



La culture
des tomates
de serre en Ontario

Le présent guide est publié à titre informatif seulement. La province de l'Ontario, représentée par le ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de l'Agroentreprise (MAAAO), ne fait aucune garantie expresse ou tacite en lien avec l'utilisation de ce guide, à savoir son contenu ainsi que tout lien menant à des sources ou des sites de tiers et tout contenu de ces sources et sites, ce qui comprend, sans limitation, les garanties d'absence de contrefaçon ou d'adaptation à un usage particulier.

En aucun cas la province de l'Ontario ou ses dirigeants, ses cadres, son personnel, ses fonctionnaires ou ses mandataires ne sauraient assumer la responsabilité, contractuelle, délictuelle ou autre, d'un contenu désuet, d'oublis ou d'erreurs dans le présent guide ou dans les sources ou sur les sites de tiers auxquels le guide renvoie, ni des dommages (ce qui comprend, sans limitation, les pertes agricoles, animales ou financières, les préjudices pour la santé et la sécurité, les conséquences environnementales, les interruptions d'activité, la perte d'information et les dommages directs, indirects, accessoires, particuliers ou punitifs) liés, directement ou indirectement, à l'utilisation ou à l'inutilisabilité du présent guide (soit l'ensemble de son contenu), de tout lien ou des

sites et travaux de tiers. Il incombe à l'utilisateur d'adopter la meilleure conduite quant à sa situation particulière.

Le contenu du présent guide (y compris, sans limitation, les images, les icônes et son apparence globale) est la propriété de la province de l'Ontario. La province ne cède aucun de ses droits exclusifs relativement au présent guide, ce qui comprend, sans limitation, les droits d'auteur, les marques de commerce et les autres droits de propriété intellectuelle.

En aucun cas l'utilisateur ne peut, de quelque façon que ce soit, vendre, publier à nouveau, imprimer, télécharger, copier, reproduire, modifier, téléverser, publier sur un média social, transmettre ou distribuer le présent guide, en tout ou en partie, sans avoir obtenu au préalable le consentement écrit de la Province, sauf s'il l'imprime, le télécharge ou le copie dans une mesure raisonnable à des fins d'information et d'utilisation personnelles. La mise à disposition de toute partie du présent guide ne constitue en aucun cas une aliénation des droits d'auteur, des marques de commerce et d'autres droits de propriété intellectuelle de la province au profit d'un utilisateur ou d'un tiers.

**Publié par le ministère de l'Agriculture,
de l'Alimentation et de l'Agroentreprise**

© Imprimeur du Roi pour l'Ontario, 2026

ISBN 978-1-4868-9561-8 (imprimée)

ISBN 978-1-4868-9562-5 (PDF)

P836C-P1-F-0426-VER 1.0

This publication is also available in English.

Couverture : Une serre commerciale moderne en verre, non éclairée, où sont cultivées des tomates Beefsteak à l'aide d'un système de rigoles surélevées dans le Sud-Ouest de l'Ontario. Cette jeune culture avait environ quatre mois lorsque la photographie a été prise, en avril 2022.

Couverture arrière : Une serre commerciale moderne en verre, non éclairée, où sont cultivées des tomates Beefsteak à l'aide d'un système de rigoles surélevées dans le Sud-Ouest de l'Ontario. Cette récolte mûre avait environ neuf mois lorsque la photographie a été prise, en septembre 2024.

Pour obtenir une copie PDF de cette publication, visitez ontario.ca/cultures et effectuez une recherche avec le numéro et le titre de la publication.

Pour commander un exemplaire imprimé de cette publication du MAAAO, visitez ontario.ca/publications. Un nombre limité d'exemplaires imprimés sont disponibles.

Centre d'information agricole

1 877 424-1300 (ATS : 1 855 696-2811) ou
ag.info.omafa@ontario.ca



La culture
des tomates
de serre en Ontario

Publication 836 | Livre C
La culture des tomates de serre en Ontario

Rédacteur en chef et rédacteur technique

D^r Fadi Al-Daoud, spécialiste de la culture des légumes en serre, ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de l'Agroentreprise de l'Ontario (MAAAO)

Rédacteur technique

D^r Xiuming Hao, chercheur scientifique principal, Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC)

Réviseurs techniques

Le rédacteur en chef tient à remercier les partenaires de l'industrie et les personnes suivantes d'avoir révisé cette publication :

D^r Jason Lanoue, chercheur scientifique, AAC

Kathryn Russell, spécialiste de la floriculture en serre, MAAAO

Gestion de projet/direction artistique

D^{re} Nicole Berardi, spécialiste du transfert de la technologie (MAAAO)

Andrea Vieira, agente des publications (MAAAO)

Illustrations

Michael Custode

Remerciements

L'éditeur tient à remercier les intervenants suivants dont les photos, le texte ou les données ont été utilisés dans la création de cette publication :

Centre de recherche et de développement de Harrow d'Agriculture et Agroalimentaire Canada
Centre de recherche et d'innovation de Vineland

Les renseignements utilisés dans ce guide ont été compilés à partir de plusieurs sources, y compris les publications techniques du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de l'Agroentreprise de l'Ontario.

Cette publication est la troisième d'une série qui remplacera la publication 836 : *La culture des légumes de serre en Ontario, 2010*

Table des matières

Présentation	1	Moucheture dorée	31
Cycles de culture	2	Conclusions et recommandations	32
Cultivars	3	Références	33
Propagation des plantules	3	Annexe A. Ressources ministérielles	36
Transplantation	5	Annexe B. Autres ressources	37
Culture des plants	6	Annexe C. Système métrique et abréviations	38
Densité végétale	6	Notes	40
Descente	7		
Élagage des feuilles et des grappes	8		
Pollinisation	9		
Température	12		
Luminosité	13		
Humidité relative (HR)	13		
Dioxyde de carbone (CO ₂)	13		
Circulation d'air	14		
Eau et nutrition	15		
Récolte et entreposage	17		
Troubles physiologiques	19		
Nécrose apicale	22		
Effets des températures élevées sur le développement des fruits de la tomate sous serre	26		
Développement et maturation de la tomate	27		
Températures élevées	28		
Fendillement des fruits	28		
Collet vert	30		
Échaudage	31		

Liste des figures

Figure 1. Serre de propagation des plantules avec des planchers inondables	4
Figure 2. Fleurs de tomates de serre	6
Figure 3. Système en « V » pour la culture des tomates avec deux tiges principales émergeant du même porte-greffe	6
Figure 4. Descente des plants de tomates sur un fil métallique aérien à l'aide de clips pour attacher les plants à la ficelle	7
Figure 5. Exemple de supports de grappe utilisés pour prévenir l'entortillement des tiges	8
Figure 6. (A) Illustration d'une section transversale d'une fleur de tomate. (B) Bourdon qui butine une fleur de tomate.	9
Figure 7. Ruches de bourdons dans une serre de tomates	10
Figure 8. Une bonne pollinisation indiquée par des marques brunes sur la fleur de tomate, laissées par les bourdons lors de leur passage	10
Figure 9. Fleur de tomate endommagée par un nombre excessif de visites de bourdons, comme en témoignent le flétrissement et le brunissement marqué.	11
Figure 10. (A) Ventilateurs horizontaux traditionnels sur le côté d'une serre basse de tomates. (B) Ventilateur horizontal moderne au-dessus d'une culture de tomates dans une serre haute. (C) Ventilateur moderne traversant les rideaux	14
Figure 11. La nécrose apicale peut être causée par de nombreux facteurs, notamment la physiologie, la génétique, les stress abiotiques et les pratiques agronomiques	22

Figure 12. Gradient de calcium (Ca) dans les tomates.	23
Figure 13. Niveaux d'hormone durant le développement des fruits de tomate. Les couleurs plus foncées indiquent des niveaux d'hormone supérieurs et les couleurs plus claires des niveaux inférieurs	27

Liste des tableaux

Tableau 1. Cycles de culture des tomates de serre	2
Tableau 2. Températures de l'air recommandées (°C) pour les tomates selon différents niveaux de luminosité et un enrichissement en CO ₂	12
Tableau 3. Calendrier d'irrigation fertilisante pour la tomate (solution nutritive en ppm).	16
Tableau 4. Poids des fertilisants requis pour préparer les solutions nutritives des porte-greffes.	16
Tableau 5. Résumé des recommandations pour la croissance des tomates.	17
Tableau 6. Troubles physiologiques des tomates.	19

Présentation

Ce livre est la partie C d'une série et remplace le chapitre consacré à la tomate de la publication 836 : *La culture des légumes de serre en Ontario*. Visitez ontario.ca/cultures pour plus de renseignements.

Cette publication donne un aperçu des principaux concepts pour la production de tomates de serre en Ontario. Ces renseignements sont destinés à être utilisés comme guide pour les producteurs et dans le cadre du cours sur la culture de légumes en serre (Greenhouse Vegetable Course). Visitez le blogue ONGreenhouseVegetables.ca pour obtenir des nouvelles et des renseignements supplémentaires sur le cours sur la culture de légumes en serre.

La gestion et le contrôle appropriés de l'environnement de culture sont nécessaires à la croissance optimale des plants et à la maximisation du rendement des cultures de fruits en serre. La production en serre est considérée comme un type d'agriculture en environnement contrôlé (AEC), car de nombreux facteurs peuvent être maîtrisés dans les serres de haute technologie d'aujourd'hui. Les facteurs discutés dans ce livre, notamment la température, l'irrigation, l'humidité relative, le dioxyde de carbone (CO₂) et l'éclairage, sont propres à la production de tomates en serre. Ce livre contient également des informations sur la production des tomates en été et en hiver, et comporte des sections sur les maladies physiologiques des tomates de serre.

La croissance des plants peut être manipulée en contrôlant l'environnement d'une serre. Cependant, on recommande d'effectuer une analyse coûts-avantages avant de mettre en œuvre tout changement afin de minimiser les coûts des intrants et le gaspillage, tout en maximisant le rendement et la qualité des fruits. Par exemple, les coûts et les avantages de l'installation d'un éclairage supplémentaire doivent être calculés pour s'assurer qu'il est économiquement durable. Il s'agit de calculer et de comparer les coûts d'investissement et d'exploitation par rapport aux augmentations anticipées de la production. La plupart des exploitants de serres effectuent des tests à petite échelle de nouvelles technologies dans une section de leur serre avant de les mettre en œuvre à plus grande échelle dans l'ensemble de leur exploitation. Ces tests devraient durer au moins une saison de croissance pour recueillir suffisamment de données sur les coûts des intrants et le rendement et pour pouvoir comparer ces chiffres avec les saisons précédentes.

Cycles de culture

Traditionnellement, la production de tomates de serre à cycle court permet deux récoltes par an. Les plantules destinées à cette culture sont généralement produites entre la mi-novembre et la fin novembre, transplantées à la fin décembre ou au début janvier, la récolte commençant de la mi-mars à la fin mars et la culture arrivant à maturité en juillet. Cette récolte est suivie d'une culture d'automne, pour laquelle les plantules sont cultivées à la fin de juin et transplantées en août, la récolte commençant en octobre et la culture se terminant en novembre ou en décembre. Afin de limiter les arrêts de production, la culture intercalaire est parfois utilisée : la plantation et la récolte sont échelonnées de façon à combiner des cultures de printemps et d'automne (Tableau 1).

Récemment, un nombre croissant de producteurs ont choisi de cultiver une seule

culture à cycle long. Les plantules destinées à cette culture sont produites début novembre, transplantées à la fin décembre ou au début janvier, la récolte commençant de la mi-mars à la fin mars et la culture arrivant à maturité en octobre ou novembre. C'est ce que l'on appelle une récolte d'été (Tableau 1).

