radiculaires des solanacées. Par la suite, toute solanacée

¹ Communication présentée au Colloque OEPP sur les nématodes à kystes, Münster (RFA), 26-28 juin 1984.

dépourvue d'exsudats radiculaires stimulant l'éclosion des larves présente une résistance de fait aux *Globodera*: *S. melongena* manifeste cette caractéristique, bien qu'étant dépourvu de toute barrière génétique s'opposant au développement des larves jusqu'au stade adulte femelle (tableau 1).

Certains clones de *S. vernei* sont caractérisés par une émission différée de leurs exsudats radiculaires (Farrer & Phillips, 1983): l'éclosion des larves est donc fortement retardée et, quand cette éclosion se produit, les larves se retrouvent en état de compétition limitant leur développement.

Même chez les cultivars de pommes de terre, on enregistre de très fortes différences quantitatives d'activité des exsudats radiculaires: le cv. Record provoque très peu d'éclosion larvaire par rapport à d'autres cultivars (Evans & Franco, 1979). Cependant, on note des interactions très nettes «cultivars x espèces de *Globodera*» (Evans & Franco, 1979) et «cultivars x populations de *Globodera*» (Mugniéry, 1982a). De plus, certains facteurs comme la photopériode peuvent modifier le sens et l'importance de ces interactions (Evans, 1982).

Ces exemples montrent l'importance à accorder à la pratique des tests de résistance vis-à-vis des populations locales et aux endroits où ces cultivars sont susceptibles d'être cultivés. Tout résultat acquis dans un lieu donné vis-à-vis d'une population donnée n'est pas nécessairement transposable (Tarté, 1979).

Résistance au développement

Les larves écloses pénètrent dans les racines et induisent la formation de cellules géantes nécessaires à leur développement. Si la résistance est totale, l'induction de cellules est faible ou nulle et seuls quelques nématodes parviennent au stade adulte mâle, mais aucun au stade adulte femelle. Si la résistance est partielle, une proportion variable mais faible parvient au stade adulte femelle (Mugniéry, 1982a, 1984). En fait, la résistance s'exprime par un blocage irréversible du développement et/ou par une orientation préférentielle des individus développés vers le phénotype mâle (tableau 2 A et B), que l'on explique par l'existence d'un déterminisme sexuel épigénétique chez *G. rostochiensis* (Mugniéry & Fayet, 1984) et chez *G. pallida* (Mugniéry & Fayet, 1981).

Facteurs de variabilité

Compétition intraspécifique

Une augmentation continue de la compétition contribue d'abord à favoriser le développement des nématodes, puis, à partir d'un certain seuil, à le défavoriser. Parallèlement, on observe une diminution de l'indice andrique (mâles/femelles), puis une augmentation de cet indice à partir d'un seuil qui peut être différent du premier (Mugniéry, 1982b; Mugniéry & Fayet, 1984). Toute

Tableau 1. Développement de *Globodera pallida* Pa3 sur *Solanum melongena* en pots de végétation et en boîtes de Pétri.

Development of *Globodera pallida* Pa3 on *Solanum melongena* in plant pots and in Petri dishes.

Tests en pots		Tests en boîtes de Petri	
Nombre de kystes contaminants	10	Pénétration	93%
Répétitions	4	Développement	97%
Nombre moyen de kystes formés	15	Indice andrique	0,07

Tableau 2A. Développement de *Globodera rostochiensis* Ro1 (Ecosse) et *G. pallida* Pa3 (St-Malo) sur deux lignées de tomate à résistance partielle.
Development of *Globodera rostochiensis* Ro1 (Scotland) and *G. pallida* Pa3 (Saint-Malo) on two tomato lines with partial resistance.

	<i>G. rostochiensis</i>		<i>G. pallida</i>	
	St-Pierre	M 367	St-Pierre	M 343
Effectif par racine	3	3	3	3
Effectif total	201	63	219	75
L2 non développées	12	20	3	11
L3 non développées	5	4	8	5
Mâles	11	19	6	34
Femelles	142	10	190	15
Pénétration	85% a	84% a	95% a	87% b
Développement	90% a	55% b	95% a	75% b
Indice andrique	0,08 a	1,90 b	0,03 a	2,27 b

Ici et dans les tableaux suivants, il existe une différence significative entre deux valeurs si celles-ci sont suivies d'une lettre différente.

