

Chapitre IV

Impact des radiations UV-C en pré-récolte sur la sensibilité des plants de tomate à *Botrytis cinerea* et sur la qualité/conservation des fruits en post-récolte

I. Modèle végétal : la tomate

1. La plante

La tomate (*Solanum lycopersicum* L.) appartient à la famille des solanacées qui regroupe plus de 3000 espèces. La tomate est une plante herbacée pérenne (dans des conditions climatiques adaptées) mais elle est cultivée comme une plante annuelle. Originaires des Andes péruviennes, la tomate a vraisemblablement été domestiquée pour la première fois au Mexique, puis sa culture s'est développée en Europe suite à l'arrivée des « conquistadores » (Petit, 2013).

Le développement végétatif (Figure 47) se caractérise par une architecture sympodiale (par « étage »). Selon le modèle de croissance de la plante, les tomates peuvent être classées en deux grands groupes selon le schéma de développement de la tige principale. Nous parlons de plante à croissance indéterminée ou déterminée (Atherton et Harris, 1986). Chez les variétés à croissance déterminée, la fonction végétative sur chaque tige s'arrête précocement (entre le premier et le cinquième bouquet). Chaque tige se terminant par un bouquet floral, la croissance continue sur les drageons auxiliaires faisant penser à la structure d'un buisson. Pour les variétés à croissance indéterminée, la plante produit une tige unique qui continue de croître lorsque les branches latérales sont supprimées. La plante peut donc croître indéfiniment. Ainsi, sur une même plante, des fruits d'âges différents coexistent en fonction des sympodes et sur un même bouquet. En effet, les fleurs de tomate (hermaphrodites et autofécondes) sont regroupées en inflorescence formant des grappes. De manière générale, les plantes à croissance déterminée sont utilisées dans les systèmes de culture au champ pour la production de tomates d'industrie et celles à croissance indéterminée sous serre pour la production de fruits frais.

La tomate possède sur ses feuilles et sur ses tiges des trichomes, qui sont des poils glandulaires sécrétant des substances de défenses (acylglycérols, sesquiterpènes) vis-à-vis d'un grand nombre de ravageurs et de maladies.

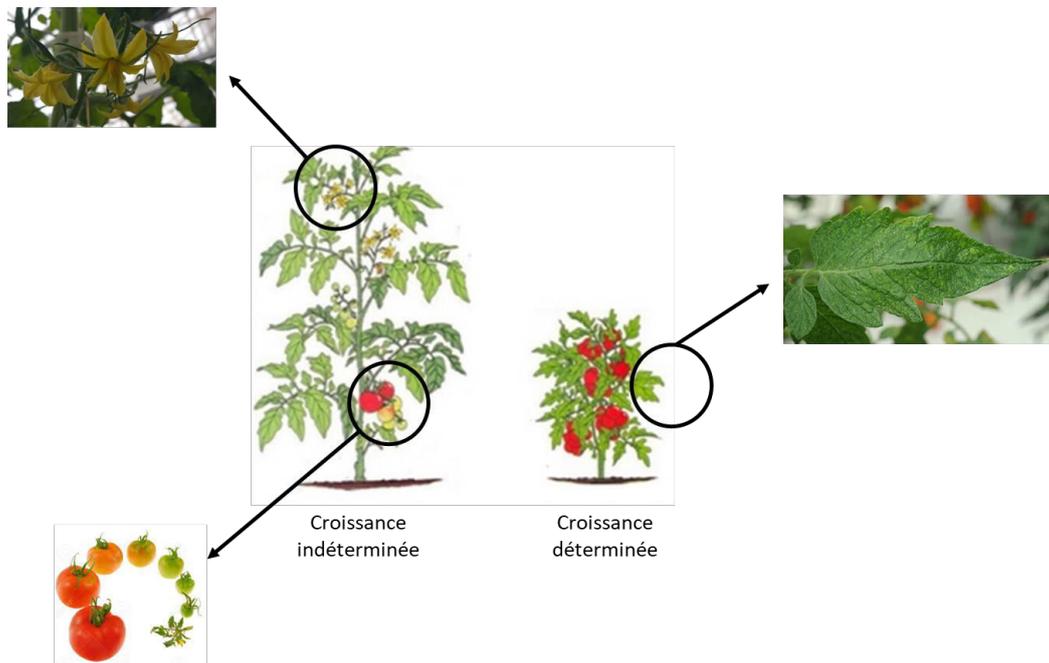


Figure 47 : Développement et croissance des plants de tomate. Les plants de tomate peuvent avoir une croissance indéterminée ou déterminée en structure de buisson. Les plants de tomate possèdent des inflorescences donnant des grappes de fruits.

Si la plupart des cultures de tomates se pratiquent en plein champ, la production sous des serres en verre ou des tunnels recouverts de bâches en plastique est de plus en plus courante pour l'approvisionnement des marchés en fruits frais. Les cultures de tomates sous serre peuvent être maintenues pour une durée de 11 mois, contrairement aux cultures en plein champ qui durent 5 mois.

2. Le fruit

La tomate est l'un des fruits les plus importants dans le monde. C'est en fait le légume le plus cultivé et le deuxième pour la consommation humaine (FAO,

organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2012). Elle contribue à la nutrition (Schuch, 1994) et à la santé humaine de par sa richesse en minéraux, vitamines, acides organiques, acides aminés et antioxydants tels que les caroténoïdes (Krinsky et Johnson, 2005). Il existe un large choix de variétés pouvant être utilisées dans de nombreux programme de sélection. Cette richesse perdue au bénéfice d'un productivisme accrue, revient à l'ordre du jour de par la demande des consommateurs.

Le fruit de la tomate est climactérique. La tomate est une baie composée d'un péricarpe charnu et une pulpe (placenta) qui renferme les graines (Figure 48). Son développement peut être subdivisé en trois phases (Gillaspy *et al.*, 1993). La première correspond à la phase de division cellulaire. Elle peut être plus ou moins longue, de 10 à 15 jours pour les variétés de type cerise et de 20 à 25 jours pour les variétés à gros calibre. Cette phase se caractérise par une importante activité mitotique notamment dans le péricarpe. La division cellulaire est suivie de l'expansion cellulaire et du développement de l'embryon contenu dans les graines allant de 25 à 30 jours selon les fruits. Pendant l'expansion cellulaire, l'importation des ressources carbonées est maximale et induit une entrée massive d'eau dans les cellules stimulant l'expansion de celles-ci. A la fin de l'expansion cellulaire, les graines sont arrivées à maturité et le fruit a quasiment atteint sa taille maximale, il est dit « vert mature ». La dernière phase de développement consiste en la maturation des fruits, déclenchée par une augmentation de la respiration du fruit et une augmentation de la synthèse d'éthylène. Cette phase dure 10 jours environ. Elle débute avec le changement de couleur du fruit passant par le stade « cassant », c'est-à-dire que le fruit a une couleur moitié verte et moitié orange. Puis les chloroplastes sont transformés en chromoplastes jusqu'à atteindre une couleur rouge uniforme, en raison de la forte présence de lycopène. Pendant la maturation, la teneur en sucres, acides et composés volatils du péricarpe varient généralement au profit d'un enrichissement en sucres, une diminution des acides et une augmentation de la synthèse des composés volatils aromatiques.

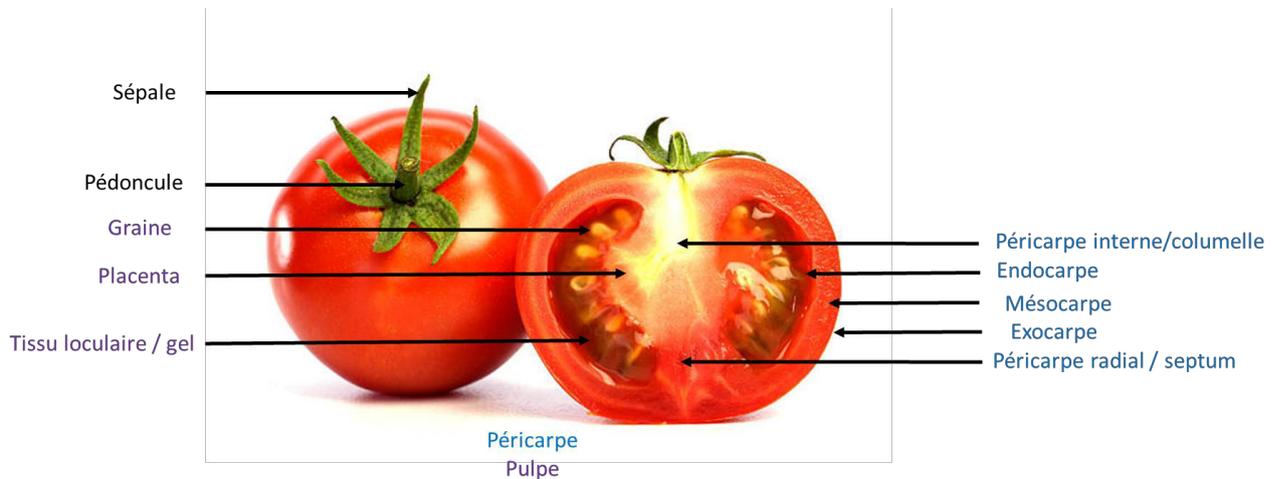


Figure 48 : Structure du fruit de tomate en coupe longitudinale. Les tomates sont des fruits charnus.

3. Sensibilité à *Botrytis cinerea*

La moisissure grise, causée par *B. cinerea*, est une maladie présente dans les cultures de tomate sous abris. Les symptômes observables sur fleurs, fruits, tiges, et feuilles se traduisent généralement par un pourrissement des tissus infectés, suivi par l'apparition d'un feutrage gris due à une production importante de spores (Figure 49 ; Sommer *et al.*, 1992). *B. cinerea* peut entraîner des pertes de rendement importantes en affaiblissant les plantes et en les détruisant (Williamson *et al.*, 2007). De plus, il n'existe pas de fongicide chimique homologué en post-récolte (Mari *et al.*, 1996) pour réduire les pertes causées par cette moisissure. La protection des plantes en cours de culture et la protection des fruits en post-récolte se font en général par l'application en pré-récolte de fongicide synthétique.



Figure 49 : Développement de *B. cinerea* sur tomate. Responsable de la pourriture grise, ce champignon nécrotrophe provoque des dégâts considérables sur la plante entière incluant les tiges, les feuilles, les fleurs et les fruits.

