

MAITRISE DU FLETRISSEMENT BACTERIEN EN CULTURE DE TOMATE HORS SOL

Actions n° 3 et 4: Analyse du mode de propagation de la bactérie

Expérimentation 1: « la contamination des substrats contaminés par l'eau d'irrigation »

Expérimentation 2 : « contamination par voie aérienne »

Code essai : 12 E 06

Durée : Octobre 03-Juillet 04

Auteurs : Arianna CARIGLIA – Olivier PRUVOST (CIRAD) – Jacques LUISETTI (INRA-CIRAD) - Jean Jaques CHERON- Anne CAPY- Isabelle CABEU – Gilda NOURRY – Serge MASSE

Partenaires : CIRAD - SPV - FDGDON - Université de la Réunion - Chambre d'Agriculture

A - CADRE GENERAL DE L'ETUDE

A la Réunion, le développement du flétrissement bactérien est un facteur limitant reconnu de la culture de tomate en plein champ. Les techniques culturales s'orientent vers la culture hors sol, comme alternative à la culture de plein champ. Toutefois, comme en plein champ, une contamination des serres reste possible, car la bactérie peut être véhiculée par l'eau ou être présente dans le substrat.

L'eau est souvent rapportée comme facteur clé pour la dissémination de la bactérie : les cultures sont fréquemment attaquées en cas de modification des sources d'approvisionnement en eau. Ceci se produit notamment suite à des ruptures d'alimentation en raison d'accidents climatiques (fortes pluies ou cyclone). De plus la dissémination risque d'être plus importante à la suite des travaux de basculement des eaux de l'Est, où la bactérie est présente, vers l'Ouest.

Il existe peu d'informations sur la phase tellurique de *R. solanacearum* en raison de la difficulté à détecter la bactérie mais aussi à suivre son évolution dans le sol. Il semble pourtant que le sol joue un rôle des plus importants dans la phase de conservation de la bactérie et sur sa capacité à infecter les plants. Certains sols sont considérés comme plus réceptifs que d'autres ; c'est-à-dire qu'ils permettent à l'agent pathogène de s'installer, se conserver et exprimer ses propriétés infectieuses (Rouxel et al, 1991 ; S Poussier, 2000).

B - OBJECTIFS

Le projet, étalé sur 3 ans, a pour objectif final la mise au point de techniques culturales permettant :

- de maintenir les serres exemptes de *Ralstonia solanacearum*
- de maîtriser le problème en cas d'introduction de la bactérie.

En 2004, il s'agit d'étudier le mode de propagation de la bactérie dans une serre : développement dans le substrat et propagation d'un plant à l'autre dans le cas d'une contamination par l'eau et dans le cas d'une contamination aérienne (taille), les deux voies de transmission potentiellement les plus fréquemment rencontrées en culture hors sol.

Deux essais ont été mis en place pour réaliser cette étude :

- **Action 3 Evaluation du mode de propagation de la bactérie dans le substrat lorsqu'il y a contamination par l'eau d'irrigation :** Quels sont les taux d'inoculum observés en culture hors sol, quelle est la répartition de la bactérie dans un substrat contaminé par l'eau d'irrigation et enfin quelle est la relation entre présence dans le substrat et le largage au niveau du drainage.

- **Action 4 : Evaluation du mode de propagation de la bactérie dans le substrat en cas de contamination par voie aérienne : lorsque l'infection débute au niveau des parties aériennes :** quand et à quelle vitesse sont relarguées les bactéries dans le substrat et le système de drainage ? Y a-t-il alors possibilité de contamination des plants voisins ?

C- MATERIEL ET METHODE

Les deux expérimentations se sont déroulées dans la serre d'expérimentation mise en place au Pôle de Protection de Plantes, à St Pierre spécialement prévue pour accueillir les essais dans le cadre du projet. Les analyses microbiologiques ont été réalisées dans le laboratoire de microbiologie du Pôle de Protection de Plantes.

1. Facteur étudié

Le facteur étudié dans les deux expérimentations est « **le mode de propagation** » de la bactérie dans une culture hors sol de tomate quand la source de l'inoculum est :

- I. Expérimentation n°1 : l'eau d'irrigation (**ACTION 3**)
- II. Expérimentation n°2 : un ou plusieurs plants par les opérations de taille (**ACTION 4**)

2. Protocole expérimental

Les deux expériences ont été menées sur une culture de tomate en hors sol conduite selon la pratique commune, sur deux types de substrats les plus utilisés à la Réunion : la fibre de coco en sac et les scories de charbon. Afin d'éviter toute contamination entre les modalités, chaque parcelle élémentaire a été séparée des autres, mais a reçu la même solution nutritive. Un système de récupération des eaux drainage a été mis en place pour que le drainage soit collecté et désinfecté chimiquement à la sortie de la serre. La variété de tomate utilisée est CENCARA.

