

MAITRISE DU FLETRISSEMENT BACTERIEN EN CULTURE DE TOMATE HORS SOL

« MISE AU POINT D'UN SYSTEME PREVENTIF DE DESINFECTION DE L'EAU »

Valorisation des résultats : saison fraîche 1^{er} cycle

Durée : Mai- septembre 2005

Code essai : 12 E 06

Auteurs : Arianna CARIGLIA (ARMEFLHOR) - Philippe PRIOR (INRA-CIRAD) - Olivier PRUVOST (CIRAD) - Anne CAPY (ARMEFLHOR) – Jean-Jacques CHERON (CIRAD) - Isabelle CABEU (ARMEFLHOR) - Bernard NARINSAMY (ARMEFLHOR) - Frédéric CHIROLEU (CIRAD) – Jacques VESLOT (CIRAD)

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. Toutefois, comme en plein champ, une contamination des plants cultivés sous serres en hors sol reste possible, car la bactérie peut être véhiculée par l'eau. Le rôle de l'eau dans la dissémination de *R.solanacearum*, l'agent pathogène du flétrissement bactérien, a été montré par différentes études menées en différents pays. L'origine de la contamination des rivières semble être liée à des rejets domestiques (station d'épuration) ou industriels. De plus certaines plantes adventices présentes au bord des cours d'eaux, sont considérées comme des réservoirs d'inoculum pouvant assurer la survie et la multiplication du pathogène. A la Réunion, la contamination de l'eau d'irrigation par *R.solanacearum* se produit souvent 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. Puisque à l'heure actuelle il n'existe aucune information officielle et précise concernant la présence et la quantité de *R. solanacearum* dans l'eau d'irrigation à la Réunion, une décontamination efficace de l'eau comme moyen prophylactique est donc indispensable pour éviter toute introduction dans une serre par les apports d'irrigation. Les méthodes permettant de réduire le risque phytosanitaire les plus employées dans le cadre de culture hydroponique en circuit fermé sont la désinfection physique par ultraviolets et chimique par chloration. Elles présentent l'avantage d'assurer la désinfection de l'eau d'irrigation. Actuellement très peu d'études ont été conduites sur l'efficacité de la désinfection vis-à-vis de *R. solanacearum*, et surtout sur les méthodes applicables en conditions réelles.

B -OBJECTIFS

Ce projet a comme objectif la mise au point de techniques culturales, qui permettent de maintenir les serres de production exemptes de *R.solanacearum*, mais aussi de maîtriser le problème en cas d'introduction. Il prévoit plusieurs actions sur une période de trois ans. Suite aux résultats obtenus précédemment sur la désinfection chimique par chloration (ACTION 1, 2002) et la désinfection par rayons ultra-violet de l'eau d'irrigation vis-à-vis de *R.solanacearum* en 2005, le travail de ces dernières expérimentations est de valider ces résultats en cours de culture. Nous avons donc mis en place des essais au cours des deux saisons qui caractérisent l'année australe, fraîche et chaude et avec les deux souches présentes à la Réunion (Phylotype I « tropical », en saison chaude et Phylotype II, « tempéré » en saison fraîche). L'objectif est de mettre au point un système de désinfection de l'eau d'irrigation d'une culture hors sol en préventif pour réduire le risque de contamination accidentelle et empêcher le développement de la bactérie d'un plant à l'autre en cas de contamination.

C- MATERIEL ET METHODES

L'expérimentation a été mise en place dans la serre d'expérimentation 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 *l'efficacité* du système de désinfection de l'eau contaminée par *R. solanacearum* dans une culture hors sol de tomate. Deux systèmes de désinfection sont étudiés, la chloration et la stérilisation aux UVc.