Ces cycles de culture d'été à cycle long et de printemps et d'automne à cycle court entraînent une faible production, voire aucune, de novembre à février. C'est à cette période que le prix des tomates est généralement élevé, en raison de la faiblesse de l'offre sur le marché. Il est possible de produire des tomates de novembre à février (récolte d'hiver) en ayant recours à un éclairage supplémentaire (voir la publication 836B, chapitre 9 : *Éclairage supplémentaire pour la production hivernale*). Les plantules sont généralement cultivées à la fin juillet, transplantées en septembre ou octobre, la récolte commençant en novembre ou en décembre et la culture arrivant à

Tableau 1. Cycles de culture des tomates de serre

Type de culture	Propagation des plantules	Transplantation	Début de la récolte	Arrêt de la culture
Cultures à cycle court				
Culture de printemps	De la mi-novembre à la fin novembre	Fin décembre ou début janvier	De la mi-mars à la fin mars	Juillet
Culture d'automne	Fin juin	Août	Octobre	Novembre ou décembre
Cultures intercalaires à cycle court				
Première culture	De la mi-novembre à la fin novembre	Fin décembre ou début janvier	De la mi-mars à la fin mars	Juillet
Deuxième culture	Fin mai ou début juin	Juillet	Septembre	Novembre ou décembre
Cultures à cycle long				
Culture d'été	Début novembre	Fin décembre ou début janvier	Fin mars	Octobre ou novembre
Culture d'hiver	Fin juillet	Septembre ou octobre	Novembre ou décembre	Juillet ou août

maturité en juillet ou en août (Tableau 1). Pour réussir, cette culture exige un investissement en capital important, des tarifs électriques stables et des rendements élevés sur le marché.

Les producteurs ajustent le début et la fin de la récolte afin de répondre à la demande du marché, tout en tenant compte de la disponibilité en lumière.

Cultivars

Dans les années 1970 et 1980, la tomate rose est devenue populaire. Destinée à un marché particulier, cette tomate présentait une résistance à la pourriture fusarienne et à la pourriture des racines, deux maladies qui affectaient le secteur des serres de fruits et légumes en Ontario dans les années 1970. La demande des consommateurs, de même que le transfert de la résistance aux maladies aux cultivars de tomate rouge, a entraîné la transition vers la tomate Beefsteak dans les années 1990. La tomate Beefsteak est une tomate rouge à gros fruit. La taille optimale du fruit se situe entre 200 et 250 g (28 à 34 fruits par boîte de 6,8 kg). L'évolution des préférences des consommateurs dans les années 2000 a donné lieu à une augmentation de la production de tomates en grappe. Il s'agit d'une variété légèrement plus petite que la Beefsteak, récoltée sur la grappe et vendue avec la tige. Les tomates de spécialité telles que la Roma, les tomates de collation comme les tomates cocktail et les tomates cerises, et les tomates de différentes couleurs (jaune, orange et brun) sont cultivées pour des marchés de niche. Elles tendent à gagner en popularité. Il existe plusieurs cultivars de tomate, aux tailles, formes et couleurs distinctives, qui sont adaptés au secteur des serres de fruits et légumes en Ontario. La demande des consommateurs pour des tomates de haute qualité, bien colorées et savoureuses demeure forte.

Quelques caractéristiques à garder à l'esprit :

- le rendement et la taille du fruit
- la fermeté et le goût
- la croissance et le gabarit du plant
- la longueur du calice
- la tolérance et la résistance aux stress abiotiques (environnement de culture) et biotiques (ravageurs et maladies)

Les nouveaux cultivars commercialisés par les fournisseurs de semences devraient être testés à petite échelle, avant d'être cultivés à grande échelle.

Propagation des plantules

Après avoir acheté les semences du cultivar de leur choix, de nombreux producteurs les envoient dans l'un des établissements de multiplication en serre qui assurent la propagation des fruits et légumes en Ontario. Ces établissements vont faire germer les semences et cultiver les plantules pendant quelques semaines, avant de les expédier à la serre de production.

Soulignons que certains producteurs disposent eux-mêmes d'un espace en serre dédié à la propagation interne des plantules. En général, les graines de tomate sont semées directement dans des plateaux de micromottes de laine de roche. Les petites exploitations sèment les semences à la main, et les plus grandes utilisent des semoirs automatiques. Avant l'ensemencement, les micromottes sont trempées dans de l'eau pure ou une solution nutritive complète à une conductivité électrique (CÉ) de 1-1,5 mS/cm. La CÉ mesure la salinité de l'eau et le total des sels dissous ou des ions totaux présents dans une solution en millisiemens par centimètre (mS/cm). Les graines sont ensuite recouvertes d'une vermiculite de granulation

moyenne. Les plateaux sont placés dans des chambres de germination qui sont maintenues à une température de 24 °C à 25 °C et à un taux d'humidité relative (HR) de 100 %. Autre option, les plateaux sont placés sur des tables de germination, chauffées par le dessous, puis recouverts d'une feuille de polyéthylène transparente de 2 mm, afin de maintenir la température et l'humidité.

La levée des graines se produit 2 à 3 jours après l'ensemencement. Après une levée de 60 % à 70 %, les plateaux sont retirés de la chambre de germination ou le film plastique est ôté des plateaux se trouvant sur la table de germination. La température est généralement maintenue à 24 °C pendant 1 ou 2 jours supplémentaires, puis abaissée progressivement pendant 2 jours à 19 °C-20 °C, le jour comme la nuit. Après l'expansion des cotylédons, les plantules sont fertilisées à l'aide d'une solution nutritive complète affichant une CÉ de 1,0 mS/cm, laquelle sera progressivement augmentée à mesure que les plants se développent.

Après la germination, les plantules sont généralement déplacées dans une serre dotée de planchers inondables (Figure 1). Les plantules bénéficient alors d'un éclairage supplémentaire (photopériode de 18 heures à 40 watts/m²) et de niveaux de dioxyde de carbone (CO₂) de 800 à 1 000 parties par million (ppm) (pour en



Figure 1. Serre de propagation des plantules avec des planchers inondables.

savoir plus sur l'enrichissement en CO₂, voir la publication 836B, chapitre 5 : *Dioxyde de carbone*).

Pour réussir une production de tomates, la culture doit bien démarrer. Des plans repiqués sains ayant une croissance équilibrée donneront une excellente production de fruits de haute qualité. Les producteurs cherchent à trouver un équilibre entre la croissance végétative et la croissance générative. Voir la publication 836B, chapitre 1 : *Phases végétative et de fructification*.

Une culture trop végétative présentera :

- une grande surface de feuille
- une floraison retardée
- une faible fructification
- un fruit plus petit
- une récolte retardée
- une sensibilité accrue à la maladie

Par opposition, un plant trop génératif présentera :

- une charge fruitière élevée
- des feuilles plus petites
- des points de croissance plus faibles
- une fructification faible et retardée
- un rendement moindre

Utiliser uniquement une source pure de CO₂ pour la propagation des plantules, celles-ci étant extrêmement sensibles aux produits dérivés nocifs de la combustion incomplète du gaz naturel.

Transplantation

Si la transplantation est effectuée trop tôt ou si la croissance du plant n'est pas maîtrisée, celui-ci reste trop végétatif. Il en résulte une floraison et une récolte retardées, une tendance à produire des fruits plus petits et déformés, ainsi qu'un plant plus sujet aux infections. En revanche, un plant trop génératif se traduit par une forte production de fleurs, une tête faible, une croissance ralentie et une récolte retardée. L'objectif à ce stade est d'atteindre un équilibre entre croissance générative et croissance végétative.

Depuis le début des années 2000, un nombre accru de producteurs utilisent des tomates greffées pour lutter contre les maladies des racines et améliorer la vigueur des plants, en particulier lors de la production d'une seule culture à cycle long (pour plus d'informations sur le greffage, voir la publication 836B, chapitre 11, *Culture des plants*). Il est important de maîtriser la croissance précoce du plant greffé en ajustant l'environnement en serre de manière à produire un plant équilibré et à produire des tomates précoces de haute qualité.

La transplantation commence généralement 14 à 21 jours après l'ensemencement ou lorsque les feuilles touchent le plant voisin. Les plantules sont alors transplantées dans des blocs de laine de roche de 7,5 cm ou 10 cm avec des trous préformés pour accueillir les micromottes. Les blocs sont préalablement trempés dans une solution nutritive complète (pH 5,5 et CÉ de 1,5 à 2,0 mS/cm). À chaque arrosage subséquent, la CÉ est graduellement augmentée, jusqu'à atteindre entre 3,0 et 3,5 mS/cm au moment de la transplantation. Le taux d'augmentation sera déterminé par la lumière disponible, le taux de croissance, la vigueur du plant, l'humidité disponible et le régime de température (voir la publication 836B : *Guide de production des cultures des fruits et*

des légumes de serre pour en savoir plus sur l'interaction de ces facteurs sur la croissance des plants).

Les micromottes sont placées dans le trou du bloc de laine de roche avec la tige soit droite soit courbée. Traditionnellement, on plie les plantules de manière à rapprocher les cotylédons et le point de croissance de la surface du bloc de laine de roche. Ainsi, les racines peuvent se développer le long de la tige enfouie, ce qui renforce la stabilité du plant. Aujourd'hui, les producteurs ne plient pas les plantules, mais utilisent de la ficelle de palissage pour soutenir le poids du plant en cours de croissance.

Les plantules placées à la verticale dans le trou doivent être tuteurées. Une mince tige de bambou est alors placée près de la plantule, tandis que des bandes élastiques ou des anneaux métalliques maintiennent les plants sur le tuteur. Pour plus de stabilité encore, le trou est parfois recouvert d'une couche de vermiculite de granulation moyenne. Le plant va pouvoir grandir grâce au soutien apporté par le tuteur. Ce procédé retarde la nécessité d'attacher les plants aux fils aériens, une fois transplantés dans la serre de production.

La température en serre est alors maintenue entre 23 °C et 25 °C pendant 1 à 2 jours après la transplantation des plantules, afin d'accélérer le développement racinaire. Ensuite, la température sera graduellement abaissée de 1 °C par jour pour atteindre 19 °C (le jour comme la nuit). Un apport de lumière supplémentaire (une photopériode de 18 heures à 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{sec}$) ainsi que des niveaux de CO_2 de 800 à 1 000 ppm vont stimuler la culture. Les producteurs obtiennent ainsi des plants repiqués compacts, dotés de racines solides et de tiges robustes, avec une initiation précoce des fleurs.

Culture des plants

Aux premiers stades de leur croissance, les plants de tomates ont tendance à être très végétatifs. Pour assurer une production précoce et de haute qualité, il est important de créer des conditions en serre qui favorisent une phase de croissance plus générative, afin d'encourager la production de fleurs (Figure 2). Il est possible pour cela d'ajuster la température, l'humidité relative, ainsi que l'apport en eau et en éléments nutritifs, en fonction de la quantité de lumière disponible. Voir la publication 836B : *Guide de production des cultures des fruits et des légumes de serre* pour en savoir plus sur l'interaction de ces facteurs sur la croissance des plants.



Figure 2. Fleurs de tomates de serre.

Densité végétale

La densité des plants de tomates peut varier considérablement de 2,5 à 3,5 plants/m² ou plus, selon le cultivar, le cycle de culture et le système de production. Pour obtenir la densité végétale souhaitée, il est possible d'ajuster l'espacement de plantation dans le rang. Pour la culture sur laine de roche, il est recommandé de prévoir 2 plants par dalle de 90 cm, avec les sacs espacés uniformément dans le rang. Traditionnellement, les plants sont disposés en rangs jumeaux espacés de 0,6 à 0,8 m, avec une allée de 0,9 à 1,2 m



Figure 3. Système en « V » pour la culture des tomates avec deux tiges principales émergeant du même porte-greffe.

séparant les paires de rangs. Les pratiques actuelles privilégient un système en « V » où les plants développent deux tiges principales issues du même porte-greffe. On obtient ainsi un seul rang avec le double du nombre de plants, ce qui permet d'obtenir la densité végétale souhaitée. Parmi les avantages de ce système largement répandu, mentionnons une diminution du coût des intrants et des économies de main-d'œuvre; une réduction du nombre de milieux de croissance utilisés et une accélération des délais requis pour installer la serre (Figure 3).