2.1 Expérimentation 1 «Analyse du mode de propagation de la bactérie : contamination des substrats par l'eau d'irrigation»

Dans la première expérimentation nous avons utilisé des sacs de fibre de coco de 1,20 m (3 plants par sac) et des pots de 5 L de scorie de charbon (1 plant/pot).

Chaque parcelle élémentaire est composée d'une double ligne, la première est plantée (15 plants) la deuxième n'a pas été plantée (Figure 1). L'essai a débuté en octobre 2003 et a pris fin en février 2004.

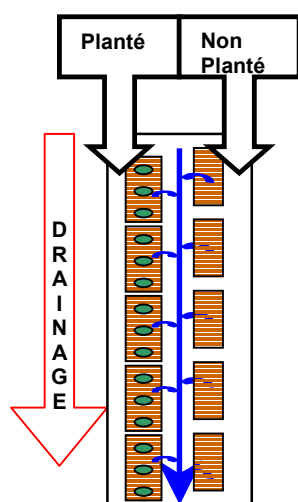


Figure 1 : Détail d'une parcelle élémentaire : à gauche les substrats avec plants, à droite les substrats sans plant

2.1.1 - Dispositif

- Modalités :
 - dose d'inoculation : 10^3 ; 10^5 ; 10^7 ufc/ml et témoin non traité
 - Substrats : fibre de coco ; scorie de charbon
 - $\frac{1}{2}$ ligne plantée ; $\frac{1}{2}$ ligne pas plantée
- 2 répétitions

2.1.2 Inoculation

La souche bactérienne utilisée pour l'inoculation est le biovar 2 de la race 3. Les suspensions ont été injectées à un taux d'injection de 1 % en continu pendant 15 jours à partir de trois semaines après la plantation à l'aide de pompes doseuses (Dosatron) placées en amont des lignes de culture. Toutes les parcelles recevaient la même solution nutritive. Afin d'assurer l'activité bactérienne, l'inoculum dans la solution nutritive a été renouvelé tous les 3 jours.

Témoin COCO	10^3 COCO	10^7 COCO	10^5 COCO
10^7 scorie	10^5 scorie	Témoin scorie	10^3 scorie
10^3 COCO	Témoin COCO	10^5 COCO	10^7 COCO
10^5 scorie	10^7 scorie	10^3 scorie	Témoin scorie

Figure 2 : Dispositif expérimental ACTION 3
3 concentrations bactériennes
(10^3 ; 10^5 ; 10^7 ufc/ml). Deux types de substrats
scorie de charbon et sac de fibre de coco

2.1.3 - Variables mesurées

a) Suivi de la présence de *R. solanacearum* dans les eaux de drainage

Afin d'évaluer et quantifier la présence de la bactérie dans la solution de drainage, des prélèvements réguliers ont été réalisés dès le début de l'inoculation dans chaque modalité

b) Taux de flétrissement des plants

Une notation quotidienne des plants flétris a permis d'estimer le taux de flétrissement. Les plants qui présentaient des symptômes déclarés, ont été prélevés et analysés au laboratoire pour établir ou confirmer la présence de la bactérie.

c) Recherche de *R. solanacearum* dans les substrats

Les substrats associés aux plants flétris ont été analysés, pour quantifier et vérifier l'absence et/ou présence de la bactérie et localiser la bactérie autour du plant flétri. Deux zones de prélèvement ont été définies, la première autour des racines, la deuxième éloignée des racines du plant (zone périphérique).

Régulièrement les substrats sans plant ont aussi été prélevés et analysés.

A la fin de l'essai, les plants ne présentant aucun symptôme de flétrissement et les substrats associés sont prélevés et analysés pour vérifier l'absence ou la présence de la bactérie.

2.2 Expérimentation 2 «Analyse du mode de propagation de la bactérie : contamination aérienne»

La deuxième expérimentation s'est déroulée du 13/04/2004 au 29/07/04. Les substrats utilisés sont des sacs de fibre de coco de 60 cm (2 plants par sac), et des pots de 5 l de scorie de charbon (1 plant/pot). Chaque parcelle élémentaire est composée de 30 plants et reçoit la même solution nutritive. (Figure 3)