2. Protocole expérimental

L'essai a été mené sur une culture de tomate en hors sol dans une serre tunnel de 240 m² conduite selon la pratique commune utilisant des sacs de fibre de coco (sacs de 60 cm ; 2 plants par sac). La variété de tomate utilisée est CENCARA. Chaque parcelle élémentaire est composée d'une double ligne de 32 plants (Figure 1). Afin d'éviter toute contamination entre les modalités, chaque parcelle élémentaire a été séparée des autres, mais a reçu la même solution nutritive. Le réseau d'irrigation a été équipé d'un système de filtration. L'eau a été filtrée d'abord sur un filtre à sable ensuite sur deux filtres à tamis de 100µ avant d'être stockée dans un réservoir. Avant d'être utilisée pour l'irrigation elle est filtrée à nouveau sur deux filtres à tamis de 130 et 80 µ. En effet, une filtration efficace garantit un effet accru du système de désinfection aux UVc. 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. Afin d'éviter toute contamination entre les différentes modalités, les travaux d'entretien des cultures ont été effectués en portant des gants pour ce qui concerne les traitements aux UVc et au Chlore. Par contre, afin de mettre en évidence une « mauvaise conduite de la culture », aucune précaution particulière n'a été prise pour les plants témoins pour lesquels le même sécateur a été utilisé sans aucune désinfection. L'essai a débuté en avril 2005 et a pris fin en septembre 2005.

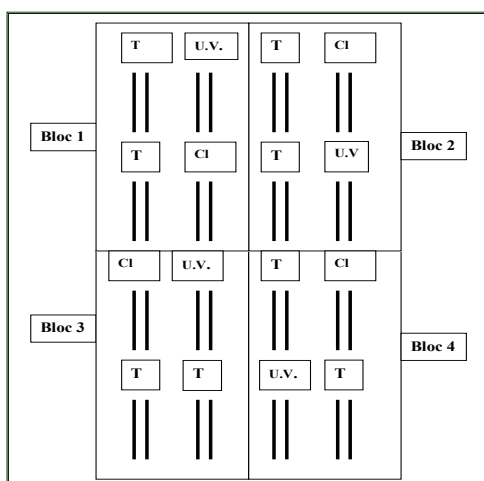


Figure 1 : Plan expérimental. 4 blocs de 4 parcelles élémentaires
(T : Témoin; Cl : Chloration; UV : lampes UVc)

2.1 Dispositif expérimental

• 3 modalités

- 1) Traitement UV+ désinfection des outils de travail
- 2) Traitement Chlore + désinfection des outils de travail
- 3) Témoin non traité

• 4 répétitions

Le plan expérimental (Figure 1) est constitué de 4 blocs, chacun contenant 4 parcelles élémentaires: une parcelle pour le traitement U.V., une pour le traitement Chlore (Cl) et deux pour le témoin (T), répétés deux fois par bloc. La position des trois modalités dans chaque bloc est choisie au hasard.

2.2. La contamination de l'eau d'irrigation

Afin de simuler une contamination accidentelle du réseau d'irrigation par *R. solanacearum* de la souche JT 516 appartenant au Phylotype II (biovar 2 race 3), les parcelles ont été contaminées avec une suspension bactérienne à une concentration de 10⁵ ufc/ml trois semaines après la plantation. Cette souche est caractéristique des zones



Figure 2 : Pompe doseuse pour l'injection de la suspension bactérienne dans le système d'irrigation

hautes de l'île et aussi de la saison fraîche. L'injection de la suspension bactérienne dans l'eau d'irrigation est faite pendant 15 jours à l'aide de pompes doseuses (DOSATRON) à un taux d'injection de 1%. Les pompes hydrauliques étaient placées en amont des lignes de culture avant les systèmes de désinfection. (Figure 2)

A la différence du traitement Chlore et du Témoin, dans le cas du traitement aux UVc l'eau a été d'abord contaminée et désinfectée avant de recevoir l'injection de la solution nutritive, ceci pour éviter l'interaction entre les lampes UV et le fer présent dans la solution nutritive. En effet, la désinfection par irradiation UV détruit les chélates de fer, conduisant à une diminution du fer assimilable et à un dépôt d'oxyde de fer sur le quartz de la lampe. Les plants recevaient donc, après quinze jours, chacun une dose totale d'inoculum de 210 ml. Afin d'assurer la vitalité des bactéries inoculées, l'inoculum dans la solution nutritive a été renouvelé tous les 2 jours. Les parcelles témoins sont inoculées de la même façon mais n'ont reçu aucune désinfection de l'eau.

2.3 La désinfection de l'eau d'irrigation

Actuellement aucun produit désinfectant n'est homologué pour la désinfection de l'eau. En effet dans le catalogue des usages publié par le Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, il existe une catégorie intitulée « produits pour la désinfection des eaux de drainage de culture hors sol en circuit fermé », mais aucun produit n'y est inscrit. Compte tenu du fait que le chlore pourrait être homologué pour cet usage, nous avons voulu comparer deux méthodes de désinfection de l'eau d'irrigation : la désinfection chimique par chloration et la désinfection physique par irradiation aux rayons ultraviolets.