Lorsque les niveaux de luminosité augmentent pendant l'été, il est possible d'accroître la densité végétale en laissant une tige adventice se développer en tige productive sur environ un plant sur cinq. Cependant, il convient de faire preuve de vigilance, car cette pratique tend à modifier la relation entre le plant, le volume de laine de roche et l'eau. Lorsqu'il est possible de laisser plus de tiges se développer, les producteurs doivent surveiller de plus près la fréquence de l'irrigation, en raison de l'augmentation de l'absorption d'eau. Une gestion inadéquate peut conduire à une réduction de la taille des fruits et à une hausse de l'incidence des maladies, particulièrement lorsque les niveaux de luminosité diminuent.

Le développement et la descente d'une tige adventice supplémentaire, visant à augmenter la densité végétale, débutent généralement en mars pour un cycle de culture estivale.

Descente

Les plants se forment avec le soutien d'une ficelle en polypropylène. Une extrémité de la ficelle est attachée de façon lâche à la base du plant à l'aide d'une petite boucle antidérapante, et l'autre extrémité est reliée à un fil de soutien aérien. Ce fil aérien est suspendu à une hauteur de 1,8 à 2,5 m au-dessus du rang de plants dans les petites serres traditionnelles et à une hauteur de 3,0 à 3,5 m au-dessus du rang de plants dans les serres plus grandes et plus récentes.

Il est important de nouer correctement la ficelle à la base du plant. Si le nœud est trop serré, il risque d'endommager le plant. Si le nœud est trop lâche, le plant pourrait tomber ou glisser et briser la tige. Dans certains cas, la ficelle peut être placée entre le bas du bloc de transplantation et le haut du matelas de laine de pierre, de sorte que le poids du plant maintienne la ficelle en place. Toutefois, des problèmes peuvent survenir si la solution nutritive commence à remonter le long de la ficelle. Une telle situation endommagera le plant à l'endroit où la ficelle touche la tige, entraînant une perte de rendement et créant des sites potentiels d'infection par des maladies comme la pourriture grise.

À mesure que le plant grandit, il sera enroulé autour de la ficelle à raison d'un ou deux tours simples par grappe de fruits. Une fois les plants plus grands et plus lourds (généralement au quatrième ou cinquième stade de grappe), on utilise des clips en plastique pour attacher les plants à la ficelle (Figure 4).

Pour une culture de printemps, une longueur supplémentaire de 2 à 2,5 m de ficelle est

enroulée sur le fil supérieur. Lorsque le plant atteint le fil aérien, la ficelle est détachée et le plant est abaissé, ce qui permet à la section inférieure du plant de reposer sur le sol ou sur le fil de support. Ce procédé s'appelle l'abaissement. Il existe également des crochets aériens qui sont directement pourvus d'une réserve saisonnière de ficelle. Ces crochets sont couramment utilisés dans les serres de production de tomates sur fil haut, ce qui facilite l'abaissement de la culture.



Figure 4. Descente des plants de tomates sur un fil métallique aérien à l'aide de clips pour attacher les plants à la ficelle.

Avant de procéder à l'abaissement du plant, il est important de retirer les feuilles inférieures pour :

- améliorer la circulation de l'air au niveau inférieur
- maintenir un environnement idéal à la base après l'abaissement du plant
- permettre aux travailleurs de trouver facilement le fruit au moment de la récolte

Élagage des feuilles et des grappes

Le maintien d'un rapport feuilles-fruits idéal est un aspect important de la production de tomates en serre. En retirant les feuilles (l'effeuillage), les producteurs contrôlent l'équilibre entre croissance végétative et croissance générative. Une fois les feuilles retirées, les plants ont tendance à pousser de façon plus générative, produisant plus de fruits. Le fait de laisser un plus grand nombre de feuilles sur les plants favorise une croissance végétative et réduit la production de fruits. Le degré d'effeuillage requis dépend du cultivar.

Les tomates de serre sont généralement élaguées une fois par semaine, afin d'éliminer toutes les tiges adventives (les « gourmands »). Dans l'idéal, il ne faut retirer que 1 à 2 feuilles à la fois. En effet, un effeuillage excessif aurait pour effet de modifier le rapport feuille-fruit et de diminuer le rendement de la culture. En général, les producteurs cherchent à conserver entre 18 et 20 feuilles par plant (soit environ 1,2 m de tige feuillue), particulièrement pendant les mois d'été dans le cadre d'un cycle de culture estivale. Au début du cycle de culture, les producteurs laissent 12 à 15 feuilles par plant afin de préserver la qualité des fruits et de favoriser leur vitesse de développement. Certains cultivars peuvent nécessiter un effeuillage intensif. Dans ce cas, les producteurs enlèvent une feuille au milieu du plant et une autre près du point de croissance, lorsque le plant en est au stade de la troisième ou quatrième grappe florale environ. Ils doivent parfois répéter l'opération jusqu'à ce que la vigueur des plants soit maîtrisée (ce qui peut être particulièrement problématique dans les cultures automnales).

Avant la fin de la récolte, au terme du cycle de production, les producteurs pincent ou coupent le point de croissance du plant. Cette



Figure 5. Exemple de supports de grappe utilisés pour prévenir l'entortillement des tiges.

opération, appelée « l'étêtage de la récolte » est réalisée 6 à 8 semaines environ avant la fin de la récolte dans le cas d'un cycle de printemps ou d'été, et 8 à 10 semaines avant la fin de la récolte dans le cas d'un cycle d'automne ou d'hiver. Les sucres et l'énergie qui servent normalement à produire de nouvelles fleurs et feuilles vont alors être transférés aux fruits, les faisant grossir et mûrir plus rapidement.

Comme la plupart des cultivars de tomates modernes donnent des fruits facilement, toutes les fleurs d'une grappe peuvent donner des fruits. Le temps écoulé entre la première et la dernière fleur peut s'étendre de 4 à 10 jours, ce qui donne une gamme de différentes tailles de fruits au moment de la récolte. Pour assurer une taille uniforme et une récolte rapide, les producteurs élaguent chaque grappe de manière à obtenir 4 fruits pour les tomates Beefsteak ou 5 fruits pour les tomates en grappe. Les grappes de tomates de spécialité sont élaguées pour équilibrer le plant et maintenir la taille des fruits et la qualité des grappes. Une fois que les fleurs souhaitées sont bien nouées, le reste des bouquets de fleurs est élagué. Dans de bonnes conditions d'éclairage, ou avec un cultivar de Beefsteak fort et vigoureux, il peut être nécessaire de laisser 5 fruits par

grappe jusqu'à la troisième grappe et 4 fruits par grappe pour les grappes subséquentes. Cette décision doit être prise avec soin, car une trop grande charge fructifère sur les grappes inférieures peut gravement limiter la production ultérieure. Des supports de grappes sont généralement nécessaires pour empêcher la grappe de s'entortiller (Figure 5).

Pollinisation

La pollinisation est indispensable à la fructification. Les fleurs de tomate sont autopolinisatrices, ce qui signifie qu'elles possèdent à la fois des organes mâles et femelles. Mais le pollen des anthères doit atteindre les ovaires situés à la base du stigmate pour assurer la fécondation et le développement des fruits. Le nombre de graines formées détermine la taille, la qualité et la forme des fruits. Pour garantir des tomates uniformes de haute qualité, les producteurs utilisent souvent des bourdons pour augmenter la pollinisation (Figure 13). Dans les petites exploitations, les producteurs utilisent des dispositifs vibrants, comme des abeilles ou des brosses électriques.

Critères d'une pollinisation réussie :

- production de pollen viable
- libération du pollen des anthères vers le stigmate
- germination des grains de pollen sur le stigmate
- croissance des tubes de pollen à l'intérieur du stigmate, ce qui entraîne la fertilisation et la fructification subséquente

Remarque :

Les fruits qui comportent plus de graines ont tendance à être plus gros et mieux formés.

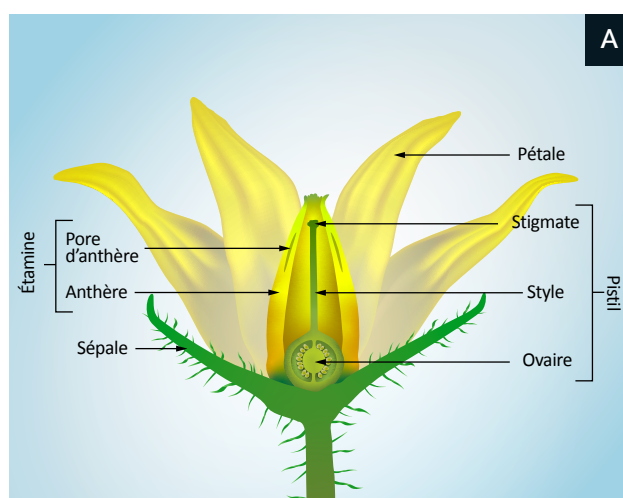


Figure 6. (A) Illustration d'une section transversale d'une fleur de tomate. (B) Bourdon qui butine une fleur de tomate.



Figure 7. Ruches de bourdons dans une serre de tomates.

Les producteurs introduisent généralement deux ou trois ruches de bourdons par hectare (Figure 6) une fois que le premier groupe de fleurs est complètement ouvert. Lorsque les bourdons visitent les fleurs pour récolter le pollen, de nombreux grains de pollen sont délogés des anthères et se déposent sur le stigmate, entamant ainsi la pollinisation. Les bourdons visitent les fleurs lorsque le pollen est disponible (du milieu de la matinée au début de l'après-midi) et peuvent visiter une même fleur plusieurs fois au cours de la période de floraison.

Au fur et à mesure que le plant pousse et que les fleurs s'ouvrent, les producteurs ajoutent des ruches supplémentaires de manière à atteindre un total de 4 à 5 ruches par hectare, ou conformément aux recommandations du fournisseur de bourdons. Ce niveau sera maintenu pendant toute la saison de végétation. À mesure que la ruche vieillit, la population de bourdons ouvriers diminue et l'organisation sociale de la ruche se modifie, la rendant inefficace. Les ruches perdent de leur capacité de pollinisation après 6 à 8 semaines. À ce moment-là, les producteurs remplacent les ruches ou en installent d'autres pour maintenir une bonne pollinisation. Ils répéteront ce procédé tout au long de la saison de croissance.

Les ruches doivent être placées dans un endroit pratique, sur un support ou une tablette solide, à une hauteur comprise entre 1 m et 1,5 m du sol. Si la zone n'est pas ombragée, il convient de prévoir une protection pour éviter une surchauffe en été. Les ruches doivent également être placées à l'écart des vibrations et des courants d'air. Les ruches placées dans un endroit frais mettent plus de temps à produire suffisamment de bourdons ouvriers adultes, capables d'assurer une pollinisation efficace de la récolte.

Les ruches modernes sont conçues pour fournir une source de glucides aux bourdons, et nécessitent peu d'entretien de la part de l'exploitant, voire aucun. Les ruches sont également équipées d'une ouverture unidirectionnelle qui peut être activée pour permettre aux bourdons d'entrer dans la ruche, mais pas d'en sortir. Ce procédé est nécessaire pour capturer tous les bourdons au moment du retrait des ruches.

Une décoloration brune ou une marque sur le cône ou la trompette de la fleur indique qu'un bourdon a visité celle-ci. Les producteurs surveillent ces marques pour évaluer le rendement des bourdons (Figure 7).

Les bourdons sont sensibles à tout un éventail de produits chimiques et pesticides. Une fois

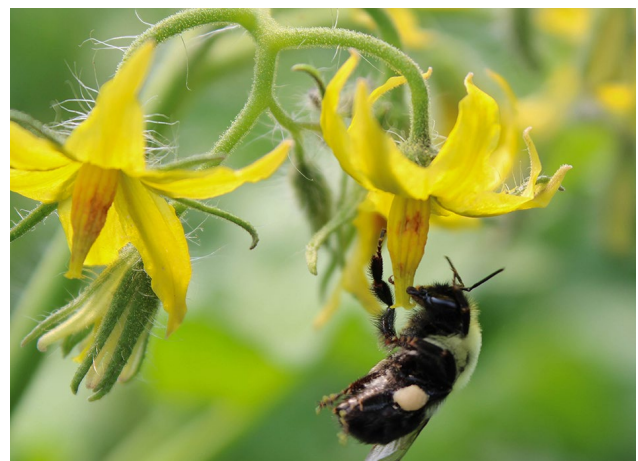


Figure 8. Une bonne pollinisation indiquée par des marques brunes sur la fleur de tomate, laissées par les bourdons lors de leur passage.

que des produits chimiques sont introduits dans les ruches, celles-ci se détériorent, entraînant une pollinisation insuffisante. Il convient de mettre en œuvre un bon programme de lutte biologique contre la vermine pour réduire l'application de pesticides et optimiser la pollinisation des bourdons.