Tableau 2B. Influence de la quantité initiale d'inoculum sur le développement de *Globodera pallida* Pa3 sur deux cultivars de pomme de terre à résistance partielle.
Effect of initial inoculum on the development of *Globodera pallida* Pa3 on two potato cultivars with partial resistance.

	Cultivars								
	Bintje			Amalfy			Proton		
Effectif par racine	1	5	10	1	5	10	1	5	10
Effectif total	157	400	390	229	255	540	151	165	160
Pénétration	86%	82%	72%	78%	76%	84%	77%	72%	74%
Développement	98%	99%	97%	99%	98%	98%	91%	97%	92%
Indice andrique	0,168	0,857	0,813	0,558	1,112	1,372	4,589	7,214	6,333

augmentation excessive de la dose d'inoculum utilisé se traduit par une diminution des taux de multiplication. Les tests de résistance selon la méthode consistant à déposer des larves sur des racines de pommes de terre cultivées en boîtes de Petri (Mugniéry, 1982c), montrent clairement l'importance de ce facteur (Mugniéry, 1982a). Dans ces conditions, c'est à la dose de cinq larves par racine que le rapport femelles développées/larves inoculées est le plus élevé (Mugniéry & Fayet, 1981, 1984). Ce même facteur «compétition» joue lors des tests réalisés en pots de végétation avec un sol infesté naturellement ou artificiellement. Le tableau 3 résume les résultats d'expérimentations réalisées avec des cultivars à résistance partielle ou sans résistance contaminés par des doses croissantes de kystes de *Globodera*, contenant en moyenne 200 larves viables. Théoriquement, c'est à l'inoculum le plus petit que devrait correspondre le taux maximal de multiplication: en fait, les capacités d'éclosion d'un kyste unique sont trop aléatoires et il est nécessaire d'utiliser un inoculum de trois kystes pour obtenir ce taux maximal de multiplication.

Nous noterons, comme pour *S. melongena*, qu'il peut ne pas y avoir correspondance entre les tests réalisés en boîtes de Petri (tableau 4) et ceux effectués en pots de végétation (tableau 3). Comme inoculum, le premier utilise des larves écloses, le second des kystes prêts à éclore. Or, un

Tableau 3. Influence du niveau de contamination sur les taux de multiplication observés en pots de végétation.

Effect of inoculum level (no. of cysts) on multiplication rates observed in pots.

	Nb. de kystes contaminants						
	1	3	5	10	30	50	100
Proton/Pa3 Guiclan	1,75 ± 0,85	4,17 ± 1,02	2,55 ± 1,05	—	1,07 ± 0,31	0,87 ± 0,23	0,51 ± 0,08
Miranda/Ro1 Ecosse	2,75 ± 1,80	3,58 ± 0,28	2,70 ± 0,69	—	2,15 ± 0,23	1,11 ± 0,19	0,68 ± 0,11
Krostar/Ro1 Ecosse	0,75 ± 0,48	0,83 ± 0,22	0,90 ± 0,19	1,55 ± 0,12	1,01 ± 0,39	—	0,96 ± 0,19
Bintje/Ro1 Ecosse	94 ± 49	55 ± 13	35 ± 10	36 ± 6	65 ± 6	—	46 ± 12
Fécuva/Ro1 Ecosse	5,0 ± 1,0	—	1,7 ± 0,7	2,8 ± 0,1	—	3,2 ± 1,0	1,2 ± 0,1
Claudia/Ro1 Ecosse	179 ± 41	—	57 ± 4	68 ± 5	—	38 ± 5	37 ± 11

Tableau 4. Influence du niveau de contamination sur le développement en boîtes de Petri, mesuré par le rapport femelles développées/larves inoculées.

Effect of inoculum level (larvae per root) on development in Petri dishes. Results expressed as ratio females developed/larvae inoculated.