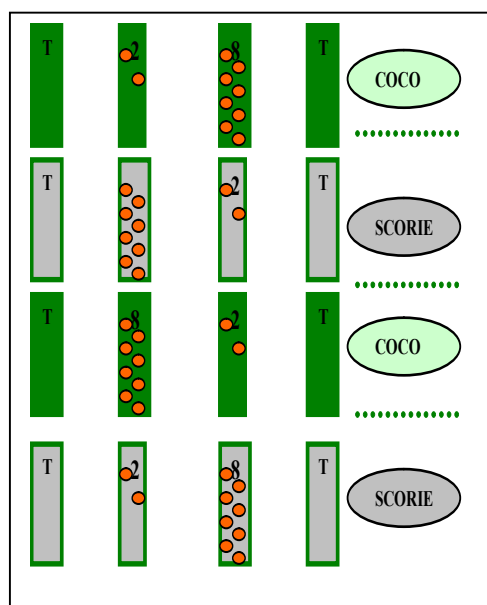


Figure 3 : Schéma expérimental ACTION 4
T : TEMOINS
2 : Deux plants inoculés
8 : Huit plants inoculés
Points rouges : Plants inoculés

2.2.1 - Dispositif

• Modalités :

Facteur dose d'inoculum :

- 2 plants inoculés /parcelle élémentaire
- 8 plants inoculés /parcelle élémentaire
- témoin non inoculé)

Facteur substrat :

- fibre de coco
- scorie de charbon

• 2 répétitions

2.2.2 - Inoculation

Dans une parcelle élémentaire les plants ont été choisis et inoculés au hasard.

La souche biovar 2 race 3, dite des 'hauts', a été utilisée pour l'inoculum avec une concentration bactérienne de 10^7 ufc/ml. L'inoculation par voie aérienne a été effectuée 3 semaines après la plantation (3/05/2004) à 10 cm au dessus du collet par une piqûre (injection) à l'aisselle de la feuille.

2.2.3 - Variables mesurées

Le travail de diagnostic a débuté après l'apparition des premiers symptômes déclarés sur les plants. Comme pour l'expérimentation précédente, il a consisté à localiser les zones contaminées et à évaluer le taux d'infection :

- au niveau des plants flétris pour confirmer la présence de la bactérie
- des substrats associés aux plants flétris pour localiser et estimer la quantité de bactéries autour du plant flétri,
- dans l'eau de drainage

En fin d'expérimentation des analyses des plants sans symptômes ont été effectuées : par traitement, 10 plants sont prélevés. L'analyse au laboratoire de chaque plant et du substrat associé a permis de vérifier l'absence ou la présence de la bactérie.

D. RESULTATS ET DISCUSSION

1- EXPERIMENTATION 1 : la contamination des substrats par l'eau d'irrigation

1.1 - Développement de la bactérie dans la serre

Les premiers symptômes de flétrissement des plants ont débuté un mois après l'inoculation et se sont manifestés dans tous les traitements exception faite des plants du bloc 2 en fibre de coco et inoculés avec une concentration bactérienne de 10^5 ufc/ml qui sont les seuls à n'avoir pas présenté de symptôme ; les analyses en laboratoire n'ont pas non plus révélé la présence de la bactérie.

Deuxièmement, les analyses des substrats de la modalité « sans plants » n'ont jamais détecté la présence de la bactérie. Cela nous confirme que les plants sont nécessaires au développement des bactéries qui ne semblent donc pas s'installer dans le substrat malgré l'inoculation.

1.2 - Pourcentage de plants flétris

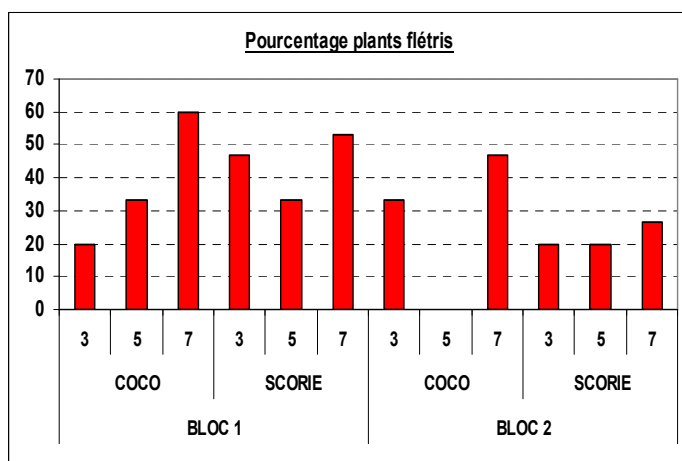


Figure 4: Pourcentage de plants flétris pour les doses d'inoculum ufc/ml 3= 10^3 ; 5= 10^5 ; 7= 10^7 et les substrat fibre de coco et scorie de charbon.

Pour l'analyse statistique, nous avons considéré comme malades :

- ✓ les plants sains dans le même pain de coco à côté d'un plant flétri qui se sont révélés positifs à l'analyse
- ✓ les plants qui ont présenté une quantité importante de bactéries dans le substrat (concentration bactérienne $>10^5$ ufc/ml) car ces plants allaient manifester les symptômes au cours du mois suivant.