Bien que les bourdons sortent des serres par les événements, ils y reviennent en général. Cependant, si la température extérieure est basse ou si les événements se ferment avant leur retour, ils mourront, surtout en février et mars. Les bourdons sont sensibles à la lumière du spectre ultraviolet (UV). Ils l'utilisent pour s'orienter pendant qu'ils butinent. Si le revêtement de la serre ne laisse pas entrer suffisamment de lumière UV à l'intérieur, les bourdons sont plus susceptibles de s'échapper.

Pour empêcher les bourdons de s'échapper de la serre :

- changer le revêtement en polyéthylène, afin de procurer un environnement lumineux plus favorable aux bourdons
- réduire la taille de l'ouverture des événements et compenser en installant des ventilateurs sur les murs d'extrémité pour favoriser la ventilation précoce
- installer des grillages à abeilles au niveau des événements de gouttière pour éviter les fuites

Dans les petites serres à tomates, la pollinisation par les bourdons peut ne pas être idéale. En effet, la demande en pollen est élevée dans une ruche type qui peut compter jusqu'à 300 adultes. Or, une forte demande en pollen peut conduire à des visites trop fréquentes sur chaque fleur, ce qui peut causer des dommages (Figure 8) et l'avortement des fleurs dans des cas extrêmes.



Figure 9. Fleur de tomate endommagée par un nombre excessif de visites de bourdons, comme en témoignent le flétrissement et le brunissement marqué.

Pour prévenir les dommages, il est possible de polliniser les fleurs à la main à l'aide d'abeilles électriques, lesquelles permettent de les faire vibrer délicatement. Il est également possible d'utiliser des souffleuses portatives, semblables à des souffleuses à feuilles, pour polliniser les fleurs. D'autres méthodes, comme le tapotement des fils aériens ou de la ficelle soutenant les plants, ou l'utilisation de jets d'eau à grosses gouttelettes, se sont généralement révélées peu efficaces.

Des conditions défavorables de température, de lumière et de nutrition peuvent compromettre le processus de pollinisation et nuire à la fructification et à la qualité des fruits. Une fois la floraison commencée, la température de jour ne doit pas descendre en dessous de 18 °C ni dépasser 30 °C. À la fin de l'automne, en hiver et au début du printemps, la majorité des cultivars produisent des fleurs dont la forme est légèrement différente, ce qui rend la pollinisation naturelle plus difficile. Ce phénomène s'explique par une luminosité et une température faibles, et il est parfois aggravé par des taux élevés d'azote. Le moment optimal pour la pollinisation se situe entre 11 h et 15 h, lorsque les fleurs sont sèches et le pollen libéré. Une pollinisation inadéquate conduira à une grenaison faible et inégale, donnant des fruits creux, difformes et de mauvaise qualité.

Température

La température de l'air exerce une influence majeure sur la croissance des plants, le développement des fleurs et la qualité des fruits. La température moyenne sur 24 heures influe sur le taux de croissance : plus la température moyenne sur 24 heures est élevée, plus la croissance des plants est rapide. La croissance maximale d'une récolte de tomates est atteinte lorsque les températures de jour comme de nuit atteignent 25 °C. Toutefois, pour optimiser la production de fruits, les températures devraient se situer à 20 °C durant la journée et à 18 °C pendant la nuit, ou atteindre une moyenne sur 24 heures de 19 °C. L'écart de température entre le jour et la nuit influence la forme du plant et l'équilibre entre croissance végétative et croissance générative.

Les producteurs régulent les températures en fonction de la lumière disponible et des niveaux de CO₂, afin de maintenir des taux de croissance élevés et de produire de gros fruits de bonne qualité (Tableau 2). Dans des conditions de faible luminosité (au début de l'hiver ou lors de journées nuageuses), ils maintiennent une température moyenne inférieure sur 24 heures, puis l'augmentent lorsque le niveau de lumière s'accroît. L'écart de température entre le jour et la nuit peut être régulé de manière à garantir la vigueur des plants et la taille des fruits. Une différence de température marquée entre le jour et la nuit fait passer le plant à une phase plus générative (plus de fleurs, têtes plus minces, fruits de plus grosse taille), tandis qu'une

différence de température faible ou nulle donne un plant plus végétatif (moins de fleurs, têtes plus épaisses).

Des températures plus élevées sont généralement maintenues lorsque l'enrichissement en CO₂ est utilisé pendant la journée pour maximiser la photosynthèse. Toutefois, l'enrichissement en CO₂ réduit la capacité des plants à se refroidir parce que leurs stomates ne sont pas aussi ouverts que lorsqu'ils se trouvent à des niveaux inférieurs de CO₂. Il faut donc faire preuve de prudence lorsqu'on procède à un enrichissement en CO₂ par temps chaud (pour en savoir plus sur l'enrichissement en CO₂ et son interaction avec la température et la lumière, voir la publication 836B, chapitre 5 : *Dioxyde de carbone*).

Remarque :

Par temps très ensoleillé, les températures supérieures à 26 °C ne nuiront pas aux plants, mais au-dessus de 29 °C, les fleurs seront endommagées chez la plupart des cultivars.

Remarque :

Dans les milieux de croissance, une température minimale de 16 °C est recommandée. La plage optimale se situe entre 18 et 21 °C.

Tableau 2. Températures de l'air recommandées (°C) pour les tomates selon différents niveaux de luminosité et un enrichissement en CO₂

Scénario de température	Faible luminosité (jours nuageux)	Forte luminosité (jours ensoleillés)	Avec un enrichissement en CO ₂
Minimum pendant la nuit (°C)	17	18	18
Minimum pendant la journée (°C)	19	21	21
Température de la ventilation (°C)	21	24	26

Luminosité

La lumière constitue également un facteur essentiel dans la production de tomates. Dans des conditions de faible luminosité en hiver, les plants ont tendance à présenter de longs entre-nœuds, une croissance réduite des boutons à fleurs et des grappes qui ne donnent pas de fruits. Il est possible de limiter ces problèmes en ralentissant le taux de croissance à l'aide de l'une ou plusieurs des pratiques de production suivantes :

- abaisser la température moyenne sur 24 heures
- réduire le volume d'eau appliqué
- augmenter la CÉ de la solution nutritive et du milieu de la zone racinaire
- réduire l'humidité relative (HR) (augmenter le déficit de saturation)
- accroître le mouvement d'air dans la culture

En hiver, un éclairage supplémentaire est nécessaire pour produire des tomates. Pour en savoir plus sur l'éclairage supplémentaire aux fins de la production hivernale, voir la publication 836B, chapitre 9 : *Éclairage supplémentaire pour la production hivernale*.

En été, lorsque les niveaux de luminosité sont élevés, l'utilisation d'un écran d'ombrage spécialement conçu pour les cultures légumières ou l'application d'un badigeon ou d'autres types de revêtement à l'extérieur de la serre permet de réduire l'intensité lumineuse et la température à l'intérieur de la serre (pour en savoir plus sur la transmission et la diffusion de la lumière, voir la publication 836B, chapitre 3 : *Lumière*). Cette mesure permet de renforcer la tête, d'améliorer la qualité des fleurs et la fructification, et de réduire les problèmes de qualité associés à une température élevée des fruits.

Humidité relative (HR)

La culture de tomates peut tolérer une large gamme de niveaux d'humidité relative, pourvu que ceux-ci ne fluctuent pas de façon importante sur une courte période. Idéalement, les producteurs s'efforcent de maintenir l'humidité relative entre 75 % et 85 %, ou un déficit de saturation situé entre 0,4 et 0,8 kPa. Lorsque le déficit de saturation est élevé (HR faible), il est essentiel d'assurer un approvisionnement en eau adéquat pour maintenir une bonne fructification. Un déficit de saturation faible (HR élevée) peut améliorer la nouaison durant la journée, mais également accroître l'incidence de maladies.

Le fait d'ajuster le déficit de saturation aura également un effet sur la vigueur et l'apparence du plant. Par exemple, en cas de déficit de saturation élevé, le plant tend à développer une tête et des feuilles plus minces. En cas de déficit de saturation plus faible, le plant tend à développer une tête et des feuilles plus épaisses, ainsi que des fleurs avec des grappes de fruits étendues plus susceptibles de s'entortiller ou de se plier, donnant des fruits de taille et de forme inadéquates (pour en savoir plus sur l'humidité relative, le déficit de saturation, et leur lien avec la température des feuilles, voir la publication 836B, chapitre 4 : *Humidité relative*).

Dioxyde de carbone (CO₂)

L'enrichissement en CO₂ est bénéfique à tous les stades de la culture de tomates. Pendant les journées ensoleillées, les producteurs utilisent généralement 1 000 ppm de CO₂, mais ramènent ce taux à 400 ppm si les événements sont ouverts à plus de 10 %. Dans des conditions de faible luminosité et par temps nuageux, les niveaux de CO₂ seront

maintenus à 400 ppm. En été, lorsque la ventilation est utilisée, il est économique et de plus en plus répandu d'appliquer des suppléments de CO₂ à des concentrations allant jusqu'à 400 ppm, surtout tôt dans la journée. Comme indiqué dans la section « Température » ci-dessus, l'enrichissement en CO₂ empêche les plants de se refroidir par temps chaud (pour en savoir plus sur l'enrichissement en CO₂ et son interaction avec la température et la lumière, voir la publication 836B, chapitre 5 : *Dioxyde de carbone*).

Circulation d'air

La circulation d'air aide à réduire les gradients de température dans la serre et assure une distribution uniforme du CO₂ dans toute la canopée. Une vitesse d'air de 1 m/seconde est recommandée. Différents modèles de ventilateurs de serre sont envisageables. Les trois principaux types de ventilateurs sont horizontaux, verticaux et traversant les rideaux (Figure 10). Les ventilateurs horizontaux et verticaux permettent de réduire les gradients de chaleur horizontaux et verticaux dans une serre, selon leur hauteur et leur orientation. Les ventilateurs traversant les rideaux sont avantageux, car ils mélangent l'air provenant du dessus et du dessous des rideaux, lorsque ceux-ci sont entièrement fermés, ce qui réduit les variations de température entre ces zones. Ce type de ventilateur évite également le besoin pour les producteurs d'écarter leurs



Figure 10. (A) Ventilateurs horizontaux traditionnels sur le côté d'une serre basse de tomates. (B) Ventilateur horizontal moderne au-dessus d'une culture de tomates dans une serre haute. (C) Ventilateur moderne traversant les rideaux.

rideaux pour aérer la serre. L'écartement des rideaux réduit leur efficacité et augmente les gradients de température dans les serres.

Eau et nutrition

La production durable de fruits nécessite des conditions environnementales optimales et l'application d'eau et de nutriments en temps opportun. Pour contrôler la croissance des cultures, la régulation de l'approvisionnement en eau et (ou) en azote est la technique la plus courante et la plus efficace.

Un plant bien équilibré est caractérisé par une tige épaisse, des feuilles vert foncé et de grosses fleurs rapprochées qui se nouent facilement. Un plant correctement nourri développera une tige de 1 cm d'épaisseur à 15 cm au-dessous du point de croissance. Des tiges plus épaisses sont le signe d'une croissance végétative excessive et généralement associées à une faible fructification et à une productivité réduite. Des tiges plus minces indiquent généralement un manque de glucides, une croissance lente et, en définitive, une faible productivité globale.