Les mêmes hypothèses testées sur fraisiers dans les chapitres précédents sont étudiées dans ce chapitre. Nous souhaitons tester l'hypothèse qu'il est possible de diminuer la sensibilité de la tomate (organe végétatif et fruits) à *B. cinerea* par l'application de doses hormétiques de rayonnements UV-C. Ces traitements UV-C sont appliqués soit en post-récolte soit en cours de culture des plants. En parallèle de l'étude du niveau de sensibilité de la tomate, nous nous sommes également intéressés à l'impact de ces traitements UV-C sur la qualité et la conservation des fruits en post-récolte.

II. Matériel et méthodes

1. Modèle végétal

Les plants de tomate étudiés dans ce chapitre appartiennent à la variété Trust. Les graines ont été semées en octobre 2017 dans un substrat riche (ProMix : tourbe de mousse de sphaigne (65 – 75 %), perlite, chaux, mycorhizes). Au total, 20 plants de tomate ont été sélectionnés et placés sous serre en verre : une rangée comptant 10 plants de tomate correspondait au groupe contrôle non traité aux rayonnements UV-C et une deuxième rangée comptant également 10 plants de tomate correspondait au groupe traité aux rayonnements UV-C.

2. Traitements UV-C

Deux types de traitements UV-C ont été testés : le premier a été appliqué en post-récolte et le second en cours de culture.

Pour le traitement UV-C en post-récolte, les fruits de tomate ont été traités sur la face supérieure à une dose UV-C de 3,70 kJ/m². Cette dose a été choisie en prenant en compte les travaux menés par Maharaj *et al.* (1999) qui ont démontré que cette dose UV-C permettait de prolonger la durée de vie des fruits. La dose a été administrée sur des fruits placés dans une chambre de croissance (Convion, PGC20, Manitoba, Canada). Cette chambre a été modifiée (Figure 50) par l'ajout au plafond d'un jeu de 3 lampes UV-C fluorescentes germicides (160 W) avec un pic d'émission à 254 nm (Clean Light Inc., Vineland Station, ON, Canada). L'intensité lumineuse a été mesurée avec un radiomètre portable (UV-C Digital Radiometer, UVP, Inc., San Gabriel, Canada). Après le traitement, les fruits ont été laissés dans la chambre à l'obscurité pendant 4 h à température ambiante.

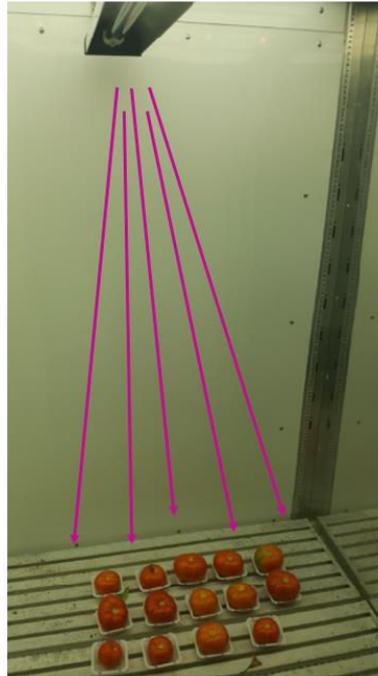


Figure 50 : **Chambre de traitement UV-C.** Les fruits de tomate sont placés dans la chambre de traitement puis le plafond contenant les lampes UV-C a été placé à 70 cm des fruits pendant le traitement. Le traitement UV-C est automatisé par le biais d'une plateforme et d'un logiciel reliés à la chambre et au radiomètre de mesure.

Pour les traitements UV-C appliqués en cours de culture, les plants de tomate ont été traités avec la dose UV-C de 0,20 kJ/m² (sélectionnée grâce à des tests réalisés au préalable) juste après la floraison du premier bouquet. Le système de traitement est différent de celui utilisé pour les traitements en post-récolte. En effet, dans ce cas, c'est un portique lumineux doté de 6 lampes UV-C de 135 W modèle GIA843T6LCA/HO/CB-0P6 (UV Superstore Inc., Poultney, VT) qui se déplace tout au long des plants (Figure 51). C'est un traitement automatisé qui se déroule pendant la nuit et qui dure 30 sec pour administrer une dose UV-C de 0,20 kJ/m². Les plants de tomate sont traités tous les 4 jours à la dose UV-C choisie jusqu'à la récolte des grappes de tomate.



Figure 51 : Traitements UV-C des plants de tomate sous serre. Un portique contenant 6 lampes UV-C se déplace automatiquement le long des plants de tomate pour délivrer une dose UV-C choisie de 0,20 kJ/m².

3. Modèle fongique et inoculation

B. cinerea a été isolé de feuilles de tomate infectées puis a été stocké dans un sol stérile à 4 °C. Cet isolat a été utilisé comme source d'inoculum initial. Les spores ont ensuite été conservées dans un tampon glycérolé à -4 °C. Nous avons nommé cette souche BcB en raison d'une première isolation du champignon qui n'a pas fonctionné.

Pour les inoculations réalisées sur les feuilles de tomate, la souche BcB a étéensemencée 3 jours avant l'inoculation. Lors de l'inoculation, les feuilles de tomate détachées ont été placées dans des boîtes en plexiglas sur un papier absorbant humide afin de créer une humidité relative élevée. Les feuilles ont été

inoculées par le dépôt d'un implant mycélien de 0,5 cm de diamètre centré sur la feuille au niveau de la nervure centrale. Les feuilles sont ensuite placées dans un incubateur à 21 °C et une photopériode de 14 h de jour et 10 h de nuit. La surface des lésions a été suivie pendant 7 jours et mesurée grâce au logiciel Image J. Par la suite, l'AUDPC a été calculée pour estimer la sensibilité des feuilles de tomate à BcB.

Pour les inoculations réalisées sur les fruits de tomate, la souche BcB a été ensemencée 15 jours avant la date d'inoculation afin que le champignon sporule. Le jour de l'inoculation, une suspension de spores à 10^6 spores/mL a été préparée. Les fruits ont ensuite été inoculés avec 1 mL de cette suspension de spores. Les fruits de tomate ont été entreposés dans des boîtes de conservation (bac blanc de semis et couvercle transparent) à 14 °C dans l'obscurité. La surface des lésions a été suivie pendant 7 jours et mesurée grâce au logiciel Image J et l'AUDPC a été calculée pour estimer la sensibilité des fruits de tomate à BcB.

4. Estimation de la croissance végétale

Après les 4 premiers traitements UV-C, des mesures de l'activité photosynthétique en fonction de la courbe de réponse à la lumière des plants de tomate ont été réalisées. Les mesures ont été prises *via* un analyseur à gaz IR (LICOR 6400, Li-Cor, Lincoln, USA) en condition de lumière saturante (Tableau 4).

Impact des radiations UV-C sur la sensibilité des plants de tomate à *Botrytis cinerea* en cours de culture et impact sur la qualité/conservation des fruits en post-récolte

Tableau 4 : Conditions de mesure de l'activité photosynthétique. Les mesures ont été réalisées avec un analyseur à gaz IR (LICOR) après les 4 premiers traitements UV-C (Lightsource = 6400-40 FLUO, LCF-0364) sur les feuilles externes à mi-hauteur des plants de tomate.

Paramètres		Condition
T block	Température de la tête de mesure	20°C
Blue ABS	Absorbance des feuilles dans le bleu	0,93
Red ABS	Absorbance des feuilles dans le rouge	0,85
A dark	Photosynthèse dans le noir	-1 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$
PS2/1	Fraction de photons	0,5
CO ₂ S	CO ₂ de l'échantillon	390 ppm
CO ₂ R	CO ₂ de référence	410 ppm
Flow	Débit	250 $\mu\text{mol}/\text{s}$
Blue	Lumière bleue	10 %

A la fin de l'expérimentation, la hauteur des plants ainsi que la surface des feuilles ont été mesurées.

5. Conservation des fruits

Les fruits des grappes 1, 2 et 3 ont été récoltés au stade 4 de maturité, selon la charte de classification des fruits et légumes USDA (*United States Department of Agriculture*). Les fruits de la grappe 1, récoltés uniquement des plants témoins (groupe contrôle non traité aux rayonnements UV-C), ont été utilisés dans le cadre de l'étude de l'impact des UV-C appliqués en post-récolte. Tandis que les fruits des grappes 2 et des grappes 3, du groupe témoin ainsi que ceux traités aux rayonnements UV-C, ont été utilisés pour étudier l'impact des rayonnements UV-C appliqués en cours de culture sur la sensibilité des fruits et leur qualité en post-

récolte. Les fruits ont été récoltés puis placés individuellement dans des barquettes en plastique et mis en conservation dans un entrepôt à 14 °C dans l'obscurité.

Mesure du poids et de la couleur des fruits de tomate

A chaque temps de conservation (J0, J3, J7 et J21), les fruits sont pesés et leur couleur est mesurée *via* un chromamètre (CR-2000, Minolta). L'appareil a été calibré avec une plaque blanche de référence et les paramètres L^* , a^* et b^* ont été mesurés. Une mesure plus appropriée de la couleur (McGuire, 1992) des fruits de tomate peut être obtenue par le calcul du C^* (*Chroma*) qui décrit le degré de saturation du gris vers une teinte pure et de l'angle H° (*Hue*) qui décrit les teintes (rouge, orange, jaune, vert, etc.). Ces deux indices nous renseignent sur l'évolution de la couleur des fruits de tomate au cours du processus de maturation et d'entreposage telle qu'affectée par les traitements aux UV-C.

Mesure de l'acidité des fruits de tomate

La préparation des échantillons pour mesurer l'acidité s'est réalisée à partir de 15 g de fruits congelés (échantillon composite) et réduits en poudre. Après décongélation et centrifugation à 21000 g pendant 5 min à 4°C, le surnageant est recueilli. A 5 g d'extrait, 30 mL d'eau ultrapure est ajoutée et l'acidité est mesurée avec un pHmètre (AR25 Fisher Scientific). La mesure de l'acidité a été réalisée pour tous les échantillons (chaque modalité avec chaque temps de conservation).

Solides solubles totaux

La teneur en SST (*solides solubles totaux*) a été déterminée à l'aide d'un réfractomètre digital (Atago PR-32). Du jus provenant des tomates a été déposé et les valeurs sont mesurées en °Brix. La teneur en SSC a été réalisée pour tous les échantillons (chaque modalité avec chaque temps de conservation).