Le résultat que nous pouvons avancer est que ni le niveau de concentration bactérienne avec laquelle les plants ont été inoculés, ni le type de substrat n'influencent le développement de la bactérie d'une plante à l'autre. La comparaison des traitements en terme de pourcentage de plants flétris n'a pas donné des résultats statistiquement différents, excepté le traitement inoculé à 10^5 ufc/ml en fibre de coco du bloc 2 qui n'a pas tout flétri (Graphique en figure 4)

1.3 Distribution et quantification de la bactérie dans les substrats

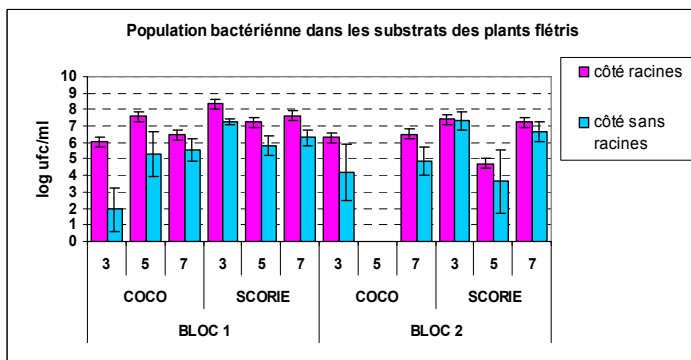


Figure 5 : Niveau moyen de population bactérienne autour du système racinaire et dans la zone périphérique d'un plant flétri pour les doses d'inoculum ufc/ml $3=10^3$; $5=10^5$; $7=10^7$ et les substrats fibre de coco et scorie de charbon. (Barres: erreur type)

Une analyse statistique appropriée, pour évaluer le niveau de population bactérienne retrouvé autour des plants flétris, n'a pas pu être réalisée. En effet, les variances des traitements n'étaient pas homogènes.

Autour d'une plante flétrie, la quantité de bactéries retrouvée ne semble être influencée ni par le type de substrat ni par la concentration bactérienne. Une fois que la bactérie a atteint un plant, le niveau de population entre la zone racinaire et la zone périphérique du substrat de culture est sensiblement le même. (Graphique en figure 5).

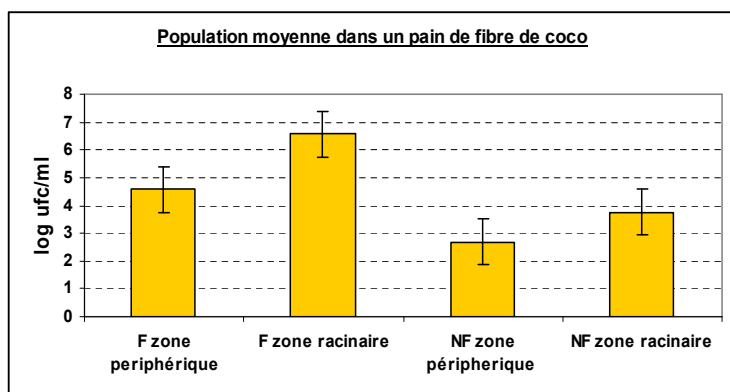


Figure 6 : Niveau moyen de population bactérienne autour du système racinaire d'un plant flétri (F) et un plant non flétri (NF) dans un pain de fibre de coco pour les doses d'inoculum ufc/ml $3=10^3$; $5=10^5$; $7=10^7$ (barres : erreur type)

La localisation de la bactérie dans un sac de fibre de coco et sa quantification est représentée graphiquement en figure 6. Globalement, dans la zone racinaire, le niveau moyen de population bactérienne est significativement plus important autour du plant qui a flétri qu'autour d'un plant voisin non flétri.

1.4 Développement de *R.solanacearum* dans les eaux de drainage

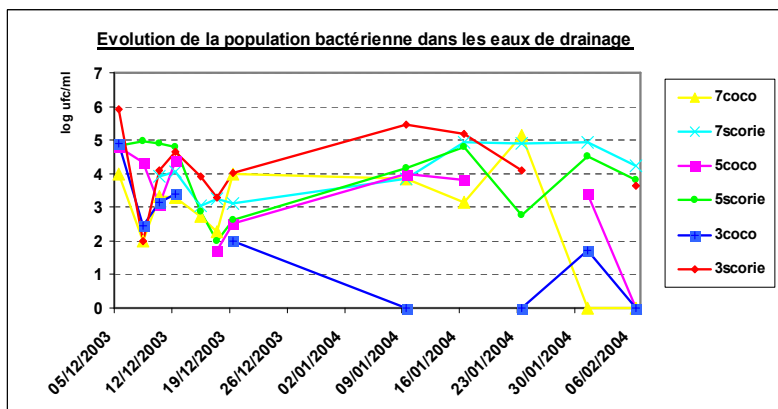


Figure 7 : Evolution de la population bactérienne dans l'eau de drainage pour les doses d'inoculum ufc/ml $3=10^3$; $5=10^5$; $7=10^7$ et les substrats fibre de coco et scorie de charbon

Les concentrations bactériennes retrouvées dans les eaux de drainage, (graphique en figure 7), après la phase de l'inoculation se maintiennent à des valeurs entre de 10^5 et 10^7 ufc/ml.