Une culture de tomates matures consomme 2 à 3 litres d'eau par plant par jour lorsque les niveaux de luminosité sont élevés (par exemple, lors d'une journée d'été moyenne). De faibles volumes d'irrigation, de faibles taux d'humidité relative et une CÉ élevée sont autant de facteurs qui peuvent entraîner un excès de croissance végétative et ralentir la croissance des plants. Pour autant, trop de croissance n'est pas souhaitable. La méthode privilégiée pour ralentir la croissance consiste à réguler la CÉ ainsi que la quantité et la fréquence de l'arrosage. C'est une méthode à la fois simple, efficace et fiable.

Une solution nutritive doit être appliquée en tout temps pour soutenir la croissance et le développement des fruits, et obtenir ainsi une production élevée de tomates de bonne qualité. Il est possible d'ajuster le calendrier

de fertilisation selon le stade de la culture ([Tableau 3](#)) ([Tableau 4](#)).

En effet, les plants de tomate n'absorbent pas les nutriments au même rythme, selon le stade de croissance. C'est particulièrement vrai en ce qui concerne l'azote et le potassium. Lorsque les plants de tomates comptent 2 à 3 bouquets de fleurs, ils absorbent l'azote au même rythme environ que le potassium. Quand la charge fruitière augmente, l'absorption de potassium augmente également, donnant un ratio d'absorption potassium-azote de 2:1.

Des niveaux d'apport en azote plus faibles à ce stade permettent de mieux contrôler la croissance du plant ([Tableau 5](#)).

Conséquences d'un excès d'azote par faible luminosité, tôt dans le cycle de production :

- un plan excessivement végétatif sujet aux maladies
- un développement floral faible
- une faible fructification
- un fruit de petite taille

Il est possible de réguler l'apport d'azote directement en ajustant la fertilisation azotée ou indirectement en variant l'apport d'autres nutriments, comme le potassium. Accroître le ratio potassium-azote dans la solution d'engrais est une technique souvent utilisée pour ralentir la croissance.

Le volume et le moment de l'application de la solution nutritive lors de l'irrigation fertilisante sont des paramètres essentiels pour les plants de tomate cultivés dans la laine de roche et la fibre de coco. Ces deux facteurs ont une incidence importante sur la qualité des fruits. En général, les producteurs commencent les cycles d'irrigation fertilisante 1 à 2 heures après le lever du jour et y mettent fin 1 à

Tableau 3. Calendrier d'irrigation fertilisante pour la tomate (solution nutritive en ppm)

Stade de croissance	N	NH ₄	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo	S*	Cl*	HCO ₃
A. Saturation du bloc	200	10	50	353	247	75	0,8	0,55	0,33	0,5	0,05	0,05	120-200	100-125	25
B. 4 à 6 semaines après la plantation	180	10	50	400	190	75	0,8	0,55	0,33	0,5	0,05	0,05	120-200	100-125	25
C. Apport normal	190	22	50	400	190	65	0,8	0,55	0,33	0,5	0,05	0,05	120-200	100-125	25
D. Quantité élevée de fruits	210	22	50	420	190	75	0,8	0,55	0,33	0,5	0,05	0,05	120-200	100-125	25

* Les fertilisants sélectionnés pour créer la solution nutritive détermineront le niveau final de ces éléments.

Remarques : D'après les études menées au Centre de recherche et de développement de Harrow et à la Station de recherche de Vineland.

Voir le tableau *Abréviations des nutriments* de l'annexe C pour le nom complet des nutriments.

Tableau 4. Poids des fertilisants requis pour préparer les solutions nutritives des porte-greffes

Fertilisant	A*	B*	C*	D*
Kg/1 000 L (ratio de dilution 1:100)				
Nitrate de calcium	112	82,1	82,1	82,1
Nitrate de potassium	25,72	42,4	40,89	56,27
Phosphate monopotassique	6,75	6,75	6,75	6,75
Sulfate de potassium	45,11	38,08	39,21	31,81
Chlorure de potassium	3,75	3,75	3,75	3,75
Sulfate de magnésium	66,0	66,0	56,0	66,0
Nitrate d'ammonium	0,0	4,0	8,0	8,0
Fertilisant	A*	B*	C*	D*
G/1,000 L (ratio de dilution 1 : 100)				
Chélate de fer, 13 %	615,38	615,38	615,38	615,38
Sulfate de manganèse	207,69	207,69	207,69	207,69
Sulfate de zinc	94,29	94,29	94,29	94,29
Borax	326,67	326,67	326,67	326,67
Sulfate de cuivre	16,0	16,0	16,0	16,0
Molybdate de sodium	10,87	10,87	10,87	10,87
CÉ souhaitée (mS/cm)	2,5-3,0	3,5	3,0-4,0	2,5-3,5
pH souhaité	5,8	5,8	5,8	5,8
Volume d'eau (L)**	0,25-0,5	0,5-1,0	1,0-2,0	1,5-2,5

* Pour comprendre les codes, voir le tableau 3, Calendrier d'irrigation fertilisante pour la tomate.

** Selon les besoins, conformément à la stratégie d'arrosage.

Remarque : D'après les études menées au Centre de recherche et de développement de Harrow et à la Station de recherche de Vineland.

Tableau 5. Résumé des recommandations pour la croissance des tomates

Température et irrigation fertilisante	Germination	Culture des plants	Transplantation	Stade de la récolte	Récolte complète
Température diurne (°C)*	25	19-21	24	19	20-22
Température nocturne (°C)*	25	19-21	24	19	17-19
CÉ de la solution (mS/cm)	0,0-1,0	2,5-3,0	2,5-3,0	2,7-3,5	2,7-4,0
pH de la solution	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
Volume de solution nutritive (L/jour)**	—	0,2-0,3	0,2-0,3	0,5-1,5	1,5-2,5
Calendrier de fertilisation***	—	A	B	C	D

* Utiliser des réglages inférieurs quand le niveau de luminosité est faible.

** Conformément à la stratégie d'arrosage.

*** Pour comprendre les codes, voir le tableau 3, Calendrier d'irrigation fertilisante pour la tomate.

Remarque : D'après les études menées au Centre de recherche et de développement de Harrow et à la Station de recherche de Vineland.

2 heures avant le coucher du soleil. Cette pratique permet de réduire l'incidence du roussissement et du fendillement des fruits en été, ainsi que l'incidence des maladies. Un arrosage nocturne peut être nécessaire pendant les mois d'hiver, lorsque les systèmes de chauffage sont pleinement opérationnels et que le taux d'humidité relative dans la serre est faible, ou en été, lorsque l'intensité lumineuse et la température diurne à l'intérieur de la serre sont élevées.

Remarque :

D'autres facteurs peuvent également influencer considérablement sur la croissance des plants et il est important d'en tenir compte de façon globale. Pour de plus amples détails, voir la publication 836B : *Guide de production des cultures des fruits et des légumes de serre.*

Remarque :

Pour en savoir plus sur les nutriments, voir la publication 836B, chapitre 12 : Nutriments et symptômes de carence. Pour plus de renseignements sur les symptômes de carence et la toxicité, voir la section sur les troubles physiologiques ci-dessous.

Récolte et entreposage

En général, les producteurs récoltent les fruits de la tomate de serre en laissant le calice attaché, ce qui permet de reconnaître le produit. La récolte des tomates est effectuée trois fois par semaine ou tous les deux jours, surtout en été, afin que tous les fruits soient cueillis à peu près au même stade de maturité. Les tomates sont récoltées quand le fruit passe de la couleur verte à la couleur orange-rouge. Certains producteurs récoltent la tomate au début du rougissement (lorsque l'extrémité florale du fruit commence à se colorer). Les tomates récoltées à un stade plus avancé de mûrissement ont plus de saveur, mais leur durée de conservation est plus courte puisqu'elles mûrissent plus rapidement.

Il est possible de récolter manuellement les tomates en cassant ou en détachant le calice au niveau de l'articulation (un point de rupture naturel sur la tige de la fleur). Les tomates en grappes peuvent être coupées près de la tige à l'aide d'un couteau ou de ciseaux. Les fruits sont généralement placés dans

des cageots ou des paniers de ramassage pour éviter que le calice ne perfore les fruits voisins. Au besoin, la tige est coupée pour limiter les perforations lors de la manipulation des fruits au stade de l'emballage et sur les étals. Un fruit qui tombe à terre a tendance à se meurtrir plus facilement, ce qui réduit sa durée de conservation.



En général, on ramasse les tomates le plus tôt possible le matin, quand il fait encore frais. Les fruits sont transférés vers une zone couverte ou placés directement dans une glacière le plus rapidement possible. En effet, laissés dans la serre, les fruits vont surchauffer et se détériorer rapidement. Les installations d'emballage doivent être refroidies (15 °C) afin de préserver toute la qualité du fruit. L'uniformité du paquet (couleur, taille et qualité) est essentielle pour garantir son acception sur le marché. Pour emballer les tomates, il est courant d'utiliser des trieuses de couleur informatisées dotées de systèmes de calibrage du poids et de la taille, ainsi que des lignes d'emballage et des étiqueteuses automatiques.

Si nécessaire, les fruits doivent être conservés à 12 °C après le calibrage et l'emballage. Après avoir retiré les fruits de l'entreposage à froid, il est important de les transférer vers une atmosphère sèche ou d'augmenter graduellement la température, afin d'éviter la formation de condensation sur la peau. Des camions refroidis doivent être utilisés pour expédier les fruits sur le marché.

Troubles physiologiques

Les troubles physiologiques chez la tomate sont des affections qui perturbent la croissance du plant, le développement des fruits et le rendement global de la culture. Contrairement aux maladies causées par des pathogènes, ces troubles sont le résultat de stress environnementaux et de déséquilibres nutritionnels. Le [Tableau 6](#) présente les problèmes courants qui peuvent grandement nuire à la qualité et à la rentabilité d'une récolte. Il est indispensable de comprendre les causes et les symptômes de ces troubles pour préserver la santé des cultures de tomates et garantir une production constante.




Tableau 6. Troubles physiologiques des tomates

Trouble	Symptômes	Causes
Fruit anguleux*		
	Fruit déformé, plutôt carré ou anguleux.	<ul style="list-style-type: none"> • Températures basses • Déséquilibres nutritifs
Nécrose apicale. Pour en savoir plus, voir la section Nécrose apicale		
	Se manifeste généralement par une zone ferme, sèche, enfoncée et décolorée (brune ou noire) au niveau de l'extrémité florale du fruit ou à proximité de celle-ci (loin de la tige). La zone atteinte peut aller d'un diamètre inférieur à 0,5 cm jusqu'à la moitié du fruit.	<ul style="list-style-type: none"> • Absence de transport du calcium (Ca) vers l'extrémité florale du fruit • Apport insuffisant de calcium dans la solution nutritive ou dans le milieu de croissance • Conductivité électrique (CÉ) élevée de l'irrigation fertilisante qui inhibe l'absorption de l'eau • Croissance végétative excessive entraînant le transport de la majorité du calcium vers les feuilles • Transpiration excessive par les feuilles en raison d'un déficit de saturation élevé ou d'une humidité relative faible • Changement soudain dans la croissance du fruit, entraînant une plus forte demande en calcium • Système racinaire malade

* Source de la photo disponible dans la section « [Références](#) »




[suite »](#)

Tableau 6. Troubles physiologiques des tomates (suite)