Teneur en composés phénoliques

Les échantillons correspondent à un échantillonnage composite réunissant 3 tomates dans le but d'avoir assez de matière. Les échantillons à extraire ont été

préparés à partir de 4 g de poudre, dans 20 mL d'un mélange de solvant : MeOH/H₂O/acide formique (60:38:2, v/v/v). Les échantillons ont été ensuite homogénéisés à l'Ultra-Turrax (T25, Ika) pendant 1 min à une vitesse de 20 000 tours/minute. Les échantillons sont ensuite centrifugés à 10000 g pendant 5 min à 4 °C (Sorvall, Biofuge stratos, rotor Thermo Scientific 3057). A l'aide d'un évaporateur-concentrateur à azote (Horizon Technology, Interchim), 10 mL du surnageant ont été concentrés par séchage. Les culots secs sont dissous dans 1 mL d'un mélange MeOH/acide formique (95:5, v/v), filtrés (filtre 0,2 µm Pall corporation 4567). Ces extraits contenant les composés phénoliques ont été directement injectés dans l'UPLC.

La séparation et la caractérisation des composés phénoliques ont été réalisées à l'aide d'une UPLC H-Class system (Waters Acquity, Waters Corp., Milford, USA) équipée d'un moniteur quaternaire à solvant, d'un moniteur à échantillon, d'une colonne et d'un détecteur PDA. Une colonne Waters Acquity UPLC Cortecs C18 (150 mm x 2,1 mm ; 1,6 µm) combinée avec une pré-colonne Waters UPLC Cortecs VanGuard C18 (5 mm x 2,1 mm ; 6 µm) a été utilisée pour l'analyse des échantillons. Le logiciel MassLynx 4.1 a été utilisé pour l'acquisition des données.

Les analyses ont été réalisées par un gradient d'élution. La phase mobile correspondait à de l'eau acidifiée (1 % d'acide formique ; solvant A) et de méthanol acidifié (1 % d'acide formique ; solvant B). Un gradient linéaire était de 1 à 5 min : 85-70 % de solvants A-B, suivi par un mélange isocratique pendant 2 min, puis 70-20 % de solvants A-B de nouveau en 2 min, et maintien du mélange pendant 3 min ; 20-0 % en 1 min et maintien pendant 2 min avant de retourner aux conditions initiales (85 % du solvant A) en 1 min et maintenu pendant 10 min. Le flux de la phase mobile était de 0,216 mL/min. Le volume d'injection était de 2 µL et les pics ont été détectés entre 210 et 750 nm.

Les composés dans chaque échantillon ont été identifiés et quantifiés par la comparaison de leur Tr et de leur spectre avec ceux de standards externes. Les données ont été rassemblées dans le logiciel TargetLynx et rapportées au microgramme par gramme de poids frais (µg/g poids frais).

Dosages des composés volatils

Les dosages des composés volatils des tomates ont été réalisés par GC-MS avec des fibres SPME. Les échantillons ont été préparés à partir de 0,25 g de poudre de fraises (échantillon composite : broyage d'un lot de 6 fraises à l'azote liquide) homogénéisés avec 3 mL d'eau distillée et 2 mL de solution NaCl saturée à température ambiante. 5 mL du mélange ont été prélevés puis les échantillons ont été chauffés pendant 50 min à 60 °C sous agitation magnétique. La seringue contenant le filtre SPME (Supelco, Carboxen, PDMS 57300-U) a été placée dans les tubes afin de débiter l'adsorption des composés volatils présents dans chaque échantillon.

Les échantillons ont ensuite été analysés par GC-MS (Agilent Technologies, en mode EI). La colonne utilisée était une DB-5MS (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm). Chaque échantillon a été injecté manuellement. La désorption dure 1,5 min. La phase mobile était constituée d'hélium avec un débit de 1 mL/min. La programmation du four était de 50 °C pour 1 min et augmentait jusqu'à 200 °C à une vitesse de 4 °C/min. La température de la source du MS était de 230 °C, celle de la ligne de transfert était de 280 °C et celle des quadrupoles était de 150 °C.

Statistiques

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées à partir du logiciel Statistica. Des premiers tests d'analyse de normalité des données ont été réalisés : test de Shapiro. Si les données suivaient une loi normale, alors des tests de comparaison de moyenne étaient réalisés comme le test de Duncan ou Newman-Keuls (*NKT*). Au contraire, si les données n'étaient pas gaussiennes alors des tests non paramétriques de comparaison de moyennes étaient réalisés comme le test de Kruskal-Wallis. Pour chacun des tests, une contrainte de p-value < 0,05 était appliquée.

III. Résultats

1. Impact des rayonnements UV-C sur les fruits de tomate en post-récolte

Afin d'estimer l'effet des traitements UV-C en post-récolte sur la sensibilité des fruits de tomate à la maladie, des tests pathologiques avec *B. cinerea* ont été réalisés (Figure 52).

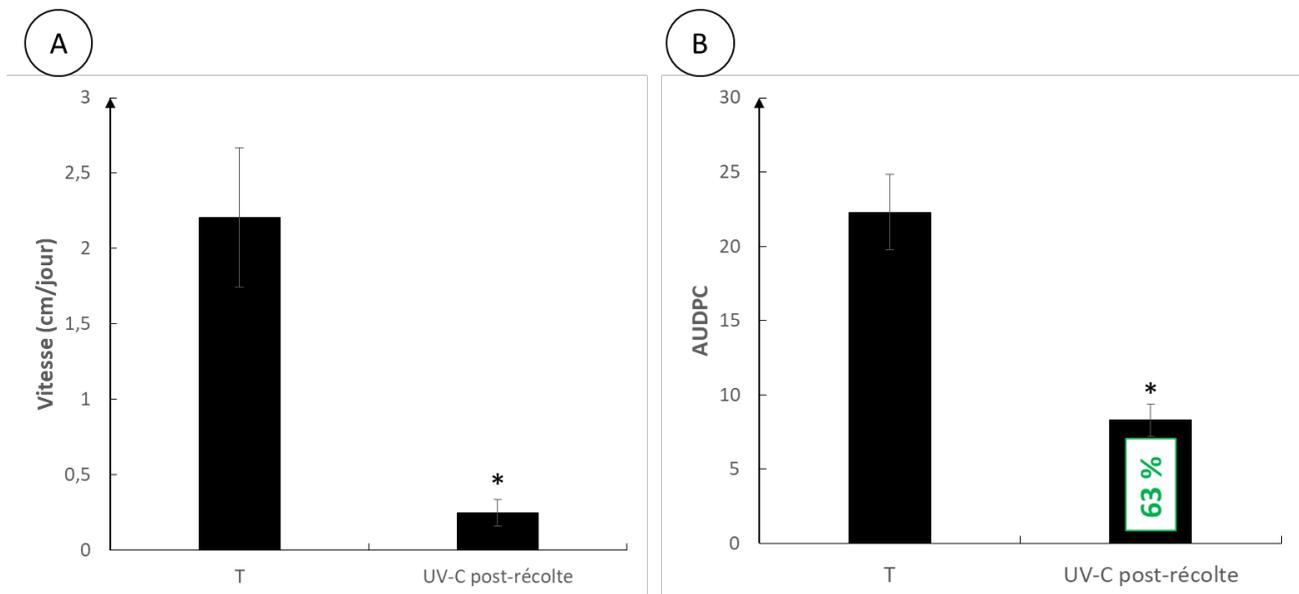


Figure 52 : Niveau de sensibilité des fruits de tomate à *B. cinerea* après un traitement UV-C en post-récolte. Les tomates ont été récoltées à maturité commerciale puis ont été traitées avec une dose UV-C de 3,70 kJ/m². Les tests pathologiques (inoculation avec BcB et suivi des lésions pendant 7 jours) permettent d'évaluer le niveau de sensibilité des fruits de tomate à ce pathogène suite aux traitements UV-C. A) Vitesse de croissance du champignon *B. cinerea*. B) AUDPC correspondant au développement de la maladie. Les (*) correspondent aux différences significatives entre les groupes contrôles et les groupes traités aux UV-C (erreurs standards, NKT, p-value < 0,05).

Ici, nous démontrons qu'avec l'application unique de la dose UV-C de 3,70 kJ/m² sur la face supérieure des fruits de tomate, nous réduisons de 63 % leur sensibilité à *B. cinerea* (Figure 52-B). Le champignon n'arrive pas à s'installer sur le fruit et son développement est vite ralenti (Figure 52-A).

En parallèle à la mesure de la sensibilité des fruits de tomate à *B. cinerea*, l'évolution de certains paramètres associés à la qualité lors du stockage a été analysée (Figure 53).

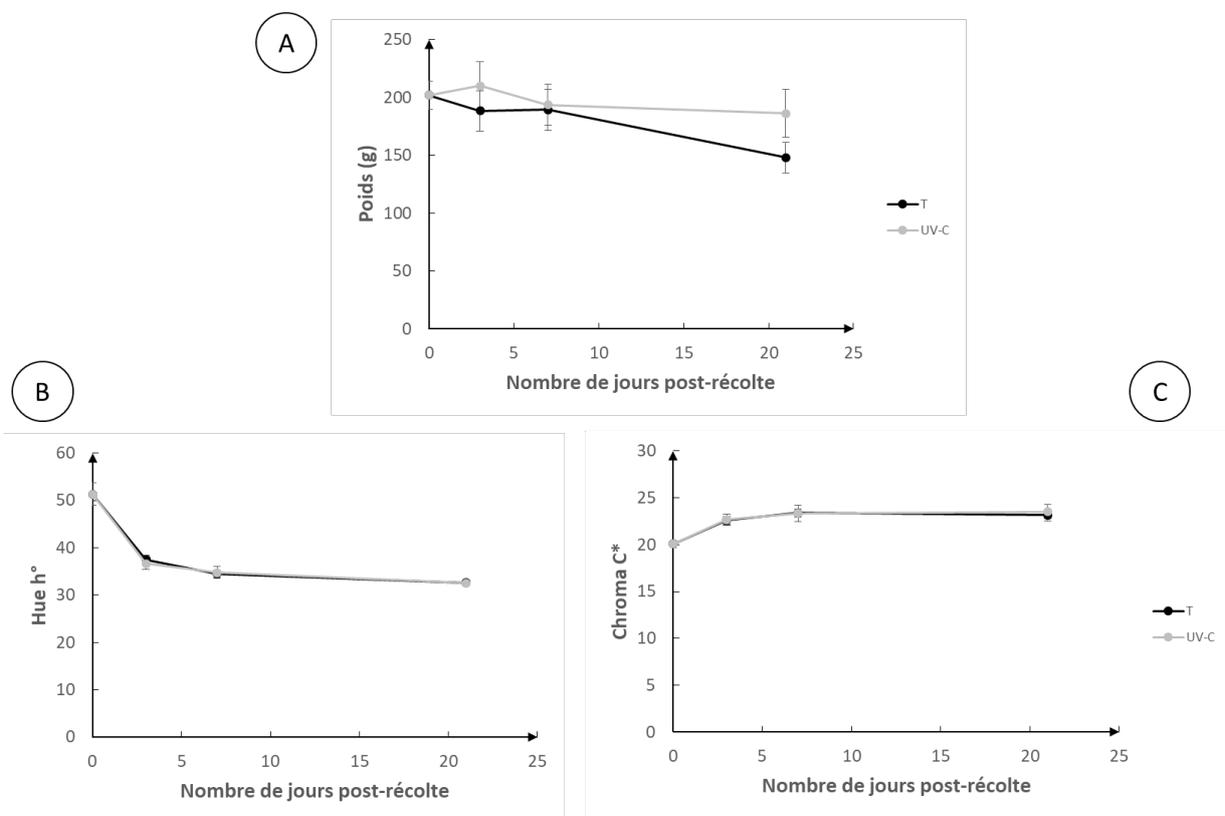


Figure 53 : Conservation des fruits de tomate après une application d'UV-C en post-récolte. Les fruits ont été récoltés à maturité commerciale puis mis en conservation dans une chambre de stockage à une température de 14 °C et dans l'obscurité. Des mesures ont été réalisées à J0, J3, J7 et J21. A) Suivi du poids des fruits de tomate pendant la conservation. B) et C) Suivis de l'évolution de la couleur des fruits de tomate pendant la conservation. Les tests statistiques ont été réalisés à p-value < 0,05 (erreurs standards, NKT).

