



Paula Fernandes<sup>1</sup>,  
Peninna Deberdt<sup>1</sup>,  
Marie Chave<sup>2</sup>,  
Sire Diedhiou<sup>1</sup>,  
Sonia Minatchi<sup>1</sup>,  
Régine  
Coranson-Beaudu<sup>1</sup>  
et Eric Goze<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Cirad-PRAM, BP 214  
Petit-Morne,  
97285 Le Lamentin  
Cedex 2

<sup>2</sup> INRA, Unité ASTRO,  
PRAM - BP 214  
Petit-Morne,  
97285 Le Lamentin  
Cedex 2

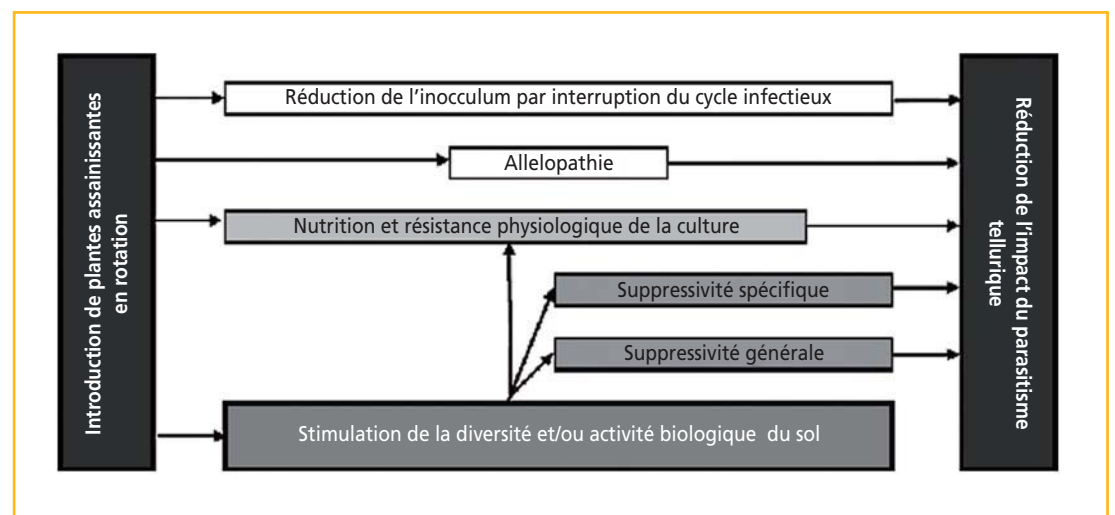
Figure 1. Principaux processus mobilisables, lors de l'introduction dans une rotation, d'espèces à potentiel assainissant sur les parasites telluriques (adapté de Ratnadass et al, 2011).

## Des plantes assainissantes candidates pour réduire le flétrissement bactérien de la tomate dans les conditions de la Martinique

Pendant la phase de modernisation de l'agriculture, l'utilisation combinée d'intrants chimiques (engrais, pesticides) et de variétés sélectionnées à forte productivité a simplifié les systèmes de culture allant jusqu'au cas extrême de la monoculture. Cette monoculture conduit non seulement à une réduction de la diversité des peuplements végétaux mais aussi une réduction de la biodiversité microbienne des sols cultivés. Cette érosion biologique a été associée parallèlement à un accroissement des populations de parasites telluriques (Altieri et Nicholls, 2002). A la Martinique, le flétrissement bactérien, causé par *Ralstonia solanacearum*, est responsable de pertes économiques considérables en cultures maraîchères et nous assistons depuis 1999 à un effondrement de la production locale de plein champ qui serait lié à l'émergence d'une population très virulente (phylotype IIB/sequovar4NPB ; Wicker et al, 2007 ; 2009).