	Effectif par racine				
	1	3	5	10	20
Proton/Pa3 Guiclan	13%	—	8%	9%	—
Miranda/Ro1 Ecosse	77%	—	65%	65%	—
Krostar/Ro1 Ecosse	—	10%	12%	14%	14%
Pansta/Ro1 Ecosse	—	—	0%	0%	—
Astarté/Ro1 Ecosse	—	—	15%	15%	—

effet possible, dû à l'absence des exsudats radiculaires, n'est pas pris en compte par le test effectué en boîtes de Petri. Il s'ensuit qu'un cultivar, tel que Miranda, peut être estimé totalement non résistant en boîtes de Petri et partiellement résistant en pots. L'exemple du cv. Miranda est cité ici car, chez les cultivars commerciaux, c'est le seul ayant montré l'existence de distorsion entre les deux types de tests.

En conclusion, si, pour un cultivar à résistance totale, le niveau d'inoculum importe peu, quel que soit le test, pour un cultivar à résistance partielle, le niveau d'inoculum utilisé est prédominant: si l'on estime à 1 le taux de multiplication à ne pas dépasser pour qu'un cultivar obtienne la certification, le cv. Proton l'obtient ou non selon que l'inoculum de départ était supérieur ou inférieur à 30 kystes.

Variabilité des populations de nématodes à kystes

Chaque population d'un même pathotype présente des caractéristiques biologiques particulières relatives à leur virulence, leur vitesse de développement, leurs exigences thermiques, etc. (Mugniéry, 1982a). Il s'ensuit que le choix de la population utilisée comme inoculum de référence peut être important.

Trois populations géographiques distinctes de *G. rostochiensis*, issues de Noirmoutier, île de

Ré et Ecosse, ont été identifiées comme appartenant à la race A (Ro1) par leurs gammes d'hôtes (Kort *et al.*, 1977). Ces trois populations sont comparées deux à deux en boîtes de Pétri, soit sur hôte sans résistance (tableau 5), soit sur cultivars à résistance partielle (tableau 6). Les différences apparaissent clairement. La population Île de Ré se caractérise par une indifférence remarquable à la compétition intraspécifique. Sa capacité de pénétration et de développement est très réduite; l'indice andrique observé est élevé. Finalement, le nombre de femelles développées par rapport au nombre de larves déposées est extrêmement réduit et le cultivar utilisé (Roseval), pourrait être certifié comme partiellement résistant. La population Noirmoutier est très sensible à la compétition qui affecte surtout son pouvoir de pénétration et, à inoculum élevé, son indice andrique: avec 1 ou 5 larves par racine, le cv. Roseval serait certifié «non résistant»; avec 10 et 20 larves par racine «à résistance partielle».

Entre les populations Noirmoutier et Ecosse, seul le pourcentage de femelles développées par rapport au nombre de larves inoculées est calculé pour deux cultivars à résistance partielle (tableau 6). On retrouve ici la sensibilité de la population Noirmoutier à la compétition. Par contre, la population Ecosse n'en est pas affectée, tout au moins aux doses utilisées, et son développement sur cv. Miranda est bien supérieur à celui de l'autre population.

Tableau 5. Comportement différentiel sur cv. Roseval non résistant de deux populations de *Globodera rostochiensis* Ro1, mesuré en boîtes de Petri.

Differential behaviour on cv. Roseval, non-resistant, of two populations of *Globodera rostochiensis* Ro1, as measured in Petri dishes.

Origine du Ro1	Effectif par racine			
	1	5	10	20
Noirmoutier				
pénétration	80%	77%	53%	51%
développement	44%	45%	41%	33%
indice andrique	0,13	0,22	0,13	0,53
Île de Ré				
pénétration	49%	48%	48%	50%
développement	37%	46%	41%	33%
indice andrique	0,50	0,54	0,87	0,83

Tableau 6. Comportement différentiel sur cultivars à résistance partielle de deux populations de *Globodera rostochiensis* Ro1, estimé en boîtes de Petri par le rapport femelles développées/larves inoculées.

Differential behaviour on cultivars with partial resistance of two populations of *Globodera rostochiensis* Ro1, estimated in Petri dishes from the ratio females developed/larvae inoculated.

Origine de Ro1	Cultivar	Effectif par racine (%)	
		5	10
Noirmoutier	Astarté	17	6
Noirmoutier	Miranda	20	—
Ecosse	Astarté	15	15
Ecosse	Miranda	65	65

Il est clair que le choix de la population utilisée comme inoculum de référence est d'une très grande importance. Une population se développant mal surestimera les niveaux de résistance existants.