L'évolution du poids et de la couleur des fruits de tomate se fait de la même manière pour les fruits appartenant au groupe contrôle et les fruits qui ont été traités aux rayonnements UV-C. Nous n'avons pas mis en avant de différences statistiques entre les deux groupes étudiés. Au cours de leur conservation, le poids des fruits de tomate diminue de 5 % pour le groupe contrôle non traité (T) et de 3 % pour le groupe traité aux rayonnements UV-C, ce qui correspond principalement à une perte en eau (Figure 53-A). En ce qui concerne la couleur des fruits, dans les deux cas, le Hue h° diminue de 36 % entre le jour de la récolte et après 21 de jours de stockage (Figure 53-B) tandis que le Chroma C^* augmente de 17 % (Figure 53-C) jusqu'à atteindre un plateau, signifiant que la maturité des fruits de tomate est atteinte (couleur rouge vive brillante).

2. Impact des rayonnements UV-C appliqués en cours de culture sur la plante et les fruits de tomate

Afin d'identifier l'impact des rayonnements UV-C sur l'activité photosynthétique, la réponse à la lumière des plants de tomate suite aux 4 premiers traitements UV-C a été mesurée (Figure 54).

Impact des radiations UV-C sur la sensibilité des plants de tomate à *Botrytis cinerea* en cours de culture et impact sur la qualité/conservation des fruits en post-récolte

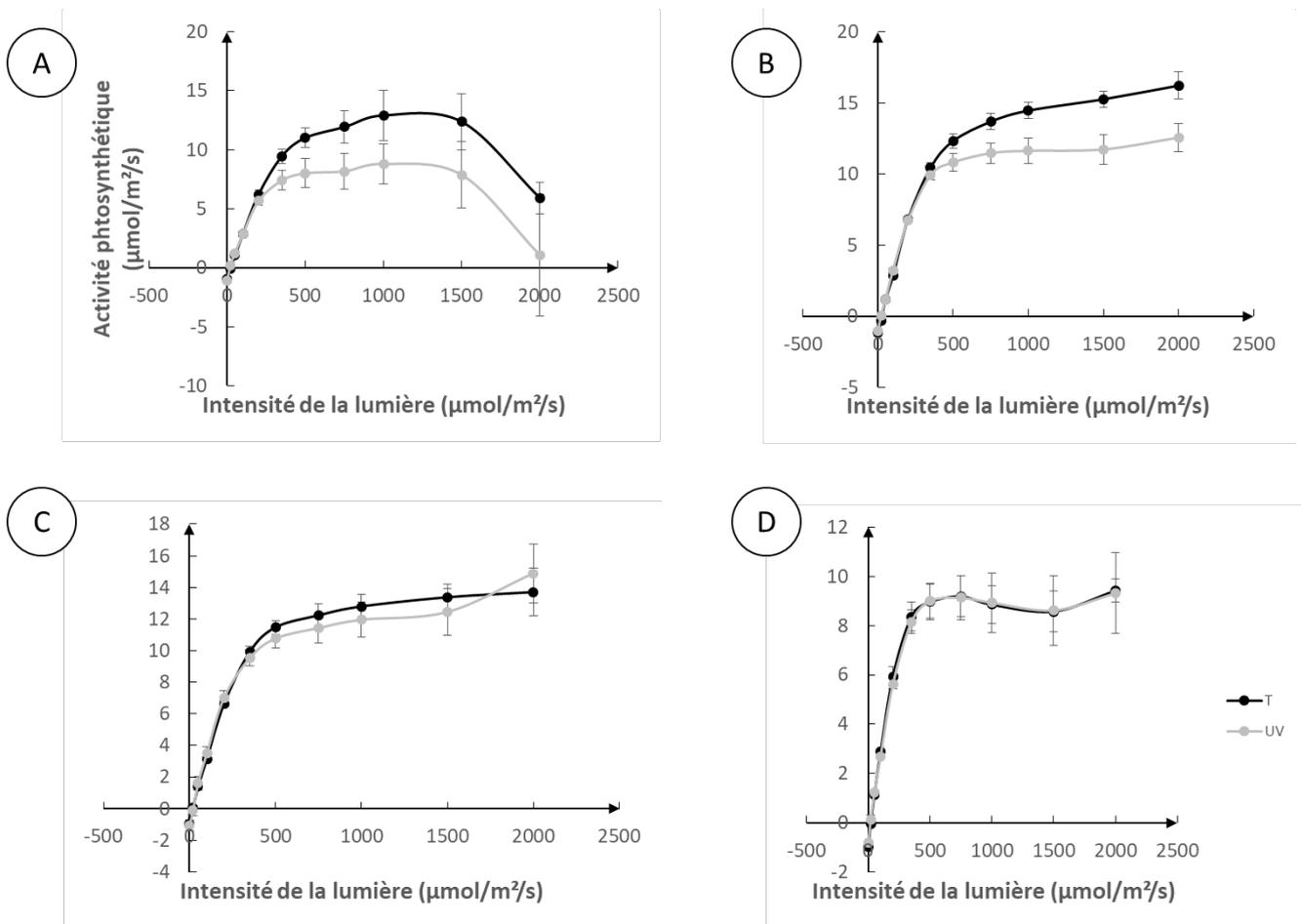


Figure 54 : Courbes de réponse à la lumière après l'application de traitements UV-C. Les plants ont été traités aux rayonnements UV-C tous les 4 jours. Les mesures ont été réalisées sur 3 feuilles par plants (30 feuilles au total). A) Après le premier traitement UV-C (dose d'UV-C de 0,20 kJ/m²). B) Après le second traitement UV-C (dose cumulée d'UV-C de 0,40 kJ/m²). C) Après le troisième traitement UV-C (dose cumulée d'UV-C de 0,60 kJ/m²). D) Après le quatrième traitement UV-C (dose cumulée d'UV-C de 0,80 kJ/m²).

Les plants de tomate traités aux rayonnements UV-C réagissent très rapidement puisque dès l'application de la première dose d'UV-C, l'activité photosynthétique des plants de tomate traités aux rayonnements UV-C diminue de 32 % (Figure 54-A). Cette diminution de l'activité photosynthétique observée préalablement persiste après l'application de la deuxième dose d'UV-C (Figure 54-

B). Ce n'est qu'à partir du troisième traitement UV-C que l'activité photosynthétique des plants de tomate traités aux rayonnements UV-C revient au même niveau que celle du groupe contrôle non traité (Figure 54-C). L'activité photosynthétique des plants de tomate est identique à partir de l'application du quatrième traitement UV-C et demeure stable pour les deux groupes testés (Figure 54-D).

A la fin de l'expérimentation, des mesures physiques des plants de tomate ont été réalisées dans le but d'estimer la croissance végétale pendant les traitements UV-C (Figure 55).

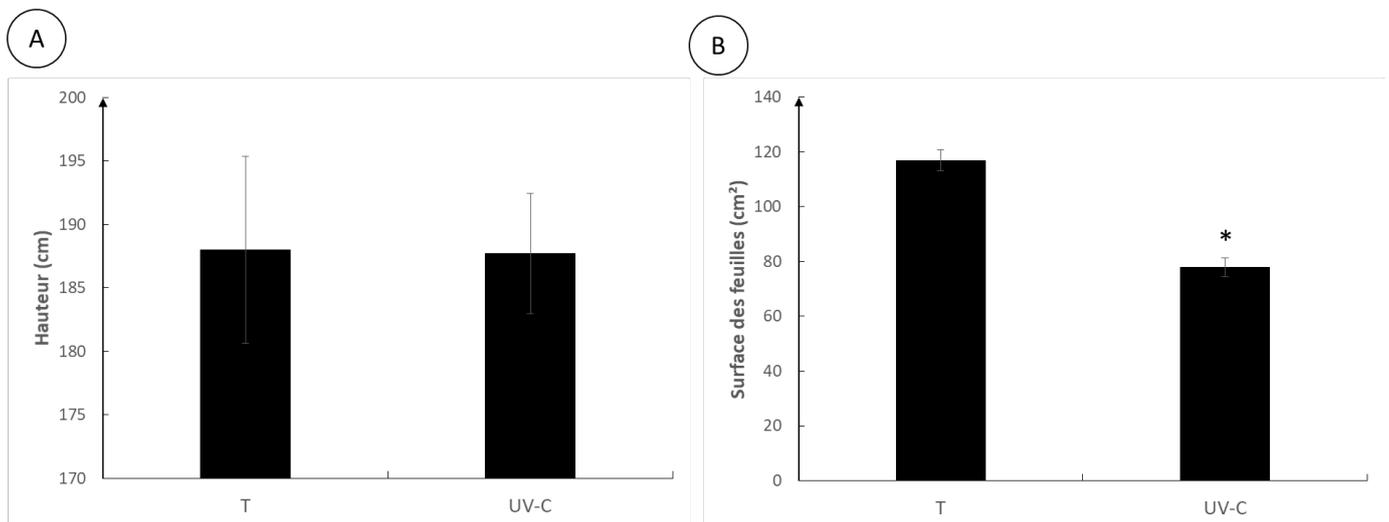


Figure 55 : Estimation de la croissance végétale des plants de tomate après des traitements successifs d'UV-C. Les mesures ont été réalisées à la fin de l'expérimentation, c'est-à-dire à récolte de la troisième grappe de fruits. Les plants avaient alors reçu 22 applications d'UV-C de 0,20 kJ/m², menant à une dose cumulée d'UV-C de 4,4 kJ/m². A) Hauteur des plants de tomate. B) Surface des feuilles de tomate. Les (*) correspondent aux différences significatives entre le groupe contrôle et le groupe traité aux rayonnements UV-C (erreurs standard, NKT, p-value < 0,01).