2.3.1 La chloration

Le produit utilisé et la dose de chlore sont déterminés sur la base des résultats des essais précédents. Les résultats en laboratoire relatifs à la première action, « La désinfection de l'eau d'irrigation contaminée par *Ralstonia solanacearum* », ont révélé la possibilité d'une décontamination de l'eau par des produits ayant un effet anti-bactérien satisfaisant. Le produit que nous avons retenu est le SR JAVEL (caractéristiques décrites dans le tableau 1). Ce sont des pastilles de chlore utilisées à une dose efficace sur les bactéries mais pas phytotoxique pour les plants (résultat de l'ACTION 2, 2003). La dose utilisée a été donc de 62 ppm correspondant à deux fois la Dose Minimale d'Inhibition (D.M.I., p.p.m.), après injection, au niveau des plants. La même dose avait été utilisée lors de l'évaluation de la phytotoxicité en 2003. L'injection du produit désinfectant est faite par une pompe doseuse hydraulique (DOSATRON) avec un taux d'injection de 1%.

Tableau 1 : Caractéristiques du produit utilisé pour la chloration.

NOM COMMERCIAL	MATIERE ACTIVE	FOURNISSEUR	DOSE CONSEILLÉE PAR LE FABRICANT	USAGE COURANT
SR Javel	chlore et dichloroisocyanure de sodium dihydrate	SRPI	(2 pastilles) 3,3gCl/10L d'eau (300ppm)	Locaux domestique et industriel

2.3.2 La désinfection par irradiation aux rayons ultraviolets

Sur la base des résultats obtenus dans l'expérimentation précédente au cours de laquelle le pouvoir germicide des lampes UVc vis-à-vis de *R. solanacearum* a été étudié, et en fonction de la disponibilité des

Tableau 2 : Caractéristiques techniques des stérilisateur

Série UVPS IBP 10HO (Fournisseur : ECR Réunion)	
Réacteurs inox	
Longueur d'onde de 254 nm	
Trans.	/cm ²
Débit horaire 4.8 m ³ /h	
Puissance : 75W	



Figure 3 : Système de stérilisation au UV

lampes sur le marché, nous avons défini une dose germicide efficace contre *R. solanacearum*. Nous avons donc installé deux stérilisateur positionnés en série (Figure 3). Chaque lampe a une dose germicide de 112 mj/cm², nous obtenons donc une dose germicide totale de 224 mj/cm². L'eau a été désinfectée en continu en fonction des irrigations. Les lampes sont restées allumées en permanence pendant toute la période de l'essai.

2.4 Variables mesurées

a) Suivi de la présence de *R. solanacearum* dans les eaux d'apport et de drainage

Afin d'évaluer et de quantifier la présence de la bactérie dans la solution d'apport et de drainage, des prélèvements réguliers ont été réalisés dès le début de l'inoculation pour chaque modalité. Au moment de renouveler la suspension bactérienne injectée, un échantillon de cette dernière a été analysé pour vérifier et quantifier la présence de bactéries.

b) Taux de flétrissement des plants

Evaluation de la progression de la bactérie en cours de culture

- Sur la modalité sans désinfection (témoin) le taux de flétrissement a été observé et noté à chaque apparition de symptômes (mesure non destructive) pour mettre en évidence la transmission de la maladie d'un plant à l'autre.
- Sur les modalités avec désinfection (chlore et UV) dès l'apparition de symptômes de flétrissement visibles le plant est prélevé et analysé. Des prélèvements de substrat sont aussi effectués autour des plants infectés et des plants voisins (mesures destructives).

Evaluation des populations bactériennes dans les plants non flétris et flétris en fin d'essai

En fin d'essai, le travail de diagnostic a consisté à déterminer la présence de populations bactériennes dans les plants ayant présenté ou non des symptômes, et d'évaluer le taux d'infection. Quinze plants par parcelle sont prélevés, L'analyse au laboratoire du collet de chaque plant a permis de vérifier l'absence ou la présence de la bactérie.