Seul, le traitement inoculé à 10^3 ufc/ml en fibre de coco reste à des valeurs non détectables. Pour les autres modalités, la valeur des taux d'inoculum tend à diminuer en fin d'essai. Cela est probablement dû au fait qu'en fin d'essai la majorité des pains ont été prélevés.

2- EXPERIMENTATION 2 : contamination par voie aérienne

2.1 - Distribution de la maladie d'une plante à l'autre.

a. Développement du flétrissement dans la serre

Les premiers symptômes déclarés ont débuté près de 10 jours après l'inoculation d'abord sur les plants inoculés. Ensuite dans chaque parcelle, les symptômes de flétrissement se sont manifestés au fur à mesure.

b. Pourcentage de plants flétris

Pour l'évaluation du pourcentage de plants flétris, nous avons exclu le nombre des plants inoculés et flétris. Comme pour l'expérimentation précédente, afin de réaliser une analyse statistique appropriée, nous avons considéré comme malades :

- ✓ les plants sains dans le même pain de coco à côté d'un plant flétri qui se sont révélés positifs à l'analyse
- ✓ les plants qui ont présenté une quantité de bactéries dans le substrat importante (concentration bactérienne $>10^5$ ufc/ml) car ils allaient manifester les symptômes au cours du mois suivant.

Cette estimation n'a été faite que pour le substrat fibre de coco.

- A travers la comparaison du pourcentage des plants flétris aucune différence dans le développement de la bactérie n'a pu être mise en évidence entre les deux substrats avec 8 plants inoculés (figure 8).
- Par contre une différence significative a été enregistrée entre les deux types de substrats quand 2 plants sont inoculés. En ce qui concerne le traitement avec deux plants inoculés en scorie, la comparaison a été faite en ne prenant en considération que le traitement 2 dans le bloc 2 car le même traitement dans le bloc 1 a eu seulement deux plants flétris. En effet, une irrigation irrégulière a empêché d'obtenir un nombre de plants flétris plus important.

Les deux substrats n'ont induit de différence dans le développement de la bactérie que lorsque le nombre de plants inoculés au départ était faible (2 plants inoculés) : quand moins de plants sont contaminés la maladie s'exprime de façon plus importante dans les scories que dans la fibre de coco et ce même si la bactérie se développe dans les deux substrats.

- Pour chaque substrat nous avons donc constaté une influence due au niveau d'inoculum de départ. En effet, le traitement avec huit plants inoculés a un pourcentage de plants flétris significativement supérieur à celui avec deux plants inoculés. Cela suggère et confirme que le développement de la bactérie d'une plante à l'autre est plus important quand plusieurs plants sont atteints au départ. Le fait que nous avons eu peu de plants flétris dans scorie bloc 1 pour le traitement 2, où il y a eu une irrigation irrégulière, nous démontre que la bactérie est véhiculée par l'eau et que la transmission d'un plant à l'autre est ralentie dans ce cas.

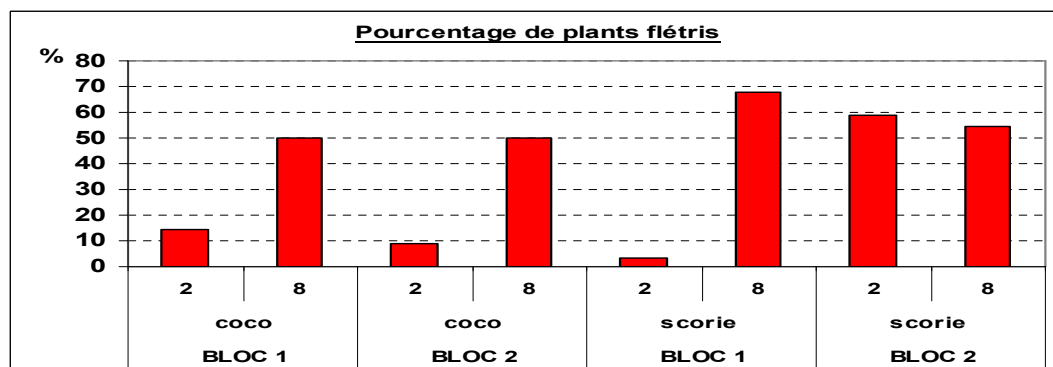


Figure 8 : Pourcentage de plants flétris dans les différents traitements (8, 2 : nombre de plants inoculés)

2.2. Distribution et quantification de la bactérie dans les substrats

a. Distribution de la bactérie autour d'un plant

Les plants qui n'ont pas flétri, ont été prélevés et analysés à la fin de l'essai. Les analyses ont révélé que d'une part les plants ne contenaient pas de bactéries et que d'autre part le niveau de bactéries est resté à des niveaux non détectables dans le substrat.