A la fin de l'expérimentation, les plants de tomate traités aux rayonnements UV-C ont reçu une dose cumulée de 4,4 kJ/m². Dans le but d'étudier l'impact des rayonnements UV-C sur l'état des plants, la hauteur de chaque plant ainsi que la surface des feuilles ont été prises en compte. Suite à l'application successive de 22 doses d'UV-C, la hauteur des plants est identique pour les deux groupes testés, à savoir 188 cm pour les plants non traités (T) et 187,7 cm pour les plants de tomate traités aux rayonnements UV-C (Figure 55-A). Cependant, les feuilles issues des plants de tomate traités aux rayonnements UV-C ont des surfaces plus petites (Figure 55-B).

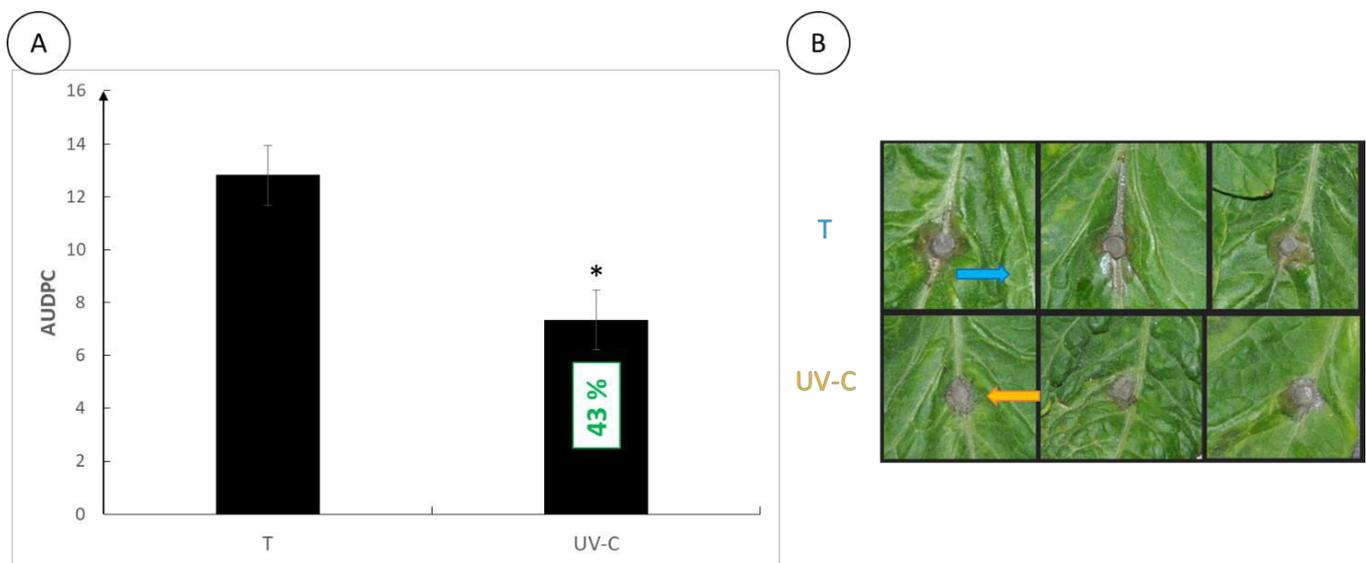


Figure 56 : Niveau de sensibilité des feuilles de tomate à *B. cinerea* après l'application de traitements UV-C successifs en cours de culture. Le niveau de sensibilité des feuilles a été estimé à la fin de l'expérimentation, c'est-à-dire après la récolte de la troisième grappe de fruits. Les plants ont reçu une dose cumulée d'UV-C de 4,4 kJ/m², soit 22 traitements UV-C. Les tests pathologiques (inoculation avec BcB et suivi des lésions pendant 7 jours) permettent d'évaluer le niveau de sensibilité des feuilles de tomate à *B. cinerea* suite aux traitements UV-C. A) AUDPC correspondant au développement de la maladie. B) Photo des lésions provoquées par BcB sur feuilles. Les (*) correspondent aux différences significatives entre le groupe contrôle et le groupe traité aux rayonnements UV-C (erreurs standard, NKT, p-value < 0,01).

Des tests pathologiques avec *B. cinerea* ont ensuite été conduits sur des feuilles de tomate isolées le jour de la récolte de la troisième grappe de fruits (Figure 56). Une diminution significative de 43 % de la sensibilité des feuilles de tomate a été observée pour les plants qui ont été traités aux rayonnements UV-C (Figure 56-A). Lorsque nous regardons plus attentivement les lésions engendrées sur les feuilles de tomate (Figure 56-B), nous remarquons que *B. cinerea* a tendance à s'épandre sur les feuilles du groupe contrôle tandis que chez le groupe traité aux rayonnements UV-C, le champignon a tendance à rester au niveau de l'implant mycélien. Sur certaines feuilles traitées aux rayonnements UV-C, *B. cinerea* a tendance à sporuler rapidement sur l'implant mycélien.

En plus de l'étude des rayonnements UV-C appliqués sur les plants de tomate en culture, nous nous sommes intéressés à l'impact que pouvaient avoir ces mêmes traitements UV-C sur les fruits (Figure 57).

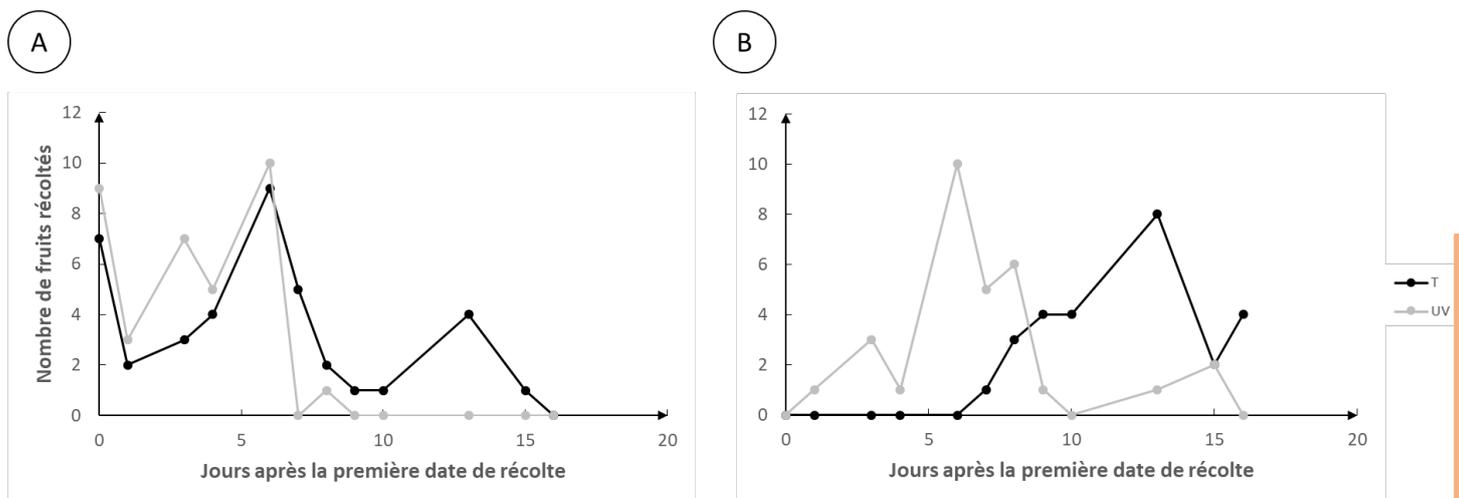


Figure 57 : Récolte des fruits de tomate au cours du temps. Les fruits de tomate ont été récoltés au stade 4 de maturité (stade « rosé »). A) Récolte de la deuxième grappe. B) Récolte de la troisième grappe.

En premier lieu, nous avons récoltés les fruits de la grappe 2 et la grappe 3 lorsqu'ils arrivaient au stade 4 de maturité. Ne murissant pas en même temps, nous

les avons récoltées au fur et à mesure. De ce fait, nous avons pu mettre en avant une maturation précoce des fruits de tomate de la grappe 3 traités aux rayonnements UV-C (Figure 57-B). Cette précocité a également été observée pour la grappe 2 mais de façon moins prononcée. En effet, nous observons un premier pic de récolte aux alentours du cinquième jour (Figure 57-A).

Comme pour les plantes de tomate, nous nous sommes également intéressés à la sensibilité des fruits à *B. cinerea* grâce à des tests pathologiques (Figure 58).