Le control des parasites telluriques sans le recours aux pesticides fait appel à plusieurs techniques, à combiner dans le cadre d'un programme de lutte intégrée comprenant la résistance génétique, la solarisation, la submersion, l'apport de matières organiques, le travail du sol, les rotations-associations culturales, l'utilisation d'agents biologiques, d'inducteurs de résistance ou encore de plantes non hôtes, antagonistes des parasites identifiés ou dotées de propriétés biofumigantes. Dans les conditions pédo-climatiques de la Martinique d'une part, et compte tenu des traits de vie de la bactérie d'autre part (large spectre de plante hôte,

capacité à survivre plusieurs années dans le sol sans culture sensible), la voie qui semble la plus pertinente pour réduire l'incidence de cette bactérie sur les cultures est l'introduction dans les systèmes de cultures de plantes dotées de propriétés assainissantes. Les effets attendus peuvent (Figure 1), en sus des effets biocides directs de la plante sélectionnée, combiner les avantages des rotations culturales, de la gestion des résidus et de l'apport de matière organique. Compte tenu du peu de connaissances acquises sur les plantes de service identifiées comme agent de régulation efficace sur *R solanacearum*, nous avons choisi d'élargir les plantes candidates à étudier aux espèces connues pour leurs propriétés nématicides notamment contre les nématodes à galles du genre *Meloidogyne*. Ces nématodes phytoparasites constituent les seconds bioagresseurs telluriques majeurs sur cultures maraîchères. Les plantes nématicides utilisables en zone tropicale font partie de quelques grandes familles : les Composées (*Tagetes patula*, *T. erecta*, *Zinnia sp*), les Fabacées (*Mucuna deeringiana*, *Crotalaria juncea*, *C. spectabilis*, *Canavalia ensiformis*, *Aeschynomene americana...*) et les Poacées (*Brachiaria decumbens*, *Sorghum bicolor subsp. sudanense*, ...). Certaines de ces espèces ont également un effet suppressif sur les maladies fongiques ou bactériennes : ainsi *Digitaria decumbens* s'est montrée efficace contre le flétrissement bactérien après 2 ans de culture (Messiaen, 1998), ou le sorgho. D'autres comme les Alliacées (oignon, cive, ail), sont à la fois non-hôtes de *Ralstonia solanacearum*, répriment l'expression de la ma-



ladie et font décroître la densité d'inoculum dans le sol (Deberdt *et al.*, sous presse). Leur effet nettoyant, attribué à l'émission de thiosulfates mixtes par les racines a été démontré avec succès lors de rotations et associations tomate / cive chinoise (*Allium fistulosum*) (Yu, 1999). *Tagetes patula*, dont les racines émettent des thiophènes a également un effet suppressif sur le flétrissement bactérien (Terblanche, 2002). Les crucifères font également partie des espèces ayant des propriétés biocides à large spectre. En effet, leurs tissus, aériens comme racinaires, contiennent des glucosinolates qui, hydrolysés par la myrosinase lors de la destruction de la culture, produisent des isothiocyanates (très proches du métham-sodium) susceptibles de réduire les populations de nématodes, champignons et bactéries telluriques.

Ces trois derniers groupes de plantes (Alliacées, *Tagetes spp.* et Brassicacées) produisent des molécules biocides à large spectre dont l'efficacité commence à être bien connue sur de nombreux parasites telluriques mais dont, à l'inverse, on ne connaît pas, ou peu, les effets sur la microflore utile du sol. De même, les données concernant l'impact des légumineuses et graminées tropicales ayant des propriétés nématicides sur les autres pathogènes du sol et la microflore utile, tant en termes de biodiversité que d'activité, sont encore rares et doivent donc être précisées. Comme le rappelle (Brussaard *et al.* 2004), jusqu'à une époque très récente, les travaux concernant la biodiversité végétale ne prenaient pas en compte la biodiversité du sol et réciproquement.

Par ailleurs, certaines plantes candidates appartiennent à des familles (alliées, crotalaires) connues pour être favorables à l'établissement de mycorhizes. Les mycorhizes sont des symbioses mutualistes de champignons et de racines qui existent chez 80% des plantes terrestres. Elles favorisent la nutrition hydro-minérale et augmentent la résistance aux stress abiotiques et biotiques des plantes. La tomate bénéficie nettement de la mycorhization pour la biorégulation des agents pathogènes telluriques (Gianinazzi, 2010). Des résultats prometteurs sur l'utilisation de la mycorhization pour la bioprotection de la tomate contre *R. solanacearum* ont été reportés dans le cadre de différents essais en conditions contrôlées (Zhu et Yao, 2004).

Nos hypothèses de travail reposent sur :

- **La rupture des cycles infectieux** par l'introduction dans les systèmes de culture, de plantes dotées de propriétés biocides à l'encontre des bioagresseurs telluriques majeurs de

la tomate.