Trouble	Symptômes	Causes
Face de chat*		
	Fruit mal formé qui présente des protubérances irrégulières à l'extrémité florale. Stries et bandes de tissu cicatriciel écaillé, de couleur vert foncé, ainsi que des crevasses à l'extrémité florale ou sur les côtés du fruit.	<ul style="list-style-type: none"> • Température de l'air trop basse pour une fructification normale • Fluctuations extrêmes de températures entre le jour et la nuit • Taux excessifs d'azote dans l'irrigation fertilisante
Fendillement ou roussissement		
Pour en savoir plus, voir la section Effets des températures élevées sur le développement des fruits de la tomate sous serre		
	Fissures fines et infimes présentes sur les collets du fruit de tomate. Dans les cas modérés, les fissures sont visibles sous une lumière indirecte. Dans les cas graves, les fissures sont immédiatement visibles. Présent chez le fruit vert non mûre et le fruit mûr mature.	<ul style="list-style-type: none"> • Expansion du fruit trop rapide pour l'épiderme • Génétique du cultivar
Moucheture dorée*		
Pour en savoir plus, voir la section Effets des températures élevées sur le développement des fruits de la tomate sous serre		
	Des taches jaunes et des mouches sont souvent observées autour du calice et des épaules des fruits mûres durant la production estivale. Avant que les tomates ne deviennent mûres, ces taches sont blanches. Les taches sont moins présentes chez le fruit vert.	<ul style="list-style-type: none"> • Excès de calcium dans le fruit, contrairement à la nécrose apicale • Environnement de serre qui ne favorise pas la transpiration par les feuilles (HR élevée, par exemple) • Génétique du cultivar
Collet vert		
Pour en savoir plus, voir la section Effets des températures élevées sur le développement des fruits de la tomate sous serre		
	Mûrissement inégal : certaines zones sur la surface de la tomate demeurent vertes ou de couleur vert-jaune, tandis que d'autres zones se développent avec la couleur normale.	<ul style="list-style-type: none"> • Faibles niveaux de CÉ dans l'irrigation fertilisante • Quantité inadéquate de potassium • Surpeuplement • Température excessive au niveau de la surface du fruit • Génétique du cultivar • Système racinaire malade

* Source de la photo disponible dans la section « Références »

Tableau 6. Troubles physiologiques des tomates (suite)

Trouble	Symptômes	Causes
Fruit pointu		
	<p>Fruit mal formé présentant une extrémité pointue ou allongée.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Températures élevées • Pollinisation inadéquate • Génétique du cultivar
Bouffissure ou cœur creux*		
	<p>Fruit présentant de grandes cavités internes et un nombre réduit de graines. En général, seulement 1 à 2 tomates par grappe sont touchées. Les fruits sur les grappes subséquentes peuvent ne pas être affectés si les conditions environnementales améliorent.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Températures basses ou élevées pendant le développement du fruit • Déséquilibre nutritif avec un taux faible de potassium ou un taux élevé d'azote • Pollinisation inadéquate • Irrigation fertilisante irrégulière
Échaudage*		
<p>Pour en savoir plus, voir la section Effets des températures élevées sur le développement des fruits de la tomate sous serre</p>		
	<p>Taches jaunes sur le côté du fruit de tomate. Comme dans le cas du collet vert, la texture des zones touchées est tannée et plus ferme que les tissus environnants. De plus, ces zones jaunes ont parfois une apparence marbrée et une surface déprimée.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Facteurs environnementaux, comme l'exposition du fruit à la lumière directe du soleil, sans ombre • Pas de lien avec la génétique du cultivar, contrairement au collet vert

* Source de la photo disponible dans la section « [Références](#) »

Nécrose apicale

La nécrose apicale compte parmi les troubles physiologiques les plus courants qui touchent les tomates de serre. C'est également l'un des plus étudiés. Il s'agit d'un trouble localisé caractérisé par la détérioration des membranes cellulaires du fruit, entraînant une fuite des liquides cellulaires. Les symptômes types apparaissent entre deux et quatre semaines après la floraison, lorsque le fruit

est en pleine croissance. La nécrose apicale se reconnaît par une large tache foncée et aqueuse située à l'extrémité florale du fruit, loin de la tige (Tableau 6). La nécrose apicale peut se développer à l'intérieur du fruit de la tomate sans aucun signe externe, formant des pépins noirs ou de la pulpe noire. Ce trouble peut également entraîner jusqu'à 50 % de perte de rendement dans certaines circonstances.

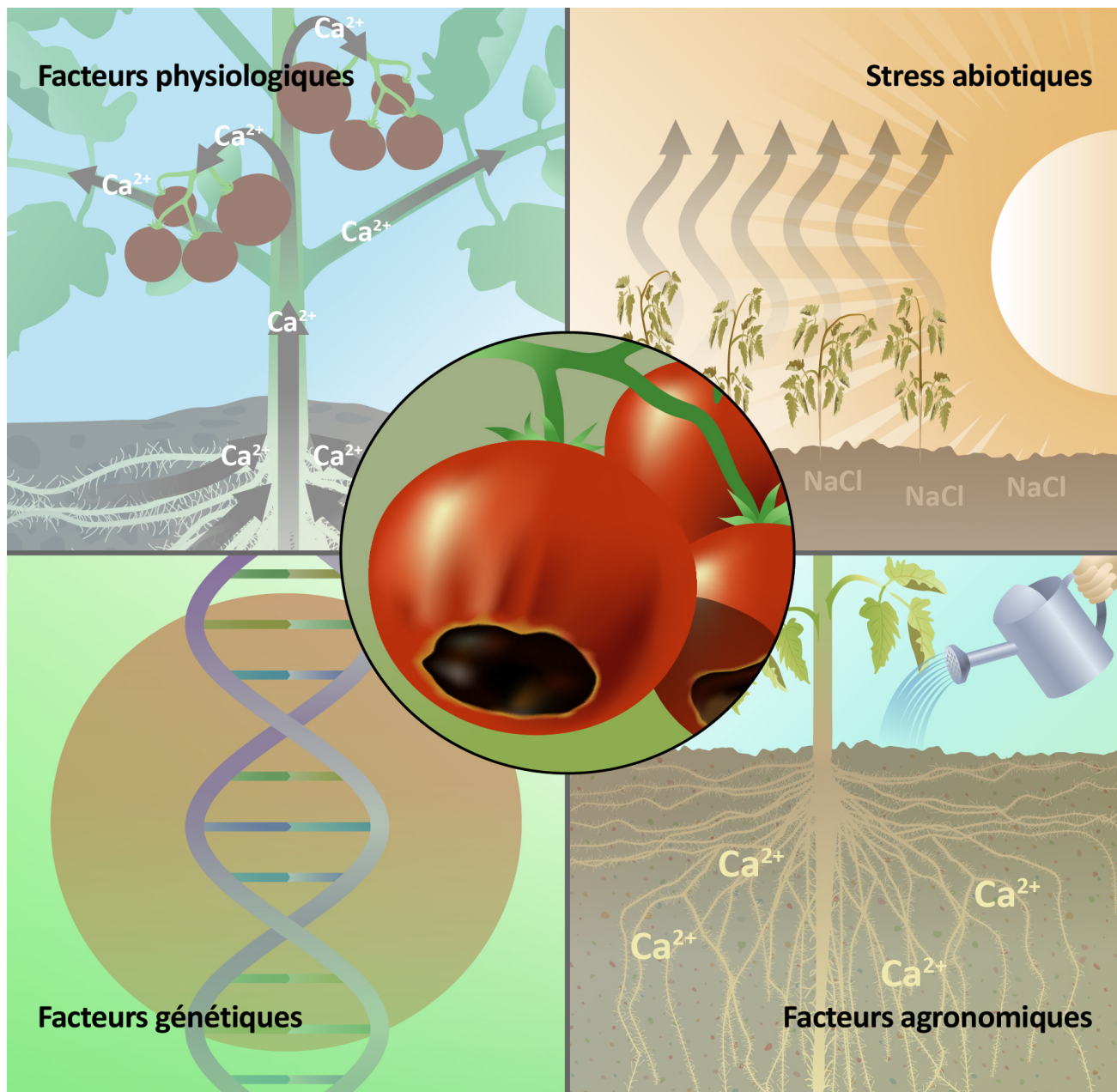


Figure 11. La nécrose apicale peut être causée par de nombreux facteurs, notamment la physiologie, la génétique, les stress abiotiques et les pratiques agronomiques.

De nombreux facteurs contribuent à la nécrose apicale (Figure 11), parmi lesquels :

- la physiologie
- la génétique
- le stress abiotique
- les pratiques agronomiques

Physiologie

La nécrose apicale est principalement liée à une carence locale en calcium (Ca) dans les tissus du fruit. Le calcium est essentiel à la stabilisation et à l'intégrité de la paroi cellulaire, et joue également un rôle clé dans la durée de conservation. Le calcium est un élément immobile. Autrement dit, contrairement à d'autres éléments qui se déplacent dans le phloème, son transport dépend du flux hydrique tiré par transpiration dans le xylème. Par conséquent, une plus grande quantité de calcium est dirigée vers les feuilles plutôt que vers les fruits, en raison de leur taux de transpiration supérieur (pour en savoir plus sur les nutriments mobiles et immobiles, voir la publication 836B, chapitre 12 : *Nutriments et tests d'analyse.*)

Non seulement le flux hydrique régule le calcium, mais le calcium régule également le flux hydrique dans les plants. Le calcium régule la circulation de l'eau à l'extérieur des cellules par des changements dans la structure de la paroi cellulaire et les ouvertures stomatales. Cet élément régule également le flux hydrique dans les cellules par des canaux membranaires appelés aquaporines. Il s'agit donc d'un cercle vicieux : la diminution de la transpiration réduit le mouvement de l'eau et du calcium à l'intérieur des cellules et la diminution du calcium affaiblit encore davantage le flux hydrique, faisant chuter encore plus les niveaux de calcium.

Lorsque le calcium pénètre dans le tissu du fruit, il s'accumule dans la zone proche de la tige, ce qui entraîne des niveaux plus faibles

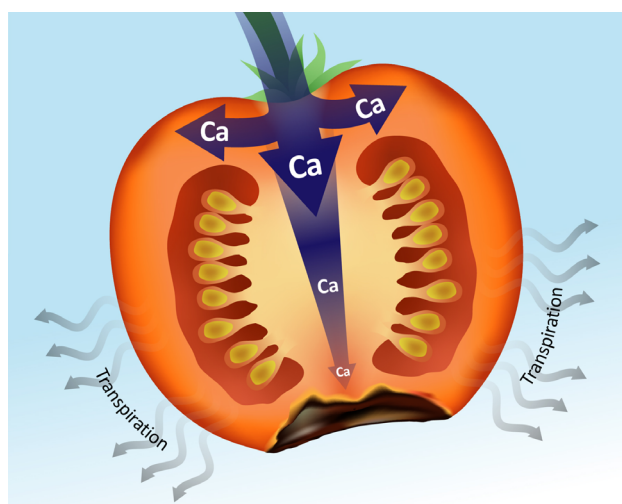


Figure 12. Gradient de calcium (Ca) dans les tomates.

de calcium à l'extrémité florale (Figure 12). Ce gradient de calcium dans le fruit influence fortement son développement, surtout durant la phase d'expansion cellulaire rapide lorsque le fruit est en croissance. Un apport insuffisant et un déplacement limité du calcium vers l'extrémité florale du fruit aux premiers stades de son développement et durant sa phase de croissance rapide peuvent causer la nécrose apicale. Selon une étude réalisée par Aslani et coll. (2020), lorsque le poids frais du calcium descend en dessous de $0,2 \mu\text{mol/g}$ (ou $0,2 \%$) à l'extrémité florale des fruits immatures, le risque d'apparition de nécrose apicale devient très important.

Une carence en calcium n'est pas le seul facteur pouvant mener à la nécrose apicale. La disponibilité du calcium dans le milieu de croissance n'est pas toujours corrélée à l'apparition de la nécrose apicale. Certains fruits atteints de ce trouble présentent des niveaux et une diffusion du calcium comparables à ceux de fruits sains. Des mécanismes plus complexes peuvent expliquer l'apparition de la nécrose apicale chez la tomate, comme le stress oxydatif. Le stress oxydatif se produit lorsqu'un stress abiotique (comme la chaleur ou la

sécheresse) entraîne une accumulation d'espèces réactives de l'oxygène (ERO). L'accumulation d'ERO a le potentiel d'endommager les lipides, les protéines et l'ADN, lesquels sont des éléments constitutifs clés des cellules. Cette réponse type au stress cellulaire peut provoquer une fuite de la membrane cellulaire, entraînant ainsi l'apparition des symptômes de la nécrose apicale.