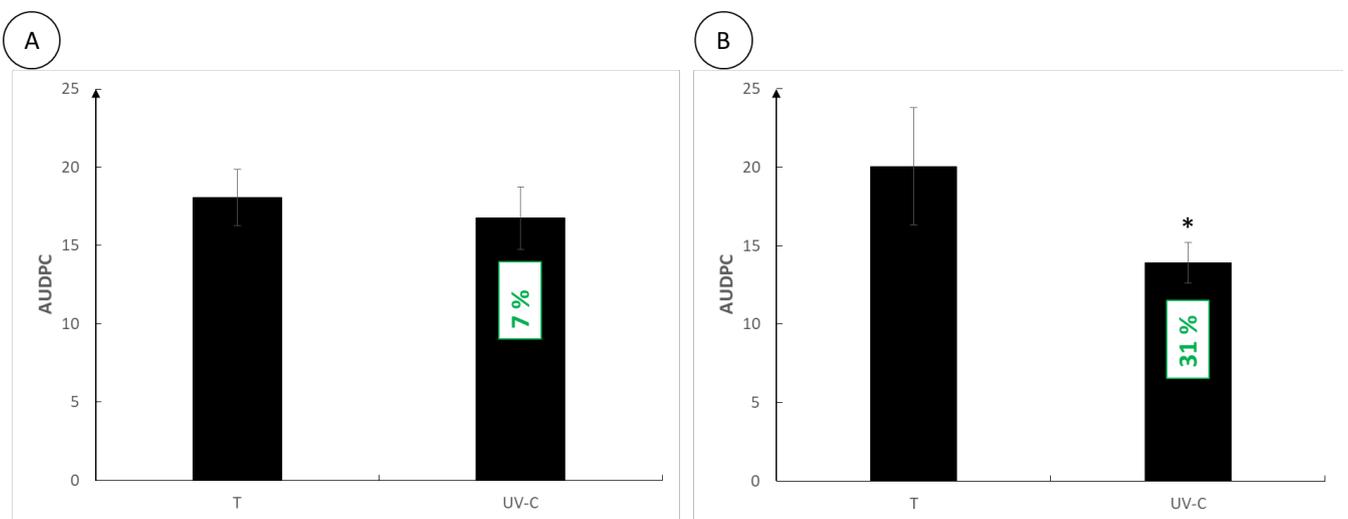


Figure 58 : Niveau de sensibilité des fruits de tomate à *B. cinerea* après l'application successive de doses UV-C en cours de culture. Les tomates ont été récoltées au stade 4 de maturité (stade « rosé »). Les tests pathologiques (inoculation avec BcB et suivi des lésions pendant 7 jours) permettent d'évaluer le niveau de sensibilité des fruits de tomate à *B. cinerea* suite à l'application de rayonnements UV-C sur les plantes. A) AUDPC correspondant au développement de la maladie sur les fruits de la grappe 2 (dose UV-C cumulée de 3,8 kJ/m², soit 19 traitements UV-C). B) AUDPC correspondant au développement de la maladie sur les fruits de la grappe 3 (dose UV-C cumulée de 4,4 kJ/m², soit 22 traitements UV-C). Les (*) correspondent aux différences significatives entre le groupe contrôle et le groupe traité aux rayonnements UV-C (erreurs standard, NKT, p-value < 0,05).

Nous n'avons pas observé de différence significative pour la grappe 2 (Figure 58-A). Cependant, les faits sont différents pour la grappe 3 qui a subi des doses d'UV-C supplémentaires par rapport à la grappe 2. En effet, une diminution significative de sensibilité des fruits de tomate à *B. cinerea* de 31 % est observée lorsque les plants ont été traités aux rayonnements UV-C (Figure 58-B).

En parallèle des tests pathologiques sur fruits de tomate, leur évolution de maturation au cours de la conservation a été prise en compte.

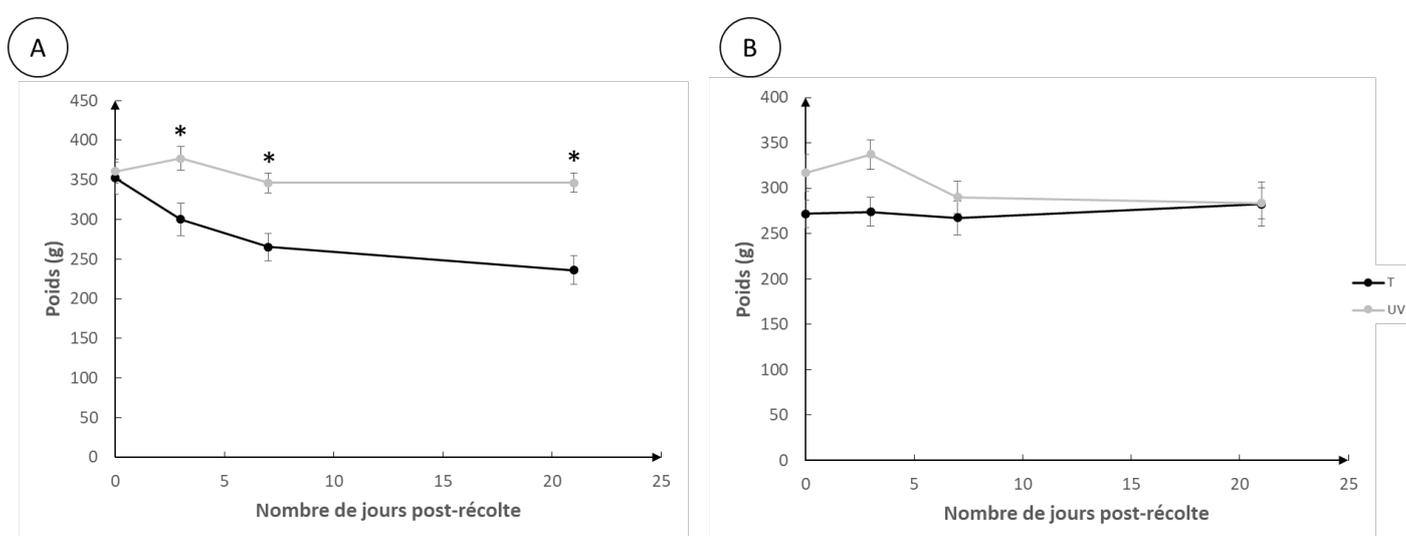


Figure 59 : Suivi du poids des fruits de tomate après des applications successives d'UV-C sur les plants en cours de culture. Les fruits ont été récoltés au stade 4 de maturité (stade « rosé ») puis ont été entreposés à 14 °C et dans l'obscurité pendant 21 jours. Des mesures du poids de chaque fruit de tomate ont été réalisées à J0, J3, J7 et J21. A) Grappe 2. B) Grappe 3. Les (*) correspondent aux différences significatives entre le groupe contrôle et le groupe traité aux rayonnements UV-C (erreurs standard, NKT, p-value < 0,05).

Tout d'abord, nous avons suivi le poids des fruits de tomate pendant leur conservation (Figure 59). Le poids des fruits de tomate reste stable jusqu'à diminuer légèrement au cours de la conservation. Cependant, les fruits de tomate issus de plants traités aux rayonnements UV-C ont un poids significativement plus élevé

dans la grappe 2 (Figure 59-A) ce qui indiquerait une perte en eau moins importante pendant le temps de stockage. En effet, les tomates issues des plants non traités aux rayonnements UV-C ont une perte de poids globale de 4 % au bout de 21 jours de stockage, contrairement aux tomates issues des plants traités aux rayonnements UV-C qui ont une perte de poids de seulement 2 %. Cette observation n'est pas retrouvée pour la grappe 3 (Figure 59-B).

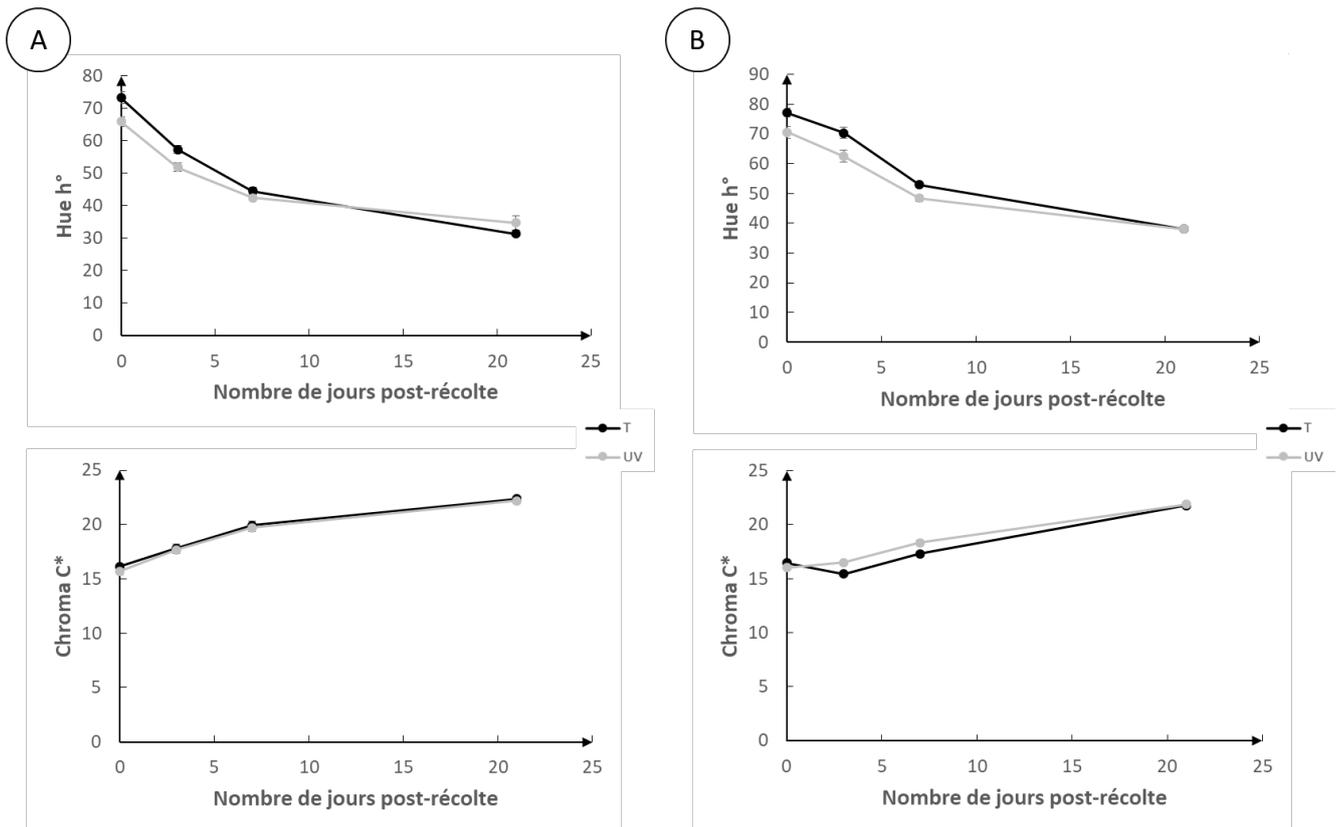


Figure 60 : Suivi de la couleur des fruits de tomate après des applications successives d'UV-C sur les plants en cours de culture. Les fruits ont été récoltés au stade 4 de maturité (stade « rosé ») puis mis en conservation dans une chambre de stockage à une température de 14 °C et dans l'obscurité. Des mesures de la couleur de chaque fruit de tomate ont été réalisées à J0, J3, J7 et J21. Le Hue H° et le Chroma C* ont ensuite été calculés à partir des L*a*b* mesurés. A) Grappe 2. B) Grappe 3. Les (*) correspondent aux différences significatives entre le groupe contrôle et le groupe traité aux rayonnements UV-C (erreurs standard, NKT, p-value < 0,05).