- **L'accroissement de la biodiversité microbienne du sol**, liée à la présence de ces plantes et/ou à leur décomposition, susceptible d'induire une réduction de la pression parasitaire par des phénomènes complémentaires de compétition d'hyperparasitisme, d'antibiose et/ou de prédation.
- **L'augmentation de la mycorhization** dont le rôle bioprotecteur est attribué à différents mécanismes directs et indirects parmi lesquels: compétition pour la colonisation des sites nutritifs, augmentation de la nutrition et stimulation des réactions de défense de la plante.

### TROIS DES PLANTES TESTÉES ONT PRODUIT DES RÉSULTATS PROMETTEURS EN CONDITIONS DE SERRE

Une première évaluation de l'efficacité de quatre espèces végétales, retenues après un schéma pluriannuel de sélection multicritères parmi plus de vingt espèces candidates (comportement agronomique multi-local, statut hôte, toxicité des extraits aqueux, capacité à réduire les populations de *R. solanacearum* dans le sol, en conditions contrôlées), a été réalisée sur un sol brun rouille à halloysite (station de Rivière Lézarde, Saint-Joseph) naturellement infesté par la souche émergente en conditions semi-contrôlées, sous serre (Photo 1).



Les plantes étudiées ont été :

- *Mucuna deeringiana*, provenance Singapour.
- *Crotalaria juncea* cv IAC-1, provenance Brésil.
- *Crotalaria spectabilis* cv Comun, provenance Brésil.
- *Allium fistulosum* ou oignon péyi, provenance Martinique.

Ces espèces (trois légumineuses tropicales et une alliée) ont été testées sur une durée de végétation de 70 jours (cycle long) et à deux densités de semis différentes (FD : densité recommandée

Photo 1 : Dispositif d'évaluation de l'efficacité de plantes assainissantes candidates en conditions semi-contrôlées sous serre (P Deberdt).



Figure 2 : Incidence de maladie à deux densités de plantation (FD : densité classique et DD : densité double), 28 jours après transplantation sur le bioindicateur tomate (cv. Heatmaster), en conditions de serre. L'état initial de l'incidence de maladie donne le niveau d'infestation du sol au moment du semis sur l'ensemble de l'expérimentation.

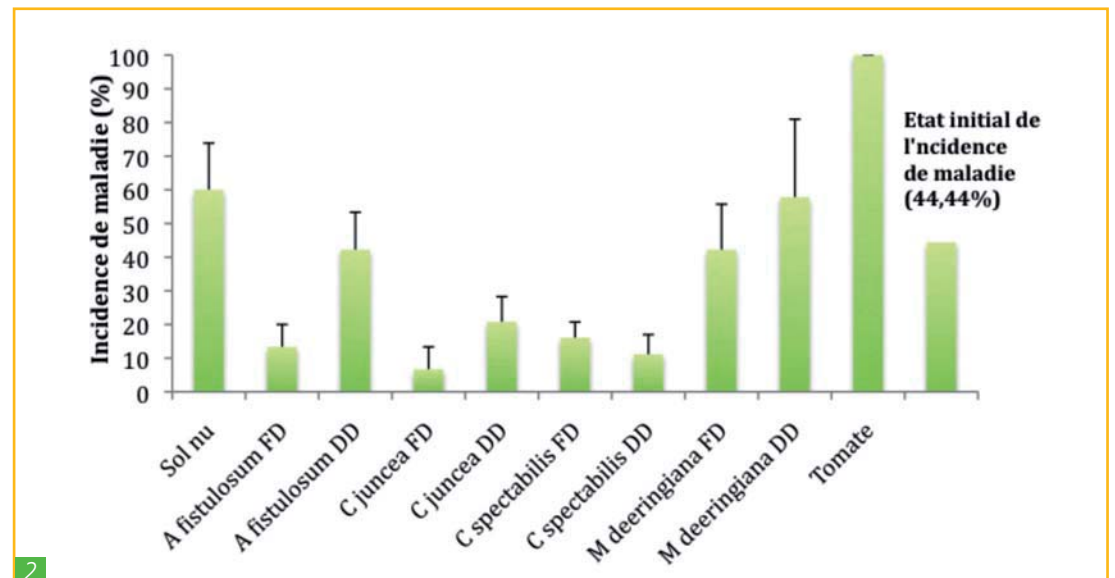
de semis au champ et DD double densité). Au début de l'essai et en fin de cycle, plusieurs variables ont été analysées conjointement :

- Le potentiel infectieux du sol évalué par la plantation et le suivi du développement du flétrissement bactérien sur la tomate utilisée ici comme bioindicateur (cv. Heatmaster).
- L'azote minéral disponible du sol et l'activité de quatre enzymes du sol.
- La structure des communautés microbiennes
- Le taux de mycorhization des plantes assainissantes en fin de cycle et le taux de mycorhization des tomates après précédent plantes assainissantes.