Le stress oxydatif est également associé à une baisse des taux de calcium. Lorsque le stress oxydatif se produit dans le fruit, il peut entraîner une réduction du taux de calcium. Les faibles taux de calcium causés par le stress oxydatif réduisent également l'activité des antioxydants qui détoxifient l'ERO, menant à des niveaux plus élevés d'ERO et à une plus grande incidence d'endommagement cellulaire et de symptômes de la nécrose apicale. Il s'agit d'un autre cercle vicieux associé à la nécrose apicale : le stress oxydatif réduit les niveaux de calcium, et les niveaux de calcium moins élevés diminuent l'activité des antioxydants, ce qui augmente encore plus les niveaux de stress oxydatif.

Génétique

La nécrose apicale touche plus fréquemment les grosses tomates, comme la Beefsteak, que les petites, comme les tomates cerises. C'est ce que l'on appelle « l'effet de la forme du fruit ». La nécrose apicale est généralement associée aux tomates de type prune de gros calibre, dont l'expansion cellulaire rapide affecterait le transport du calcium. Il est intéressant de noter que les symptômes de la nécrose apicale n'ont jamais été observés chez les variétés de tomate sauvage. On considère qu'il s'agit là d'un autre exemple de l'effet de la forme du fruit, car les tomates sauvages sont généralement de plus petite taille que les tomates cultivées.

Les tomates résistantes à la nécrose apicale possèdent une capacité antioxydante supérieure au niveau du fruit. Elles sont donc plus aptes à gérer le stress oxydatif et à contrer ses effets nocifs sur les membranes cellulaires. Certaines variétés résistantes à la nécrose apicale présentent un nombre moins important de stomates foliaires, ce qui entraîne des taux de transpiration plus faibles et un flux hydrique plus importante vers le fruit.

Stress abiotiques

Des conditions de stress telles que la chaleur, la sécheresse, la salinité, l'engorgement des sols et la faible humidité de la zone racinaire augmentent la concentration du stress oxydatif chez les jeunes fruits. Ce phénomène entraîne une fuite cellulaire et une diminution des niveaux de calcium. Les températures élevées et le rayonnement solaire engendrent également des taux plus élevés de photosynthèse et de transpiration dans les feuilles. Par conséquent, une quantité plus importante d'eau et de calcium est acheminée vers les feuilles plutôt que vers les fruits. Ces facteurs favorisent l'apparition de la nécrose apicale dans des conditions de stress élevé.

Pratiques agronomiques

Pulvérisations foliaires

Une façon courante de contrôler la nécrose apicale consiste à pulvériser sur les fruits des solutions de calcium (0,3-0,5 % de chlorure de calcium ou azote de calcium, ou 2-7 g/L de nitrate de calcium) pour accroître leur taux de calcium. Toutefois, ces pulvérisateurs exigent beaucoup de travail, car il faut pulvériser la solution uniquement sur les fruits et non pas sur le plant entier. En effet, il serait inefficace de pulvériser les feuilles, car le calcium absorbé par les feuilles n'est pas translocalisé dans les fruits.

Un certain nombre d'hormones végétales se sont montrées efficaces pour lutter contre la

nécrose apicale, lorsqu'elles sont pulvérisées sur le plant. Par exemple, selon une étude de Riboldi et coll. (2019), l'épibrassinolide (EBL) réduit l'apparition de la nécrose apicale de 44,2 %. La pulvérisation de l'EBL entraîne une réduction de la transpiration des feuilles, une augmentation des taux de calcium dans les parties distales du fruit et une augmentation de l'activité des antioxydants. D'après une étude de Barickman et coll. (2019), les pulvérisations foliaires ou les applications à la racine chaque semaine de l'hormone « acide abscissique » (ABA) augmentent les taux de calcium dans les tissus distaux du fruit, réduisant la nécrose apicale. Par opposition, d'autres hormones végétales, comme la gibbérelline (GA), peuvent réduire l'absorption du calcium par les fruits, favorisant la fuite cellulaire et augmentant l'incidence de la nécrose apicale. La gibbérelline augmente le nombre de stomates foliaires, ce qui élève le taux de transpiration des feuilles et provoque le transport du calcium vers les feuilles au détriment des fruits.

Élagage

Le contrôle de la densité végétale et de l'éclaircissage des grappes constitue une pratique traditionnellement utilisée pour réguler la taille des tomates et réduire l'incidence de la nécrose apicale. Selon une étude réalisée par Aslani et coll. (2020), l'élagage à 1 fruit par grappe, 2 fruits par grappe ou 3 fruits par grappe, ou l'absence d'élagage de fruit, influe sur l'incidence de la nécrose apicale. D'après les résultats, un nombre plus élevé de fruits par grappe est associé à une moindre incidence de nécrose apicale. Les auteurs expliquent ce phénomène par le ralentissement de la croissance des fruits lorsqu'un plus grand nombre d'entre eux sont conservés sur la grappe, ce qui favorise une absorption et une diffusion plus adéquates du calcium. Une étude menée par Indeché et coll. (2020) démontre que l'effeuillage augmente les niveaux de calcium dans les parties distales des tomates, ce qui réduit le

risque d'apparition de la nécrose apicale. Les auteurs émettent l'hypothèse que la diminution de la concurrence pour l'eau entre les feuilles et les fruits facilite l'acheminement d'une quantité suffisante de calcium dans les fruits, à un moment critique avant l'apparition de la nécrose apicale.

Équilibre nutritif

Le sodium (Na), le potassium (K) et le magnésium (Mg) peuvent diminuer l'absorption et la diffusion du calcium, ce qui augmente l'incidence de la nécrose apicale. Par exemple, si les taux de sodium, de potassium et de magnésium dans la solution nutritive dépassent 500, 400 et 80 mg/L, respectivement, il se peut que l'absorption du calcium dans les tomates diminue. D'après une étude de Hao et Papadopoulos (2004a), l'incidence de la nécrose apicale chez la tomate s'accroît avec la concentration de magnésium (20, 50 et 80 mg/L) lorsque le taux de calcium est de 150 mg/L. Cependant, l'incidence de la nécrose apicale n'augmente pas avec des concentrations de magnésium supérieures, si l'on fait passer la concentration de calcium à 300 mg/L. Autrement dit, si les taux de calcium sont suffisamment élevés dans l'irrigation fertilisante, l'augmentation des taux de magnésium ne favorisera pas l'apparition de la nécrose apicale.

Selon une étude menée par Hernandez-Perez et coll. (2019), les rendements de tomates sont plus élevés lorsque le ratio potassium-calcium se situe entre 0,82 et 0,85 pendant les mois d'été. Cependant, une demande accrue en calcium et un ratio potassium-calcium plus faible (~0,67) peuvent être nécessaires durant la saison automne-hiver, car les températures plus basses et l'humidité relative plus élevée réduisent les taux de transpiration et le transport du calcium.

Milieux de croissance

Les milieux de croissance peuvent également avoir une incidence sur l'apparition de la nécrose apicale. Une étude de Marten et coll.

(2020) compare les plantules de tomates cultivées de façon hydroponique dans la tourbe, la perlite et un mélange 1:1 de tourbe et de perlite avant leur transplantation dans des matelas de laine de roche. Les plants cultivés dans la perlite s'avèrent plus petits que ceux cultivés dans les autres milieux, probablement en raison de l'incapacité de la perlite à retenir les nutriments. Cela n'a pas entraîné de pertes significatives sur le plan du rendement total et du rendement hebdomadaire des fruits commercialisables, mais cela a réduit les niveaux de nécrose apicale. La réduction de l'incidence de la nécrose apicale chez les plus petits plants s'expliquerait au moins en partie par la taille inférieure de leurs feuilles et leur taux de transpiration plus faible.

Conclusions et recommandations

Parmi les éléments essentiels que les producteurs devraient garder à l'esprit pour réduire le risque de nécrose apicale :

1

Réduire le stress hydrique : Adaptez rapidement et précisément l'irrigation aux conditions d'ensoleillement.

2

Réduire le stress thermique : Appliquez un badigeon sur les serres et (ou) utilisez des rideaux d'ombre pour réduire le rayonnement solaire intense et le stress associé à des températures élevées. Certains nouveaux rideaux énergétiques transmettent entre 85 % et 89 % de la lumière et peuvent également être utilisés en été comme rideaux d'ombre. Essayez aussi de réduire la température nocturne pour favoriser la nouaison en été. Des températures nocturnes élevées et un taux d'humidité élevé réduisent la viabilité du pollen en été, ce qui nuit à la nouaison. Une faible nouaison associée à des taux élevés de photosynthèse à des températures élevées augmente le risque de nécrose apicale.

3

Réduire la carence nutritive : Testez régulièrement votre solution d'irrigation fertilisante et vos plants pour déceler toute carence nutritive et vous assurer que les plants absorbent suffisamment de calcium. Réduisez la CÉ de l'irrigation en fin d'après-midi afin de favoriser le transport du calcium pendant la nuit. Une CÉ plus faible peut favoriser une pression de turgescence plus élevée grâce à un système racinaire sain et fournir plus de calcium aux fruits, car le débit d'eau n'est pas stimulé par la transpiration pendant la nuit.

Effets des températures élevées sur le développement des fruits de la tomate sous serre

Pendant l'été, les températures dans les serres de légumes en Ontario peuvent dépasser les 30 °C pendant plusieurs jours consécutifs. Comprendre comment les températures élevées affectent la croissance et le développement des cultures en serre est une première étape importante pour apprendre à cultiver des légumes dans des conditions chaudes en serre. Cette section résume ce qui est connu au sujet de la relation entre des températures élevées et le développement des tomates dans la production en serre hydroponique.

Un certain nombre de troubles physiologiques liés à la chaleur y sont abordés, notamment le fendillement du fruit, le collet vert, l'échaudage et la moucheture dorée.

Développement et maturation de la tomate

On distingue trois stades principaux dans le développement de la tomate (Figure 13) :

1 Le stade 1 est caractérisé par une division cellulaire qui survient dans les 10 jours qui suivent la pollinisation.

2 Le stade 2 se situe 10 à 40 jours après la pollinisation lorsque les cellules grandissent et se développent.

3 Le stade 3 inclut le mûrissement et la maturation du fruit une fois que celui-ci a atteint sa taille définitive.

Des changements métaboliques spectaculaires se produisent au cours du développement de la tomate. Le fruit passe d'un organe vert, capable de subir la photosynthèse, à un fruit rouge rempli de sucres, d'acides organiques, de vitamines A, B et C, de lycopène et de potassium.

Ces composés s'accumulent dans le fruit à différents stades de son développement. Par exemple, au stade 2 et aux premières phases du stade 3, les acides organiques et l'amidon s'accumulent. En revanche, aux dernières étapes de la maturation au stade 3, les niveaux d'acide organique et d'amidon diminuent, tandis que les niveaux de sucre et de lycopène augmentent.