*Détection de *R. solanacearum* par Single Closed-Tube Nested-PCR :*

Afin d'approfondir les analyses et pour détecter les infections latentes de la bactérie dans les plants inoculés qui n'ont pas flétri et qui n'ont pas été positifs aux analyses bactériologiques, nous avons utilisé un outil mis au point au Pôle de Protection des Plants par le CIRAD et le SPV. Il s'agit d'une méthode par Nested PCR (Réaction de Polymérisation en Chaîne) plus sensible et performante pour détecter *R. solanacearum in planta*. Nous avons effectué les analyses sur le liquide d'extraction des échantillons de plant : 5 échantillons par bloc pour les traitements Chlore et UV et 8 échantillons pour les témoins.

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

Afin de quantifier et vérifier la présence de la bactérie dans la serre, les substrats associés aux plants sont analysés. Pour avoir une vision globale de la répartition de la bactérie dans les parcelles un échantillonnage en maille est réalisé. Nous avons collecté quatre échantillons de substrat de fibre de coco par parcelle. Au final, un échantillon unique, issu des quatre sacs de substrat échantillonnés les uns à la suite des autres sur la parcelle, est constitué.

d) Evaluation de l'impact des traitements désinfectants sur la culture (relevés physiologiques, récolte)

Afin d'estimer l'effet des traitements désinfectants par chloration sur la physiologie des plantes nous avons suivi le développement des plants.

- *Développement végétatif*: le diamètre de la tige; le stade de floraison et le stade de nouaison ont été observés sur 5 plants échantillonnés par parcelle et par traitement; dans le cas des témoins une seule parcelle par bloc a été suivie.

- *Rendement* : nombre et poids des fruits commercialisables et fruits non commercialisables par calibre (<47, 47-57, >57), la nature des déchets a été évaluée pour chaque parcelle élémentaire.

2.5 Analyse statistique

L'effet des facteurs traitement, bloc et date sur tige ainsi que l'effet des facteurs traitement et bloc sur rendement ont été testés par l'analyse de la variance. Pour les effets significatifs un Test de TUKEY, fondé sur la Honest Significant Difference (HSD), a été réalisé pour comparer les moyennes des modalités 2 à 2 au seuil 5%.

D. RESULTATS ET DISCUSSION

1. Développement de *R.solanacearum* dans les eaux d'apport et de drainage

L'évolution de la présence bactérienne dans les eaux d'apport et de drainage tout au long de l'essai est représentée dans le graphique (Figure 4). Dans l'eau désinfectée aux UV et au Chlore aucune présence bactérienne n'a été détectée. Les analyses bactériologiques ont révélé la présence de bactéries uniquement dans les parcelles du témoin. Nous pouvons également remarquer que le taux d'inoculum dans l'eau d'apport du témoin tend à diminuer après l'inoculation (10/08/2005) et en fin d'essai. Par contre les concentrations bactériennes retrouvées dans les eaux de drainage augmentent en fonction du développement du flétrissement des plants. En effet les plants, après infection, relâchent des bactéries dans l'eau de drainage et augmentent la possibilité de contamination d'autres plants.

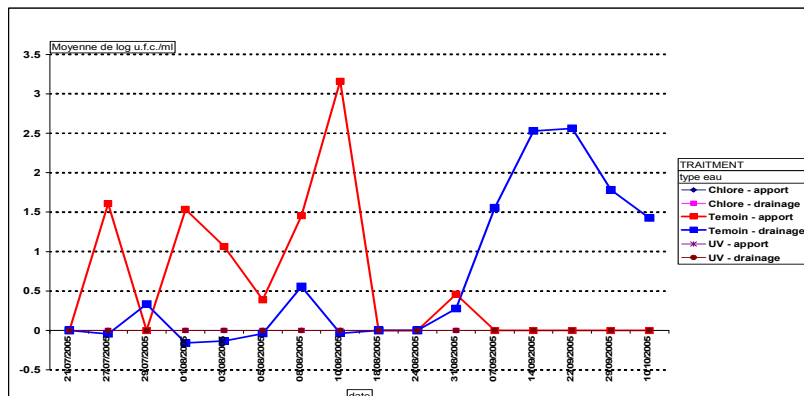


Figure 4 : Evolution temporelle de la population bactérienne dans les eaux d'apport et drainage ; Les courbes des traitements Chlore et UV sont superposées (pas de bactéries).