Une analyse statistique appropriée, pour évaluer le niveau de population bactérienne retrouvé autour des plants flétris, n'a pas pu être réalisée. En effet, les variances des quatre traitements n'étaient pas homogènes.

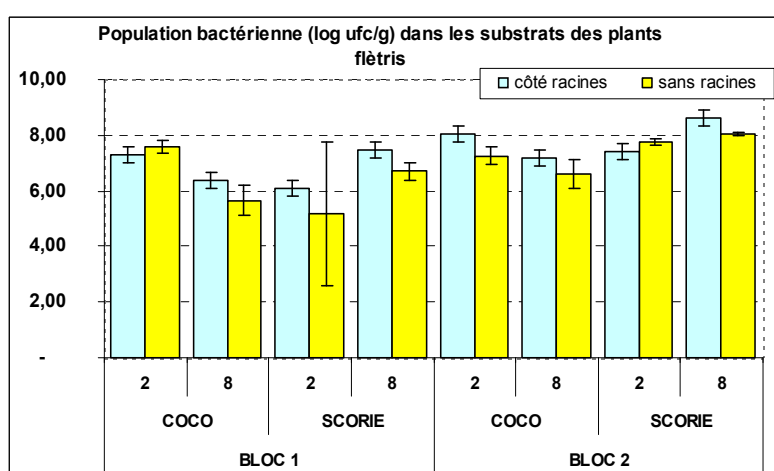


Figure 9: Niveau moyen de population bactérienne autour du système racinaire d'un plant flétri (Zone périphérique et zone racinaire) dans les substrat fibre de coco et scorie de charbon quand 8 et 2 plants sont inoculés (barres : erreur type)

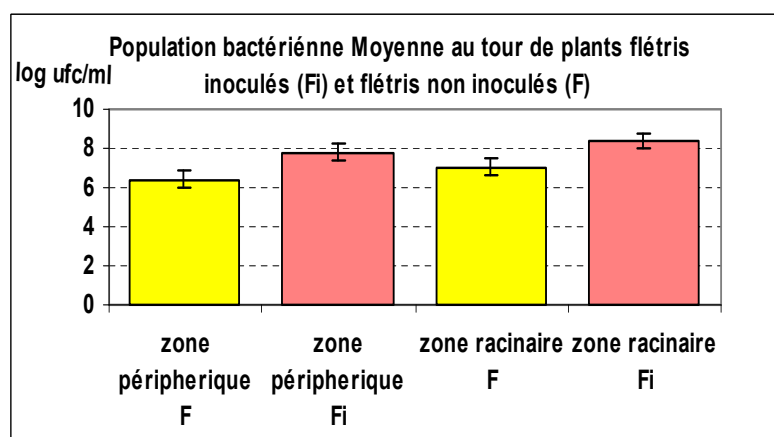


Figure 11 : Niveau moyen de population bactérienne au tour du système racinaire (Zone périphérique et zone racinaire) d'un plant flétri par inoculation et d'un plant flétri par contamination naturelle (barres : erreur type)

Globalement, ni le type de substrat ni le nombre de plants inoculés ne semblent influencer la quantité et la distribution de la population bactérienne autour du système racinaire des plants qui ont montré des signes de flétrissement.

Aucune différence quantitative n'est enregistrée entre la zone racinaire et la zone périphérique (Figure 9).

Comparaison globale de la population bactérienne dans le substrat autour :

- d'un plant inoculé flétri,
- d'un plant flétri par contamination naturelle.

La concentration bactérienne dans le substrat autour des plants (zone racinaire et zone périphérique) est statistiquement plus élevée pour les plants inoculés. Mais le niveau retrouvé autour d'un plant flétri « naturellement » est tout de même très élevé (10^6 ufc/ml dans la zone périphérique et 10^7 ufc/ml dans la zone racinaire) (Figure 11).

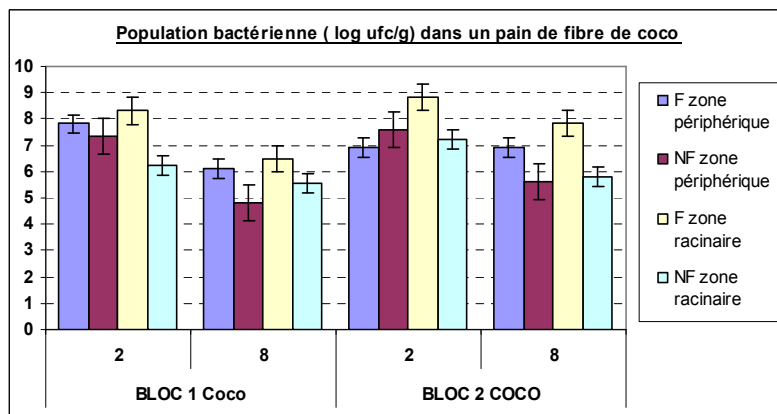


Figure 12: Niveau moyen de population bactérienne autour du système racinaire (Zone périphérique et zone racinaire) d'un plant flétri (F) et un plant non flétri (NF) dans un pain de fibre de coco. (8, 2 : nombre de plants inoculés)(Barres : erreur type)