Concernant la réduction du flétrissement bactérien (Figure 2), les effets les plus notables ont été observés sur les tomates transplantées après un cycle cultural des plantes de services. En effet, les incidences de maladie obtenues dans tous les

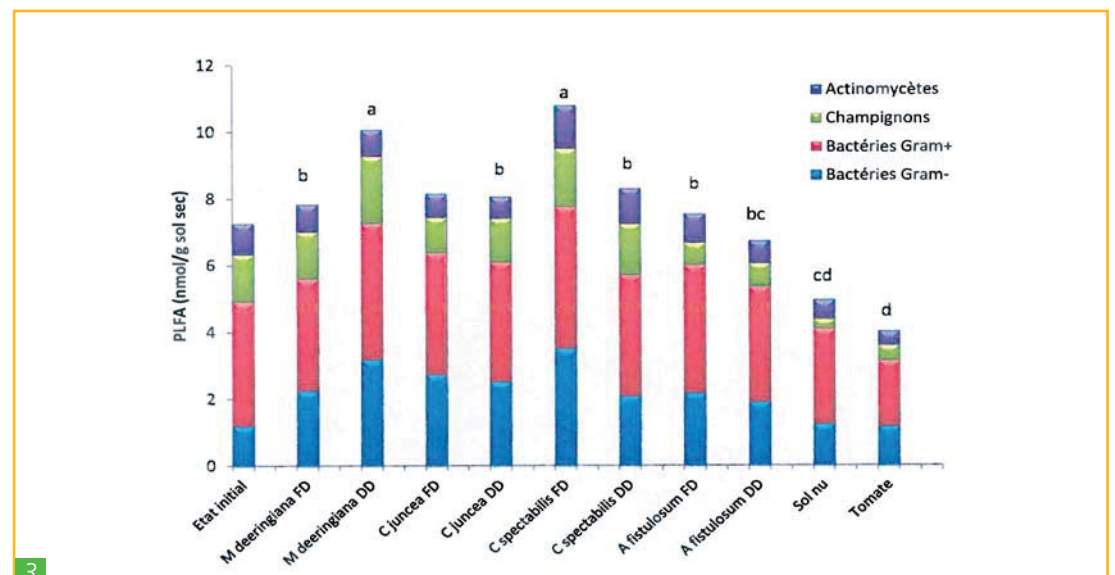
traitements « plantes assainissantes » ont été significativement réduites en comparaison au traitement «Tomate».

Les incidences de maladie dans les traitements *Crotalaria juncea* cv. IAC-1 et *Crotalaria spectabilis* ont été significativement réduites de 73 à 89% (respectivement pour *C spectabilis* FD/DD et *C juncea* FD) en comparaison au traitement Sol nu (LSD, respectivement,  $P = 0.045$  et  $P = 0.025$ ). A l'inverse, les incidences de maladie dans les traitements *Mucuna deeringiana* et *Allium fistulosum* n'ont pas été significativement différentes du traitement Sol nu. Cependant, les résultats ont montré que l'incidence de maladie dans le traitement *Allium fistulosum* n'a pas été significativement différente des traitements *Crotalaria juncea* cv. IAC-1 et *Crotalaria spectabilis*.