2. Développement de la bactérie dans la serre

2.1 Pourcentage de plants flétris

Les premiers symptômes de flétrissement des plants ont débuté dix jours après l'inoculation et ont concerné seulement les plants des parcelles témoins. Les plants irrigués avec l'eau désinfectée n'ont pas exprimé de symptômes. Les analyses en laboratoire n'ont pas non plus révélé la présence de la bactérie. (Figure 5). Afin d'obtenir une valeur plus précise de l'indice de maladie (IM: Plantes flétris + plants porteurs sains), nous avons considéré comme malades les plants sans symptômes visibles qui se sont révélés positifs suite aux analyses. Comme nous pouvons le constater, le pourcentage de plants flétris dans le témoin a été relativement faible et n'a concerné que les parcelles des blocs 1, 3 et 4. En effet les blocs 3 et 4 sont positionnés en aval de la serre, la pente a pu influencer sur la distribution de la bactérie dans les blocs.

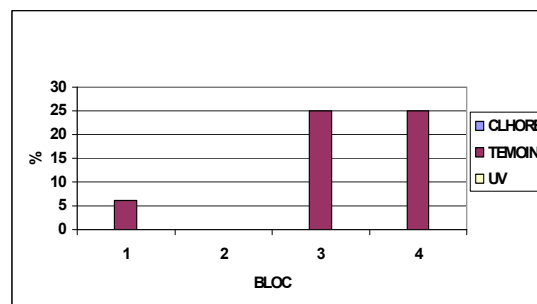


Figure 5 : Pourcentage de plants flétris par bloc. Tous les pourcentages des traitements Cl et UV sont nuls.

2.2 Détection de *R. solanacearum* par Nested-PCR

La méthode par Nested PCR nous a permis de vérifier, avec un seuil de détection bas, la présence ou l'absence de bactéries dans les plants. Cette méthode est beaucoup plus sensible car elle permet de détecter l'ADN de la bactérie dans un plant. Ceci nous permet donc de rechercher les infections latentes dans les plants qui ont reçu de l'eau traitée au préalable mais aussi de compléter les résultats obtenus par les analyses bactériologiques qui ne permettent pas de détecter la présence de la bactérie à des niveaux plus faibles. En effet, nous avons confirmé la présence de bactéries dans les plants du témoin du bloc 1 et

2 alors que nous nous n'avions pas eu de plant flétri. Sur le nombre total d'échantillons du témoin, 60% des plants ont été positifs au flétrissement bactérien. Les analyses faites sur les extraits de plant issus des traitements chlore et UV indiquent la présence de l'ADN de bactérie (Tableau 3). Ceci confirme le résultat obtenu dans l'expérimentation précédente : l'éventualité d'une infection existe. Ce résultat nécessite d'être approfondi, une réponse plus claire sera donnée avec les résultats du prochain essai.

Tableau 3. Résultats d'analyse microbiologique et Nested PCR sur extraits de plants échantillons : nombre de plants /nombre total d'échantillons (n°/n tot)

Traitements	Analyse microbiologique n°/n Tot	Nested PCR n°/n Tot
TEMOIN	7\64	39\64
CLHORE	0\20	1\20
UV	0\20	3\20

2.3 Distribution et quantification de la bactérie dans les substrats

La localisation de la bactérie dans les sacs de fibre de coco et sa quantification est représentée en figure 6. Le résultat confirme celui obtenu sur le pourcentage de plants flétris. Nous retrouvons un niveau moyen de population bactérienne détectable uniquement dans les parcelles témoins les plus atteintes. Les analyses faites sur les substrats issus des traitements Chlore et UV n'ont pas signalé la présence de bactéries.

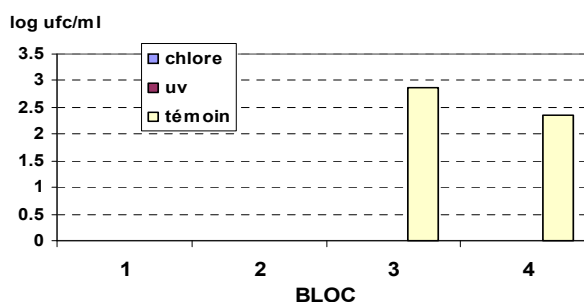


Figure 6: Population bactérienne dans le substrat de chaque bloc. Les valeurs des traitements Cl et UV son nuls.