Dans un même pain de culture (fibre de coco), le niveau de population bactérienne est significativement plus important autour du plant qui a flétri qu'autour d'un plant voisin sain (figure 12). Le niveau retrouvé autour d'un plant voisin sain est quand même élevé.

Les échantillons de substrat scorie de charbon prélevés autour des plants qui n'ont pas flétri à la fin de l'essai n'ont pas révélé la présence de la bactérie. Cela nous suggère et confirme que le développement de la bactérie dans le substrat de culture est lié à un plant qui a été atteint.

2.3 Développement de *R.solanacearum* dans les eaux de drainage

L'évolution de la présence bactérienne dans les eaux de drainage tout au long de la période d'essai est représentée dans le graphique en figure 13. Globalement, après l'inoculation la population bactérienne augmente pour se maintenir ensuite sur des valeurs entre 10^4 et 10^7 ufc/ml ; cela suggère que les niveaux d'inoculum observés restent importants jusqu'à la fin de l'expérimentation.

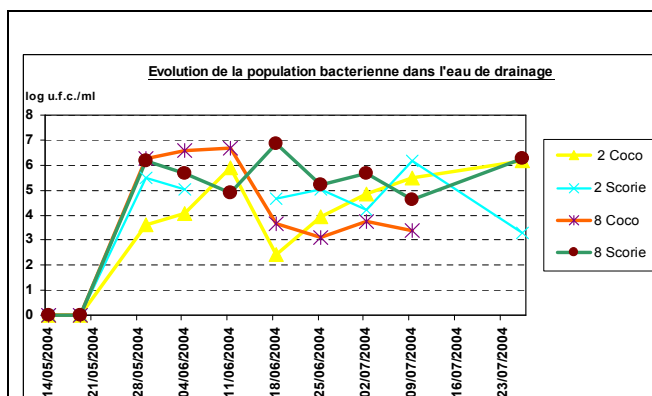
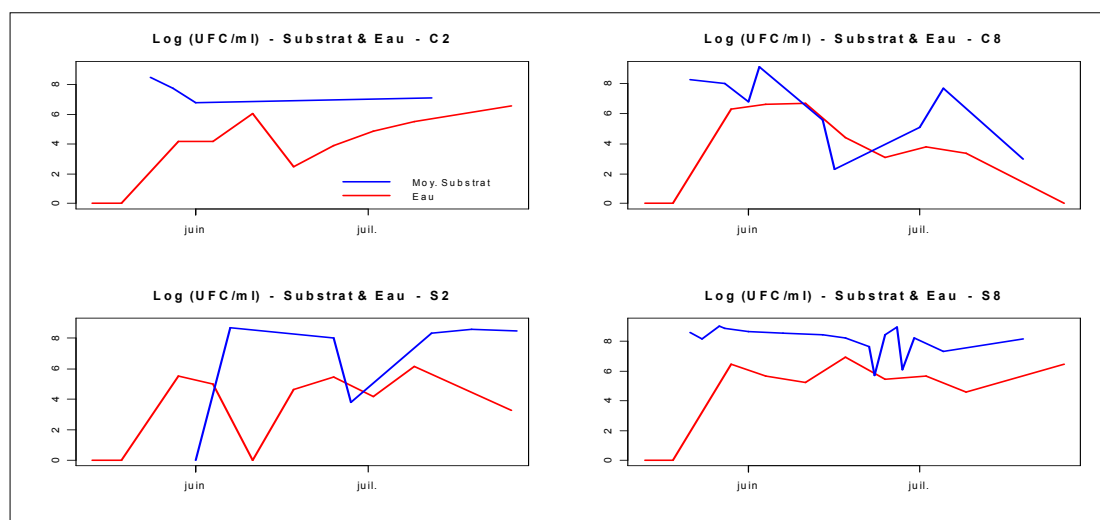


Figure13: Evolution de la population bactérienne dans l'eau de drainage. (8,2): nombre de plants inoculés)

Plus en détail, nous pouvons remarquer que la valeur des taux d'inoculum tend à diminuer en fin d'essai avec le traitement dans lequel 8 plants ont été inoculés dans le substrat fibre de coco. Cela est probablement dû au fait que la majorité des pains ont été prélevés. Au contraire, dans le traitement avec 2 plants inoculés dans le même substrat les valeurs élevées de bactéries se maintiennent et sont comparables à celles constatées dans la modalité 8 plants en scorie.