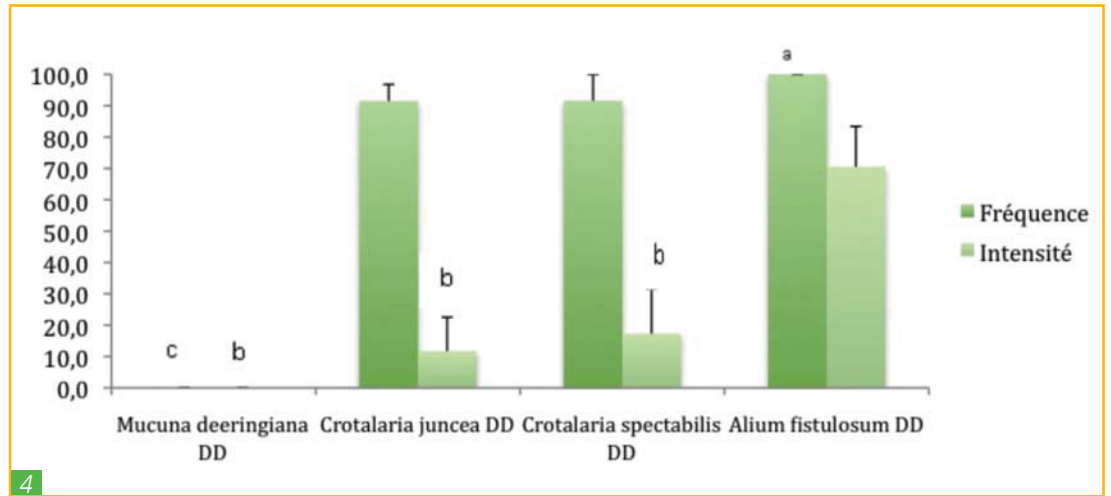
2

Figure 3 : Structure des communautés microbiennes sous l'effet des plantes assainissantes testées en simple (FD) et double densité (DD) en fin de cycle après 70 j de végétation. L'état initial donne la structure des communautés microbiennes au moment du semis sur l'ensemble de l'expérimentation. Les colonnes surmontées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes sur la somme des PLFA.



3

Figure 4 : Taux de mycorhization des plantes assainissantes candidates en fin de phase culturale (les colonnes surmontées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes)



Concernant l'impact des plantes assainissantes candidates sur les communautés microbiennes, nous observons qu'elles n'ont pas eu d'effet suppressif sur les populations microbiennes du sol mais qu'au contraire elles les ont stimulées (Figure 3). En effet, après 70 jours de végétation, les communautés microbiennes du sol dans leur ensemble ont vu leur biomasse s'accroître notablement sous l'influence des plantes, notamment si on les compare aux témoins Sol nu et « Tomate ». Les modalités qui ont induit le plus fort accroissement sont *M. deeringiana* DD et *C. spectabilis* FD.

Concernant à présent les mycorhizes, il s'avère que l'une des plantes testées, *M. deeringiana*, est totalement exempte de mycorhizes et donc incapable d'établir cette symbiose alors qu'à l'inverse, *A. fistulosum* (une alliacée, famille connue pour être particulièrement favorable à la symbiose mycorhizienne) est systématiquement et intensément mycorhizée (Figure 4). Il est également intéressant de constater que les deux espèces de crotalaires, *C. juncea* et *C. spectabilis*, sont très fréquemment mycorhizées, même si l'intensité de cette mycorhization est nettement inférieure à celle de l'oignon *A. fistulosum*. Par ailleurs, crotalaires et oignon sont 3 à 12 fois plus intensément mycorhizés que la tomate cv.

Heatmaster. Il en résulte une plus forte mycorhization de la tomate après un précédent de *C. juncea*, *C. spectabilis* et *A. fistulosum*.

## CONCLUSION

Parmi les quatre plantes testées, trois ont démontré, en conditions semi-contrôlées, un potentiel à réduire l'incidence du flétrissement bactérien de la tomate dans le cadre d'une rotation culturale. Il s'agit de *Crotalaria juncea* cv IAC-1, de *Crotalaria spectabilis* cv Comun et d'*Allium fistulosum* cv oignon peyi. Ces espèces à potentiel assainissant peuvent avoir des modes d'action résultant de la combinaison d'un ou plusieurs facteurs : production d'exsudats biocides pour *R solanacearum*, accroissement de la biodiversité microbienne et contrôle biologique de *R solanacearum*, effet protecteur pour la tomate de la symbiose mycorhizienne ainsi stimulée par les plantes de service utilisées en précédent cultural. La prochaine étape sera de valider ces résultats en conditions de plein champ en station. Les meilleures plantes candidates issues de ces phases d'expérimentation pourront alors être testées dans des dispositifs d'évaluations simplifiés chez les producteurs dont les terres sont infestées afin de vérifier la validité de ces rotations en conditions réelles de production sur différents types de sols de la Martinique.