Etat physiologique de l'inoculum

Les tests de résistance effectués en boîtes de Pétri utilisent comme inoculum des larves écloses. L'expérimentateur est souvent conduit à conserver l'inoculum disponible avant utilisation, généralement à + 5°C. La mobilité des larves de *G. pallida*, originaire de Saint-Malo, a été testée jusqu'à 71 jours dans de telles conditions pour leur capacité à passer activement au travers d'un tamis de 10 µm (tableau 7). Après 15 jours de conservation au froid, cette mobilité présente un maximum pour baisser par la suite. Les larves passées au travers du tamis ont été déposées à des doses croissantes sur tomate cv. Saint-Pierre cultivée en boîtes de Pétri (tableau 7). On constate une diminution du pouvoir de pénétration avec la durée de conservation. Le développement est légèrement affecté dès que la durée de conservation à 15°C atteint une semaine. Finalement, le rapport femelles développées/larves inoculées ne diminue de façon sensible que pour les cas de conservation de longue durée.

Ces résultats montrent l'importance à accorder au vieillissement des larves utilisées pour les tests de résistance en boîtes de Pétri. Avec des larves conservées trop longtemps, il y a un risque de surestimer les niveaux de résistance existants, en particulier chez les cultivars à résistance partielle.

Conclusion

Ces quelques exemples montrent l'importance à accorder à certains facteurs influant sur les résultats des deux tests de résistance. Le facteur le plus important est certainement la compétition intraspécifique. Si cela est de peu d'importance pour les cultivars à résistance totale, c'est au contraire primordial pour les cultivars à résistance partielle; pour leur utilisation rationnelle en lutte intégrée, il importe de savoir que ces cultivars sont susceptibles de multiplier les populations naturelles si celles-ci sont présentes à faible densité. Il importe donc de connaître les taux maximaux de multiplication qu'ils permettent. Pour ce faire, les tests de résistance doivent être conduits avec un inoculum très faible que l'on peut estimer à 3 kystes par plant, soit pour un pot de végétation de 1,5 l un inoculum potentiel de 0,25 larves par g de sol.

Tableau 7. Effet de la durée de conservation à 5°C sur le comportement des larves L2 de *Globodera pallida* inoculées sur tomate cv. St-Pierre.

Effect of storage time at 5°C on the behaviour of L2 larvae of *Globodera pallida* inoculated onto tomato cv. St-Pierre.

	Durée de conservation en jours						
	J	J+8	J+16	J+32	J+39	J+56	J+73
Mobilité	90% a	93% b	99% c	93% b	90% a	87% d	82% e
Pénétration	93% a	87% b	87% b	82% b	75% c	69% c	77% c
Développement	94% a	84% a	89% b	85% b	91% b	87% b	85% b
Indice andrique	0,123 a	0,111 a	0,045 b	0,043 b	0,051 b	0,112 a	0,158 a

N.B. La dose d'inoculum est de 3 larves par racine. L'effectif total varie de 210 à 234 larves selon la date de l'inoculation.

Le choix de la population de référence est extrêmement important et, pour éviter des distorsions de jugement sur le même cultivar entre les divers services européens chargés de la certification, une population type devrait être déterminée. Celle-ci devrait être retenue selon ses qualités d'éclosion et de développement. La population Ecosse pourrait être considérée comme particulièrement adaptée, mais il en existe peut-être d'autres mieux adaptées. Le problème reste posé pour *G. pallida*.

Il n'en demeure pas moins indispensable de vérifier sur place et avec les populations locales l'intensité de la résistance par des tests effectués dans les meilleures conditions.

Resistance of Solanaceae to *Globodera* spp. and effect of various factors on the results of resistance tests

Resistance to *Globodera rostochiensis* and *G. pallida* in most potato clones acts essentially by blocking larvae at the L2 stage, and preferentially turning into males those which do succeed in developing. Any factor unfavourable to the nematodes will tend to enhance these effects. Several of these were tested: intraspecific competition, ageing of larvae, interactions with a selected standard population. It was concluded that, whatever the type of test (pots or Petri dishes), the origin of the inoculum was critical. Ideally, the population used should develop well on non-resistant clones, and the level of intraspecific competition should then be kept down. In petri dishes, five larvae per root was a maximum; in pots, a density of 0.25 larvae per g soil was suitable. For Petri dish tests, larvae should not have been stored too long at low temperature, since this fairly standard method of storing larvae was found to reduce their infection potential.