3. Impact des traitements désinfectants sur la culture

3.1 Développement végétatif

En ce qui concerne le nombre de bouquets fleuris et le nombre de bouquets noués, les figures 7 et 8 montrent clairement que il n'y a pas de différences entre les traitements. En effet, les courbes sont très proches. En revanche, les analyses statistiques mettent en évidence une différence dans le diamètre de tige pour les plants du traitement UV par rapport aux deux autres modalités. (Figure 9 et 10). Cette différence peut être expliquée par un fonctionnement différent des pompes doseuses de la fertilisation.

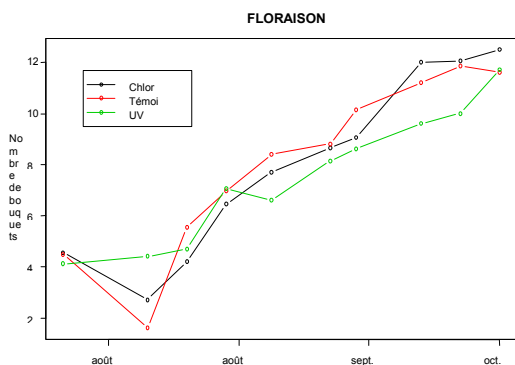


Figure 7 : Evolution de la nouaison (nombre moyen de bouquets nouée) en fonction du traitement.

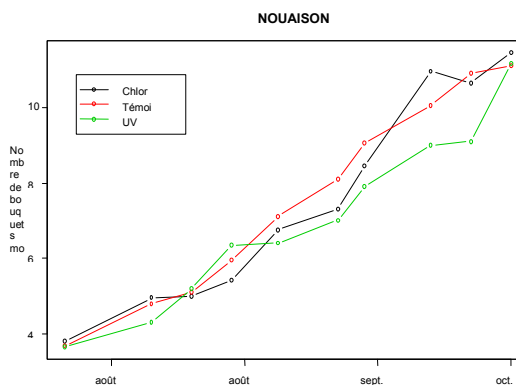


Figure 8 : Evolution de la floraison (nombre moyen de bouquets fleuris) en fonction du traitement.

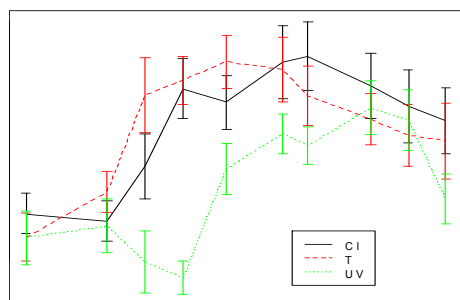


Figure 9 : Diamètre moyen de la tige en mm au cours du temps et en fonction du traitement (intervalles de confiance asymptotiques à 95% sur la moyenne)

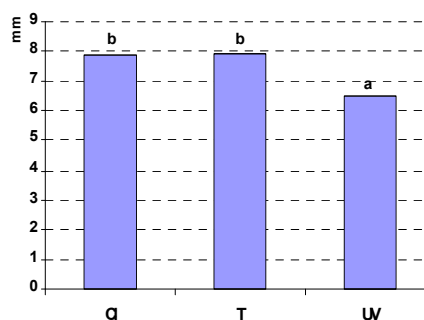


Figure 10 : Diamètre moyen de la tige en mm. Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test de Tukey HSD au seuil de 5%)

3.2 Rendement

Globalement le rendement est faible, ceci est dû au fait que l'essai n'a duré que deux mois et que des problèmes techniques au niveau des pompes doseuses ont compromis la fertilisation. A la différence du développement végétatif dans le rendement, nous retrouvons un léger effet dû à la chloration. (Figure 11). Les plants traités au chlore ont montré une légère baisse de rendement par rapport au témoin. Par contre malgré les problèmes de fertilisation dans le traitement UV, il n'y a pas de différence significative entre le témoin et le traitement UV.