Par la suite, la couleur des fruits de tomate a été analysée lors de la conservation (Figure 60). Aucune différence significative à la fois pour la grappe 2 (Figure 60-A) et la grappe 3 (Figure 60-B) n'a été observée. Les fruits de tomate évoluent de la même manière : le H° diminue tandis que le C* augmente indiquant l'apparition d'une couleur rouge de plus en plus intense au cours de la conservation.

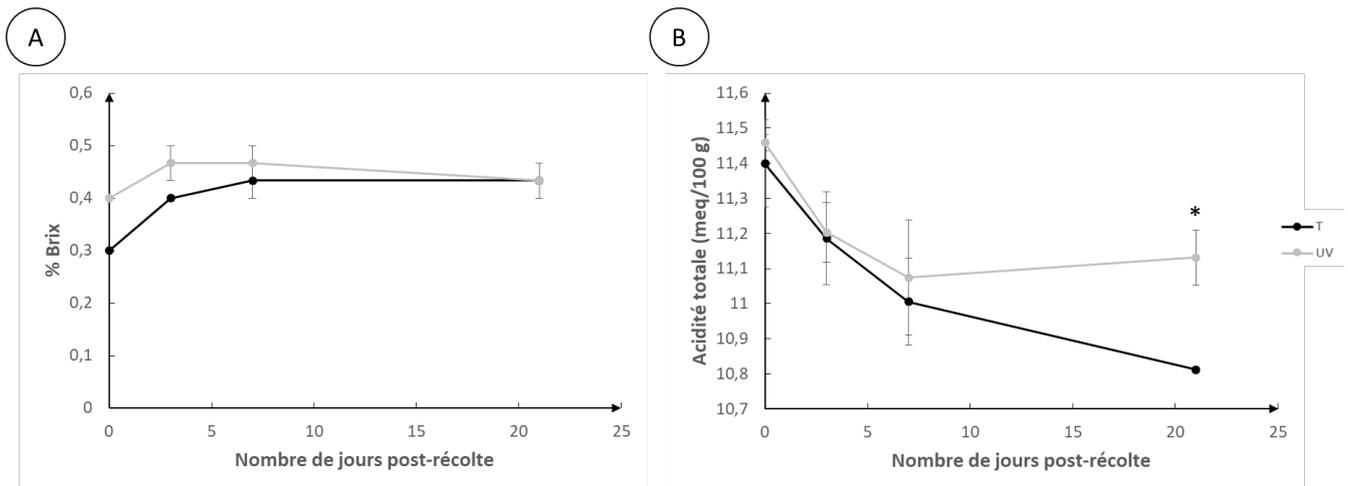


Figure 61 : Teneur en solides solubles totaux (SST, Brix) et mesure de l'acidité des fruits de tomate en cours de conservation. Les fruits ont été récoltés au stade 4 de maturité (stade « rosé ») puis mis en conservation dans une chambre de stockage à une température de 14 °C et dans l'obscurité. Des mesures ont été réalisées à J0, J3, J7 et J21. Les mesures réalisées sur la grappe 2 et la grappe 3 ont été combinées. A) Sucrosité. B) Acidité totale. Les (*) correspondent aux différences significatives entre le groupe contrôle et le groupe traité aux rayonnements UV-C (erreurs standard, NKT, p-value < 0,05).

Aucune différence significative n'est observée pour la teneur en sucre dans les fruits de tomate (Figure 61-A). Toutefois, les fruits de tomate issus des plants traités aux rayonnements UV-C sont plus acides au cours de leur conservation et de leur maturation (Figure 61-B).

Impact des radiations UV-C sur la sensibilité des plants de tomate à *Botrytis cinerea* en cours de culture et impact sur la qualité/conservation des fruits en post-récolte

Tableau 5 : Dosage des composés phénoliques des fruits de tomate lors de la conservation. Les fruits ont été récoltés au stade 4 de maturité (stade « rosé ») puis mis en conservation dans une chambre de stockage à une température de 14 °C et dans l'obscurité. Des mesures ont été réalisées à J0, J3, J7 et J21. Les dosages ont été réalisés via la technique de l'UPLC et les valeurs sont exprimées en µg/g de poids frais. Les lettres en rouge montrent les différences significatives au sein d'un même groupe pendant la conservation (NKT, p-value < 0,05). Les cases rosées représentent les différences significatives entre les deux groupes testés pour chaque temps de conservation (NKT, p-value < 0,05).

(µg/g de poids frais)		Jours de conservation			
		J0	J3	J7	J21
Acide coumarique	T	9,12 c	12,46 b	15,66 a	14,66 a
	UV-C	9,23 a	8,09 a	9,12 a	6,07 b
Acide déydrophaséique	T	2,11 b	3,70 a	3,77 a	4,28 a
	UV-C	2,44 c	3,04 ab	2,79 b	3,26 a
Naringénine	T	3,49 b	6,69 b	36,20 a	15,28 b
	UV-C	0,67 b	20,34 a	20,41 a	10,50 a
Rutine hexaside	T	0,22 c	0,38 c	1,19 a	0,74 b
	UV-C	0,63 c	1,91 a	1,33 b	1,74 a
Rutine pentoside	T	3,04 b	3,35 b	3,38 b	12,14 a
	UV-C	5,51 c	10,18 a	7,97 b	6,18 c
Rutine	T	13,60 a	12,40 a	14,49 a	15,91 a
	UV-C	9,17 b	13,62 a	1,21 ab	10,14 b
Acide chlorogénique	T	16,28 a	14,74 a	12,70 b	3,52 c
	UV-C	21,78 a	15,19 b	10,05 c	2,62 d

En dernier lieu, des dosages de composés phénoliques ont été réalisés (Tableau 5). De manière générale, la teneur en composés phénoliques augmente au cours de la conservation quelque soit le groupe (groupe contrôle non traité et groupe traité aux rayonnements UV-C). A un temps de conservation donné, nous remarquons des différences significatives entre le groupe contrôle non traité et le groupe traité aux rayonnements UV-C. Dans certains cas, la teneur en composés phénoliques des fruits appartenant au groupe contrôle non traité est plus élevée que la teneur en composés phénoliques des fruits appartenant au groupe traité aux rayonnements UV-C. C'est le cas, par exemple, de l'acide coumarique : après 3 jours de conservation, la teneur en acide coumarique est plus élevée chez le groupe contrôle non traité ($J3 = 12,46 \mu\text{g/g}$ de poids frais) que chez le groupe traité aux rayonnements UV-C ($J3 = 8,09 \mu\text{g/g}$ de poids frais). Dans certains cas, nous observons le phénomène inverse. La teneur en acide chlorogénique est plus élevée dans le groupe traité aux rayonnements UV-C après récolte ($J0 = 21,78 \mu\text{g/g}$ de poids frais) que le groupe contrôle non traité ($J0 = 16,28 \mu\text{g/g}$ de poids frais).

Concernant le dosage des arômes, nous n'avons pas pu mettre en avant de différences significatives entre le groupe contrôle non traité et le groupe traité aux UV-C (résultats non montrés ici).

IV. Discussion

Ce chapitre visait à étudier i) l'effet des rayonnements UV-C appliqués en pré-récolte sur les paramètres associés à la croissance et à la résistance des organes végétatifs à *B. cinerea*, et ii) l'effet des rayonnements UV-C en pré-récolte et en post-récolte sur la qualité et la résistance des fruits de tomate à *B. cinerea*.

Commençons par l'impact des rayonnements UV-C sur les plants de tomate pendant leur culture. Nous avons démontré que les plants de tomate réagissaient aux traitements UV-C. En effet, l'activité photosynthétique des plants de tomate diminue dès l'application du premier traitement UV-C à une dose de 0,20 kJ/m². Cette diminution perdure après l'application du deuxième traitement UV-C à 0,20 kJ/m². Cependant, à partir du troisième traitement UV-C à cette même dose, l'activité photosynthétique des plants de tomate se stabilise au même niveau que le groupe contrôle n'ayant subi aucun traitement UV-C. Ceci pourrait expliquer que les plants de tomate s'adaptent aux rayonnements lumineux. Les plantes utilisent l'énergie de la lumière pour effectuer la photosynthèse au sein des chloroplastes. Cependant, ces chloroplastes peuvent être altérés par les rayonnements UV. Le photorécepteur UVR8 est requis pour la perception et la transduction du signal des UV-B. Récemment, il a été démontré que ce récepteur à la lumière UV facilitait l'acclimatation des plantes au stress lumineux (Gruber *et al.*, 2009 ; Li *et al.*, 2018).

De plus, l'application des rayonnements UV-C sur la plante a un impact sur l'efficacité de la photosynthèse par la réduction du taux d'assimilation du CO₂, de l'ouverture de stomates et la concentration intracellulaire en CO₂ (Oliveira *et al.*, 2016). Le paramètre de mesure de la fluorescence de la chlorophylle a, Fv/Fm, permet de confirmer cette perte d'efficacité de la photosynthèse. Les feuilles de fraisiers traités aux UV-C pendant leur phase de culture ont un Fv/Fm plus bas ainsi qu'une diminution de la teneur en matière sèche des feuilles (Annexe 4 ; Oliveira *et al.*, 2016). En réalité, l'accumulation des transcrits du gène *LhcIIb-1* (complexe de collecte de la lumière pour la photosynthèse) diminue dans les feuilles et les fruits du fraisier lorsqu'ils sont traités aux rayonnements UV-C, ce qui confirme

l'impact négatif de ce stress abiotique sur la photosynthèse (Oliveira *et al.*, 2016). En effet, il a été démontré que les plantes exposées à des stress abiotiques ont une teneur en ROS élevée, qui en retour peut causer une photoinhibition de la photosynthèse (Gurunani *et al.*, 2015). Face à cela, les surfaces des feuilles traitées aux rayonnements UV-C étaient plus petites que le groupe contrôle non traité. Il a été démontré que les radiations UV-B induisent des modifications morphologiques au niveau de la feuille et au niveau de la plante entière (Rozema *et al.*, 1997). Par exemple, l'enroulement des feuilles, afin de réduire la surface foliaire touchée par ces rayonnements, est une réponse photo-morphogénique que nous observons à des doses faibles d'UV-B (Greenberg *et al.*, 1996). L'épaississement de la feuille est une autre stratégie de protection qui peut être accompagnée d'une redistribution de la chlorophylle de sa surface adaxiale (Day et Vogelmann, 1995). Les feuilles pourraient alors être plus petites mais plus épaisses. Ce fait pourrait également être relié à la diminution de l'activité photosynthétique mesurée. Si pour certains auteurs, comme Krizek *et al.* (1998), l'effet des rayonnements UV sur la production de la matière fraîche et sur le nombre de feuilles pourrait être dû aux dommages occasionnés au niveau de la machinerie photosynthétique, pour d'autres, nous parlerons plutôt de synthèse de composés pendant le stress. Selon Tsormpatsidis *et al.* (2007), la biosynthèse des anthocyanes, absorbant dans le spectre de la photosynthèse, serait à l'origine d'une réduction de la capacité photosynthétique des feuilles, et donc de leur croissance. La plante perçoit le stress lumineux provoqué par les traitements UV-C successifs et met alors en place des mécanismes de défense au détriment de sa propre croissance. Il existe une balance entre la croissance et la mise en place des défenses des plantes. En effet, une production de plus en plus importante de métabolites secondaires pour lutter contre les stress agirait en compétition directe avec la croissance de la plante pour l'assimilation du carbone. D'un point de vue énergétique, les plants ne peuvent pas être sur tous les fronts et doivent utiliser leur ressource énergétique limitée à bon escient. Nous parlons alors d'homéostasie qui permet de réguler en permanence l'utilisation des ressources énergétiques de la plante. Cet état d'équilibre intérieur de la plante face à des modifications du milieu extérieur permet donc de favoriser la croissance des