De l'étude des taux d'inoculum observés dans les substrats et de ceux retrouvés dans l'eau de drainage, nous avons mis évidence la dynamique de la population de *R. solanacearum* dans l'eau de drainage en fonction de deux types de substrats et du nombre de plants inoculés (figure 14). Nous constatons que le niveau de la population bactérienne dans l'eau se maintient toujours au-dessous de celui du substrat. Dans tous les cas, les niveaux dans le substrat restent autour des mêmes valeurs (10^6 et 10^8 ufc/) jusqu'à la fin de l'essai (exception faite du traitement avec le substrat fibre de coco et 8 plants inoculés ce qui confirme ce que nous avons déjà constaté précédemment pour l'eau de drainage).



Figures 14: Evolution de la population de *R. solanacearum* dans l'eau de drainage et dans les deux types de substrats fibre de coco et scorie de charbon dans les deux modalités (8, 2 : nombre de plants inoculés, C = Coco, S = Scorie)

E - CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette étude a pour objectif la description du développement de la bactérie dans une serre en fonction de deux modalités d'inoculation de la bactérie. Dans une première partie, l'inoculation se fait par l'eau d'irrigation et dans une deuxième, par voie aérienne. Au cours de ce projet, notre but est également d'avoir une approche globale de la quantité de bactérie retrouvée dans différents types de substrats de culture et dans les eaux de drainage quand la maladie s'installe dans une unité de culture en fonction des deux sources de contamination possibles.

La première conclusion que nous pouvons avancer est que dans une serre **le développement du flétrissement bactérien d'un plant à l'autre ne semble pas être influencé d'une façon significative par le type de substrat et ce quel que soit le niveau d'inoculum mais aussi quelle que soit la source de contamination**. Cependant, nous avons remarqué que le nombre de plants infectés de façon aérienne au départ influence positivement le développement de la contamination avec un substrat de fibre de coco. Ainsi, lorsque le nombre de plants contaminés au départ est élevé le type de substrat n'influence plus la dynamique de développement de la bactérie.

Dans les deux substrats (pain de coco ou pot de scorie) et quel que soit le mode d'inoculation, les taux d'inoculum autour d'un plant flétri sont très élevés. De plus, nous n'avons mis en évidence aucune différence de niveau de contamination entre la zone racinaire et la zone périphérique d'un plant flétri. La conséquence importante de ce constat est que **si un plant se trouve à côté d'un plant flétri, même s'il ne manifeste pas de symptôme évident, il est susceptible d'être contaminé à très court terme**.

La deuxième conséquence est que **la présence de bactéries dans le drainage entraîne une augmentation du risque de contamination d'un plant à l'autre.**

Ce résultat suggère donc que lorsqu'on observe un plant flétri sur une ligne de culture, il est fort à parier que le développement de la bactérie est tel qu'elle peut être présente déjà sur toute une ligne. En effet comme le confirment les analyses, elle est toujours présente dans l'eau : **les taux d'inoculum observés dans les eaux de drainage sont restés élevés pendant toute la période de l'expérience.**

Même si une étude quantitative plus approfondie pourrait donner des informations plus précises, les résultats obtenus non seulement nous permettent de confirmer les postulats de départ mais nous ouvrent aussi des perspectives intéressantes sur le travail futur.

En effet, ces essais renforcent l'hypothèse selon **laquelle la transmission de la bactérie se fait majoritairement par l'eau de drainage** qui rentre en contact avec les substrats des plants voisins même si la source de contamination est aérienne.

Les résultats de ces essais nous sont utiles pour envisager les interventions en cours de culture qui vont viser à limiter la diffusion de la bactérie sur une ligne. Une séparation entre les racines des plants et les eaux de drainage est essentielle pour éviter toute contamination si la source d'inoculum n'est pas l'eau du réseau d'irrigation.

Par ailleurs une plante malade apporte une quantité importante de bactéries dans le substrat et elle contamine les autres plants de la même ligne de culture. C'est pourquoi, une intervention immédiate et drastique peut réduire les « dégâts » lorsque les niveaux de flétrissement restent faibles. Il est donc important de définir un guide des « bonnes pratiques culturales » pour garantir une lutte préventive et une prophylaxie efficace : vide sanitaire, désinfection de tous matériels et outils de travail, entrée réglementée dans les serres.

La prochaine étape qui dépend également des résultats de l'essai « efficacité de la désinfection aux U.V.c de l'eau d'irrigation », consistera à vérifier si une désinfection de l'eau d'apport en préventif peut être efficace pour prévenir ou réduire le développement du flétrissement bactérien en cas de contamination accidentelle.