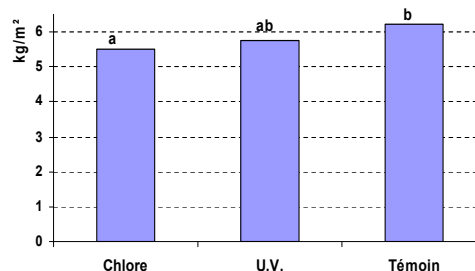


Figure 11: Valeur du rendement moyen. Test de TUKEY HSD (Honest Significant Difference) de comparaison des moyennes au seuil 5%

E - Conclusion et perspectives

L'objectif de cette étude a été de répondre à la question : « Comment désinfecter de façon appropriée l'eau d'irrigation contaminée par *R. solanacearum* et quelles précautions prendre pour éviter que la bactérie ne soit transmise en cours de culture? »

Pour cela nous avons simulé une contamination accidentelle (souvent constaté après des pluies abondantes), en contaminant artificiellement l'eau d'apport. Nous avons donc évalué l'efficacité de la désinfection de l'eau d'irrigation contaminée, directement en cours de culture, par deux types de désinfection : une physique, la stérilisation aux rayons UVc et une chimique, la chloration. En effet, dans les précédentes expérimentations nous avons obtenu des réponses intéressantes en terme d'efficacité germicide des lampes UVc et du chlore sur de l'eau contaminée par *R. solanacearum*. La décontamination par rayonnement aux UVc s'est révélée être un moyen efficace à certaines puissances germicides et à certains niveaux de contamination. Elle est aussi d'utilisation facile.

La chloration par l'utilisation de pastilles de chlore s'est montrée efficace à des doses qui n'ont pas entraîné d'effet phytotoxique. Bien que aucun produit ne soit autorisé pour la désinfection de l'eau en culture hors sol, en voie expérimentale nous avons utilisé le chlore car il est efficace et d'application aisée. Dans cette étude nous avons constaté qu'aucun plant des traitements UV et Chlore n'a montré de symptôme de flétrissement bactérien. La présence de la bactérie n'a été détectée ni dans les plants, ni dans les eaux de drainage ni dans les substrats. En effet, les résultats des analyses bactériologiques ont révélé la présence de bactéries uniquement dans les parcelles témoin. Par contre les analyses PCR faites sur les extraits de plant issus des traitements chlore et UV ont montré la présence de l'ADN de la bactérie. Ceci nous confirme le résultat obtenu dans l'expérimentation précédente : l'efficacité des rayons UV est quasi-totale. Un système de stérilisateur UV avec une dose germicide de 220 mJ/cm² a toutefois des limites. Le

passage de quelques bactéries reste une éventualité et donc, à une concentration bactérienne très élevée dans l'eau (10^5 ufc/ml), la possibilité d'une infection existe. Avec une désinfection au chlore, cette possibilité existe aussi. Il faut souligner qu'à l'heure actuelle nous ne disposons pas d'information précise concernant la présence et la quantité de *R.solanacearum* présente dans l'eau d'irrigation à la Réunion, et que 10^5 ufc/ml est considéré comme une dose très élevée mais possible. En ce qui concerne l'impact sur la culture du chlore dans les apports d'irrigation, aucun effet phytotoxique n'a été démontré sur les plants, mais un léger effet dépressif sur le rendement a été remarqué.

Le deuxième aspect de cette étude était de mettre au point un système pour empêcher le développement de la bactérie d'un plant à l'autre en cas de contamination, malgré la désinfection. Lorsque les niveaux de flétrissement sont faibles, une intervention immédiate et drastique pourrait réduire les « dégâts ». Or, nous n'avons pas eu de développement de flétrissement d'un plant à l'autre dans les modalités avec désinfection.

Les résultats de l'essai confirment qu'il est possible de décontaminer l'eau de façon efficace.

La désinfection en continu est donc un moyen prophylactique qui permet d'éviter ou de réduire fortement l'introduction de la bactérie dans une serre de façon accidentelle par l'eau d'irrigation.

Nous pouvons conclure que les deux systèmes de désinfection ont une efficacité significative sur une charge bactérienne élevée. Afin d'améliorer l'efficacité de la désinfection, un système qui prévoit l'utilisation des lampes plus puissantes, et/ou un système qui associe les deux types de désinfection, chlore et UV, pourrait être envisagé. Ceci augmente aussi la sécurité de la désinfection si un des deux systèmes ne fonctionne pas.

Les résultats obtenus nécessitent d'être approfondis. En effet, une réponse plus claire en terme de possibilité d'infection des plants après désinfection de l'eau sera donnée avec les résultats des prochains essais en saison chaude et en saison fraîche. Il en sera de même de l'effet du chlore sur les plants et sur le rendement. Ceci nous permettra de définir, un guide des « bonnes pratiques culturales » pour garantir une lutte préventive et une prophylaxie efficace.