plantes ou leur défense face aux modifications du milieu extérieur. Cette hypothèse est en partie vérifiée par le fait que la sensibilité des plants de tomate à *B. cinerea* diminue de 43 % après l'application de 22 doses d'UV-C successives de 0,20 kJ/m², menant à une dose d'UV-C cumulée de 4,4 kJ/m². La diminution de la sensibilité des plants de tomate à *B. cinerea* suite à l'application de traitements UV-C différents a également été démontrée dans notre laboratoire chez la laitue et la tomate (Annexes 2 et 3). De plus, lorsque nous prêtons plus d'attention à la manière dont *B. cinerea* se développe sur la surface des feuilles, nous remarquons que le champignon a tendance à rester au niveau de l'implant mycélien sur les feuilles traitées aux rayonnements UV-C. *B. cinerea* n'arrivant pas à s'installer et se développer sur les feuilles traitées aux rayonnements UV-C, ce dernier sporule indiquant qu'il est en mode de survie (mode de conservation par la production de spores et dissémination pour la survie de l'espèce). Les feuilles de tomate possèdent des trichomes à leur surface. Ces trichomes sont riches en métabolites secondaires et jouent un rôle clé dans la résistance aux agents pathogènes. En accord avec Calo *et al.* (2006), les trichomes contiennent des composés antimicrobiens pouvant réduire la croissance de *B. cinerea* chez *A. thaliana*. Les trichomes ont la capacité de sécréter des exudats ayant une activité antifongique (Lai *et al.*, 2000). Ainsi, nous pouvons penser que l'induction de la résistance des plants de tomate est probablement due au relargage de métabolites secondaires sur la surface des feuilles traitées aux rayonnements UV-C ou à des modifications structurales comme l'apposition de cire. Dans l'étude menée en Annexe 5, nous avons démontré que les filaments mycéliens de *B. cinerea* présents à la surface des feuilles traitées aux rayonnements UV-C sont moins vigoureux. Ceci pourrait alors expliquer leur pénétration faible dans le parenchyme foliaire. Dans la plupart des cas, les barrières structurales au niveau de l'épiderme jouent le rôle de première ligne de défense contre *B. cinerea* (Jarvis, 1980 ; Elad, 1997), alors que la production de phytoalexines et les réponses associées à la synthèse du JA et de l'éthylène sont induites successivement et jouent un rôle équivalent dans le ralentissement du développement du champignon (Jarvis, 1980 ; Stratmann, 2003). L'initiation de l'infection de *B. cinerea* stimule la production de lignine et de subérine au site

d'infection pour rendre les cellules de la paroi plus rigides dans le but de réduire la colonisation du champignon (Darras *et al.*, 2006).

Dans cette même étude, nous nous sommes intéressés à l'impact que pouvait avoir les traitements UV-C appliqués en cours de culture sur les fruits de tomate produits. Tout d'abord, nous avons remarqué que les traitements UV-C permettaient d'atteindre le stade 4 de maturité (stade « rosé ») plus rapidement sur la grappe 3. Nous pouvons alors parler de précocité de maturation. Bacci *et al.* (1999) ont démontré que les traitements UV-C engendraient un rougissement plus précoce des tomates en comparaison avec le groupe contrôle non traité. Dans cette même étude, la précocité de la maturation des tomates était accompagnée d'une réduction de la taille des fruits. Ce fait n'a pas été observé dans nos expérimentations. Comme les plants de tomate, les fruits issus de plants traités aux rayonnements UV-C ont une sensibilité diminuée de 31 % face à *B. cinerea*. Ce constat est observé uniquement pour la grappe 3 dont les plants ont subi une dose d'UV-C supplémentaire (dose cumulée de 4,4 kJ/m², soit 22 traitements UV-C successifs) que la grappe 2 (dose cumulée de 3,8 kJ/m², soit 19 traitements UV-C successifs). Les fruits provenant de plants traités aux rayonnements UV-C pendant la phase de culture sont moins susceptibles à *B. cinerea* sûrement dû à une accumulation des transcrits de gènes codant pour des réponses de défense tels que *PR-1* (protéine liée à la pathogénèse) et β -1,3-*Gluc* (β -glucanase) (Oliveira *et al.*, 2016).

Le but de cette étude était d'avoir des fruits de tomate moins sensibles à *B. cinerea* grâce à l'application de doses hormétiques d'UV-C mais également des fruits ayant une bonne conservation en post-récolte. Les fruits de tomate issus des plants traités aux UV-C avaient une perte en eau plus lente. L'évolution de la couleur est l'un des paramètres utilisés pour évaluer la progression de la maturation des fruits. Cependant, aucune différence n'a été observée concernant l'évolution de la couleur des fruits. Ce résultat est en désaccord avec les travaux menés par Obande *et al.* (2011) qui ont démontré que les fruits de tomate traités aux rayonnements UV-C en cours de culture avaient un retard pour atteindre le stade de

maturité rouge. Il est bien établi que la maturation des fruits est un phénomène très complexe impliquant de nombreux mécanismes physiologiques dont le fonctionnement dépend des conditions environnementales mais aussi des espèces végétales. La couleur rouge des fruits est donnée principalement par le paramètre a^* et est en lien avec la teneur en lycopène (Dong *et al.* 1995). Xie *et al.* (2015) ont rapporté que les traitements UV-C appliqués en cours de culture sur les fraisiers n'avaient pas d'impact sur la teneur en anthocyanines des fraises. Dans notre étude, nous avons également mesuré l'acidité des fruits. Les fruits de tomate issus des plants traités aux rayonnements UV-C étaient généralement plus acides. Ce résultat fait écho aux études menées par Ait-Barka *et al.* (2000a,b) qui avaient démontré que les fraises traitées aux rayonnements UV-C en post-récolte avaient une TA plus élevée. Similairement, Lu *et al.* (1991) ont rapporté une TA plus élevée et un pH plus faible chez les pêches et les pommes traitées aux rayonnements UV-C. Cet effet sur l'acidité des fruits peut être plus ou moins contrasté car Shin *et al.* (2012) n'a pas montré d'impact significatif sur les fraises alors que Charles *et al.* (2016) ont montré une TA plus élevée et un pH plus élevé chez les fruits de tomate traités aux rayonnements UV-C. Cette acidité élevée peut être un lien direct avec la diminution de la sensibilité des fruits de tomate à *B. cinerea*. En effet, *B. cinerea* a besoin de sucres pour son installation et son développement sur les fruits. Or en ayant des fruits de tomate plus acides, les conditions d'installation pour *B. cinerea* ne sont pas optimales. Un autre élément à prendre en compte serait sûrement la teneur en composés phénoliques dans les fruits qui pourraient être en partie responsable de la résistance observée des fruits à *B. cinerea*. Nous pouvons également supposer que l'augmentation de la résistance des fruits associée aux traitements UV-C peut être en lien étroit avec la biosynthèse de phytoalexines (Charles *et al.*, 2008a-d ; Windram *et al.*, 2012). Stevens *et al.* (1998) ont trouvé des teneurs en α -tomatine, un glycoalcaloïde préformé ayant un rôle d'antifongique, dans les tomates traitées aux rayonnements UV-C et qui ont de ce fait développé une résistance à *Rhizopus stolonifer*. Dans le but de comprendre cette diminution de sensibilité des fruits de tomate, nous avons réalisé des dosages de composés phénoliques. Seule la teneur en rutine et ses dérivés est augmentée dans les fruits

de tomate issus des plants traités aux rayonnements UV-C. La rutine est un antioxydant faisant parti de la famille des flavonoïdes et est chimiquement très proche de la quercétine. Cet antioxydant pourrait participer à la résistance des fruits de tomate face à *B. cinerea*.

En parallèle, nous avons également démontré qu'il était possible de diminuer la sensibilité des fruits de tomate de 63 % après l'application d'une seule dose d'UV-C de 3,70 kJ/m² en post-récolte. D'après les travaux menés par Charles *et al.* (2008a-d), la résistance à *B. cinerea* des fruits de tomate traités aux rayonnements UV-C seraient due à la formation de barrières structurales (CWSZ, *cell wall stacking zone*). Cependant, dans ces mêmes études menées par Charles *et al.* (2008a-d), une augmentation de la sensibilité à *B. cinerea* avait été observée dans les premières heures après le traitement UV-C post-récolte. Cette différence peut être due à l'intensité du traitement et non pas uniquement à la dose UV-C prise en compte dans chaque étude. En effet, Côté *et al.* (2013) ont démontré qu'au-delà de la dose totale administrée aux fruits, l'intensité du rayonnement est un facteur clé pouvant affecter l'efficacité des traitements. Une application des traitements UV-C à haute intensité peut entraîner des réactions oxydatives et des altérations des fruits favorisant alors la sensibilité du fruit. Il serait alors intéressant de déterminer les intensités maximales tolérées par les fruits dans le but d'optimiser les traitements UV-C et avoir les effets souhaités.

La maturité à la récolte est le facteur le plus important déterminant la durée de vie d'un fruit ainsi que sa qualité au court de sa conservation. Nous n'avons pas pu mettre en évidence d'amélioration ni de détérioration des fruits de tomate en post-récolte suite à l'application de rayonnements UV-C directement sur les fruits. Il serait intéressant de réaliser des études à différents stades de maturité des fruits puisque Charles *et al.* 2009 ont étudié l'impact des UV-C sur la maturation des fruits de tomate lorsqu'elles étaient récoltées au stade vert.