Устойчивость пасленовых к *Globodera* и воздействие различных факторов на результаты тестов устойчивости

Устойчивость по отношению к *Globodera rostochiensis* и *G. pallida* почти у всех известных клонов картофеля выражается, главным образом за счет блокирования в развитии личинок L2, а для тех особей, развитие которых оказалось возможным, за счет предпочтительного развития мужского фенотипа. Оба этих явления усугубляются за счет любого неблагоприятного воздействия на нематоды. В статье приводится анализ некоторых эффектов, таких как внутривидовая конкуренция, старение личинок и взаимодействие с популяцией, избранной в качестве стандартного инокулята. Автор приходит к выводу, что независимо от типа проводимого теста, в горшочках или в чашечках Петри, наибольшее внимание следует уделять происхождению инокулята и в идеале рекомендуется использовать такую популяцию, которая хорошо развивается в клонах, не обладающих устойчивостью. После проведения этого выбора необходимо произвести ограничение уровней внутривидовой конкуренции: в чашечках Петри оптимальным числом представляется 5 личинок на корень; в горшочках рекомендуется использовать плотность в 0,25 личинок на 1 г почвы. Для тестов в чашечках Петри необходимо следить за тем, чтобы не использовались такие личинки, которые подверглись длительному хранению при низких температурах, что является условием классического сохранения, сокращающим потенциал заражения.

Bibliographie

- EVANS, K. (1982) Effects of host variety, photoperiod and chemical treatment on hatching of *G. rostochiensis*. *Journal of Nematology* **14**, 203-207.
- EVANS, K. & FRANCO, J. (1979) Tolerance to cyst-nematode attack in commercial potato cultivars and some possible mechanisms for its operation. *Nematologica* **25**, 153-162.
- FARRER, L.A. & PHILLIPS, M.S. (1983) *In vitro* hatching of *Globodera pallida* in response to *Solanum vernei* and *S. tuberosum* × *S. vernei* hybrids. *Revue de Nématologie* **6**, 165-169.
- J.O. (1972, 1973) Arrêtés concernant la lutte contre le nématode doré de la pomme de terre. *Journal Officiel de la République Française* 10.02.1972 et 28.01.1973.

- KORT, J., ROSS, H., RUMPENHORST, J. & STONE, A.R. (1977) An international scheme for identifying and classifying pathotypes of potato cyst-nematodes *G. rostochiensis* and *G. pallida*. *Nematologica* **23**, 333–339.
- MUGNIÉRY, D. (1982a) Influence de l'hôte sur l'expression du sexe chez un nématode phytoparasite *G. pallida* Stone à déterminisme sexuel épigénétique. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences, Série III* **294**, 49–52.
- MUGNIÉRY, D. (1982b) Diversités régionales d'applications de lutte intégrée en culture de pomme de terre en fonction de la variabilité des populations de nématodes à kystes. *Agronomie* **2**, 629–640.
- MUGNIÉRY, D. (1982c). A method for screening potatoes for resistance to *Globodera* spp. under laboratory conditions. In *Research for the Potato in the Year 2000* (ed. Hooker, W.J.), p. 137. CIP, Lima.
- MUGNIÉRY, D. (1984) Résistance des solanacées à *Globodera* sp. et techniques à utiliser pour la détecter précocement. 9ème Conférence trisannuelle de l'EAPR, 355–356.
- MUGNIÉRY, D. & FAYET, G. (1981) Détermination du sexe chez *G. pallida* Stone. *Revue de Nématologie* **4**, 41–45.
- MUGNIÉRY, D. & FAYET, G. (1984) Détermination du sexe de *G. rostochiensis* Woll. et influence des niveaux d'infestation sur la pénétration, le développement et le sexe de ce nématode. *Revue de Nématologie* **7**, 233–238.
- TARTÉ, R. (1979) Identification of resistance and tolerance to potato cyst-nematodes and their practical implications. *Nematropica* **9**, 188–200.