Le changement de couleur observé lors de la maturation tardive est en partie attribuable à la transformation des chloroplastes (qui confèrent au fruit sa couleur verte et assurent la photosynthèse) en chromoplastes (qui stockent les caroténoïdes, y compris le lycopène, qui donnent au fruit sa couleur rouge) à l'intérieur des cellules. La maturation de la tomate est influencée par un certain nombre d'hormones végétales, dont l'éthylène, l'auxine, l'acide abscissique et les brassinostéroïdes. Certaines de ces hormones végétales favorisent la maturation du fruit (éthylène, acide abscissique et brassinostéroïdes), tandis que d'autres l'inhibent (auxine). Les taux d'hormones évoluent également avec le développement du fruit. Le stade 1 est caractérisé par une

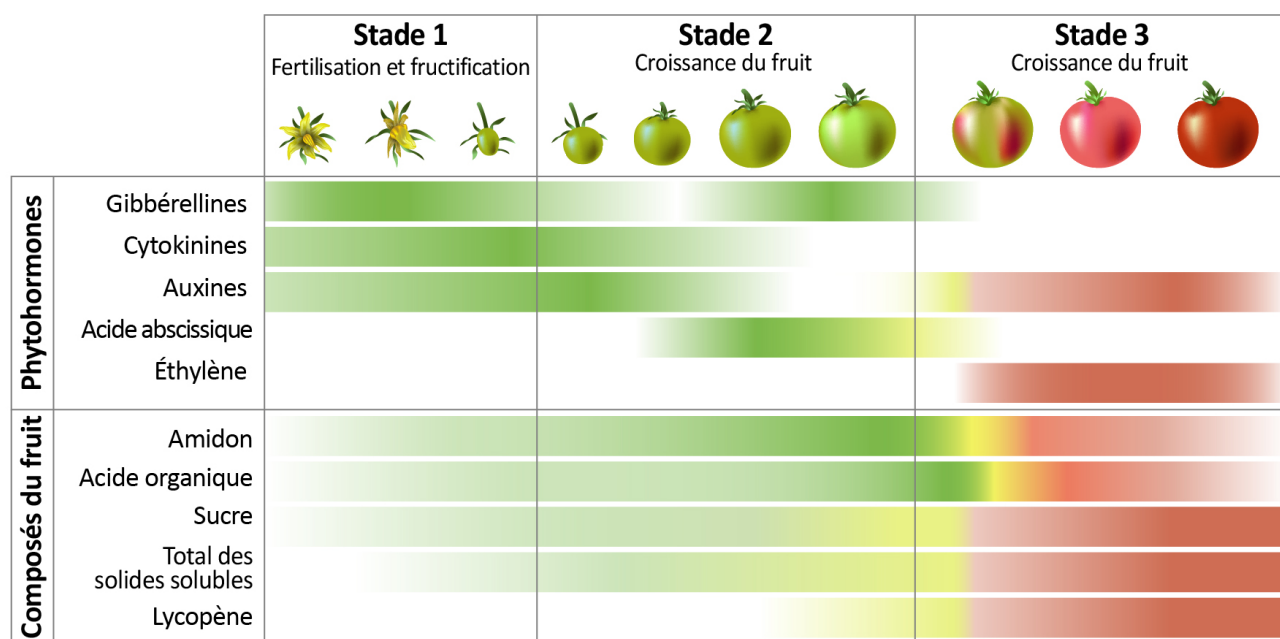


Figure 13. Niveaux d'hormone durant le développement des fruits de tomate. Les couleurs plus foncées indiquent des niveaux d'hormone supérieurs et les couleurs plus claires des niveaux inférieurs.

augmentation de l'auxine. Le stade 2 est associé à une augmentation de l'acide abscissique. Enfin, au stade 3, l'éthylène s'accumule lors des phases finales de maturation et de mûrissement des fruits. En fait, à mesure que la tomate mûrit, on observe une augmentation spectaculaire de 100 à 300 fois de la production d'éthylène et du taux de respiration. Ces modifications dues à l'éthylène permettent aux tomates de mûrir et de mûrir après la récolte, et c'est pourquoi la tomate est considérée comme un « fruit climatérique ». Les fruits non climatériques, comme les fraises, ne poursuivent pas leur maturation après la récolte.

Températures élevées

Des températures élevées affectent chaque stade du développement de la tomate. Si la température dans la serre dépasse 30 °C, la pollinisation échoue et la fructification est réduite au stade 1. Ces conditions nuisent également au développement des fruits au stade 2 et à leur mûrissement au stade 3, menant à l'apparition de troubles physiologiques comme :

- le fendillement des fruits
- le collet vert
- l'échaudage
- la moucheture dorée

Le stress thermique augmente le rythme respiratoire et diminue la photosynthèse dans tout le plant. Des températures élevées et la lumière directe du soleil réduisent également le niveau de lycopène (la couleur rouge) dans le fruit en stimulant sa conversion en β -carotène (la couleur jaune). La formation du lycopène est inhibée au-delà de 30 °C, tandis que la production de β -carotène persiste jusqu'à 40 °C. Par conséquent, une forte chaleur entraîne une accumulation de carotène et une baisse du lycopène.

Outre des températures élevées, l'irradiation directe du soleil pendant l'été joue également un rôle dans la maturation anormale de la tomate. L'exposition directe des fruits à des niveaux élevés de lumière solaire peut élever la température de leurs tissus de 10 °C ou plus au-dessus de la température ambiante. Une exposition de quelques heures à 30 °C empêchera la synthèse normale des pigments, réduisant les niveaux de lycopène et donc la couleur rouge du fruit. Des températures supérieures à 40 °C sont fatales pour le fruit : le tissu exposé meurt, blanchit, se dessèche et forme une couche plate semblable à du papier parchemin sur la zone touchée. C'est caractéristique de l'échaudage.

Fendillement des fruits

Le fendillement des fruits est un trouble physiologique chez la tomate qui peut empêcher sa commercialisation ([Tableau 6](#)). On distingue trois types de fendillements :

1 Fendillement radial des fruits (FRF)

Se produit lorsque des fentes profondes s'étendent du calice (tige) vers le bas du fruit.

2 Fendillement cuticulaire

Se produit lorsque de fines fentes apparaissent à la surface du fruit.

3 Fendillement cutané

Se produit juste avant la récolte à la surface du péricarpe (la chair du fruit de la tomate).

Entre ces différents types de fendillements, le FRF est celui qui cause le plus de problèmes aux producteurs, car il affecte les fruits pendant leur développement. Les cas graves de FRF peuvent rendre les fruits invendables. Le FRF survient à l'intérieur

des cellules du péricarpe plutôt que dans l'espace intercellulaire (entre les cellules). Ce phénomène s'expliquerait par un excès d'eau et de sucre qui s'écoule dans le fruit en croissance, compromettant la structure et l'intégrité des cellules et provoquant leur rupture sous l'effet de la force. Le risque de FRF augmente si la température de l'air dans la serre dépasse 25 °C au début du développement des fruits. À mesure que la température de l'air augmente, le rythme de division et de croissance des cellules du fruit ralentit, ce qui diminue leur nombre et leur taille par rapport à des températures plus froides. Cependant, comme l'eau et les sucres continuent d'être activement importés dans ces fruits à croissance lente, la pression de turgescence devient supérieure à ce que les cellules peuvent supporter, rendant les fruits plus sensibles au FRF. L'humidité entre également en corrélation avec le FRF. Plus les variations d'humidité à l'intérieur de la serre sont importantes entre le jour et la nuit, plus le risque de FRF augmente.

Les changements brutaux de température ou les fortes variations de température entre le jour et la nuit favorisent le fendillement des fruits. Les changements de température entre la nuit et le jour doivent être effectués avant le lever du soleil afin d'éviter la condensation de vapeur d'eau sur les fruits. Une température nocturne basse favorise l'apparition d'une pression négative dans les fruits, tandis qu'une température diurne élevée accroît à la fois les gaz et la pression hydrostatique de la pulpe sur la peau, ce qui entraîne un fendillement dans les fruits mûrs.

Il existe également une relation entre la nutrition des plants et le fendillement des fruits. D'après une étude de Hao et Papadopoulos (2004 b), des niveaux plus élevés de conductivité électrique (CÉ) dans les solutions nutritives hydroponiques sont associés à une fermeté et à une élasticité accrues des fruits et à une réduction du fendillement. Plus précisément, des teneurs

élevées en calcium (Ca) et en magnésium (Mg) augmentent l'élasticité et la fermeté des fruits, respectivement, ce qui réduit les risques de fendillement. Toutefois, si les taux de magnésium sont trop élevés, alors le fruit devient trop ferme, ce qui accroît sa vulnérabilité au fendillement. Par conséquent, le ratio calcium-magnésium constitue un facteur important à prendre en compte relativement au fendillement des fruits.

Une étude de Peet et Willitis (1995) montre également que le volume d'irrigation a une incidence sur le fendillement des fruits. Lorsque les tomates de serre sont irriguées avec des volumes croissants de solution nutritive, on observe que le nombre et le poids des fruits tendent à augmenter, tandis que leur qualité diminue progressivement, car une irrigation plus abondante favorise le fendillement. On pense qu'un arrosage excessif augmente la pression de turgescence dans les fruits en cours de développement, entraînant leur fendillement. Les producteurs devraient surveiller le volume de lixiviat provenant de leurs cultures pour s'assurer que leur arrosage n'est ni insuffisant ni excessif.

Le dernier facteur abordé ici pouvant influencer le fendillement des fruits est le nombre de fruits par grappe. Selon une étude de Demers et coll. (2007), le fait d'accroître le nombre de fruits par grappe des tomates Beefsteak en été améliore la qualité des fruits, tout en réduisant l'incidence du fendillement. Les auteurs suggèrent donc de réduire le nombre de fruits par grappe pendant les saisons froides et de l'augmenter pendant les saisons chaudes, afin d'adapter le rythme de croissance des fruits aux conditions environnementales. Un nombre réduit de fruits par grappe par temps froid favorise le développement de fruits plus gros, tandis qu'un nombre accru de fruits par grappe par temps chaud diminue leur taille, mais améliore leur qualité en limitant le fendillement. Selon les auteurs de l'étude,

le nombre optimal de tomates Beefsteak par grappe devrait être de 3 fruits par grappe au printemps et à l'automne, et ce nombre devrait être porté à 5 fruits par grappe à mesure que les températures augmentent en été.

Collet vert

Le collet vert (également appelé « collet jaune ») est caractérisé par l'apparition d'un tissu vert ou jaune sous l'épiderme, près de la tige du fruit (le collet) (Tableau 6). À mesure que le fruit mûrit, ces zones ont tendance à verdigrer et à jaunir, sans jamais parvenir à une maturation adéquate, ce qui entraîne l'apparition du collet vert. Le tissu est souvent dur, même lorsque le reste de la tomate est mûr. Le collet vert est considéré comme un trouble de la maturation. Comme d'autres troubles de la maturation, il est plus courant chez les cultivars qui ne possèdent pas le gène de la « maturation uniforme ». Précisons toutefois que les troubles de la maturation ne sont pas strictement d'ordre génétique. En effet, ils sont également associés à des facteurs environnementaux, parmi lesquels des niveaux élevés de température, de luminosité, d'humidité relative et de nutrition lors de la récolte.

Les températures élevées réduisent la photosynthèse, ainsi que la quantité d'eau et de sucres qui sont transportés vers les fruits et les feuilles. L'absence de photosynthétats (produits de la photosynthèse) transportés par le phloème vers les fruits, les fleurs et les graines limite la quantité de nutriments qu'ils reçoivent. Ce phénomène entraîne un certain nombre de carences, notamment une carence en potassium (K). Les principaux troubles physiologiques associés à une carence en potassium sont les troubles de la maturation, tels que le collet vert. On pense que le potassium joue un rôle important dans le collet vert parce que le risque est plus grand que les fruits de tomate soient atteints par ce trouble s'ils présentent une

carence en potassium. De plus, les fruits de tomate atteints du collet vert affichent des niveaux moins élevés de potassium que les fruits normaux. Un des premiers symptômes de la carence en potassium est la nécrose marginale des feuilles, qui est caractérisée par le jaunissement et le brunissement des pointes des feuilles plus anciennes. Le potassium est un élément très mobile chez les plants, car il circule principalement par le phloème. En cas de carence chez le plant, le potassium est transporté des parties plus âgées (les feuilles) vers les organes plus jeunes en croissance (les fruits). C'est pourquoi l'apparition de nécrose marginale sur les feuilles plus âgées et plus basses indique généralement une carence en potassium. L'augmentation de la concentration de potassium et de phosphore (P) dans la solution nutritive permet de favoriser l'absorption de potassium et de réduire l'apparition du collet jaune. Pour en savoir plus sur les symptômes de carence nutritive, voir la publication 836B, chapitre 12 : *Nutriments et tests d'analyse*.

Le collet vert se développe également lorsque le fruit est exposé à la lumière directe du soleil pendant son développement. Rappelons que la lumière directe du soleil dégrade le pigment rouge du lycopené. Plus particulièrement, le collet vert est affecté par le rayonnement infrarouge et à ondes courtes. L'intensité de la lumière rouge exerce également un effet positif sur la synthèse du pigment caroténoïde vert-jaune qui contribue au jaunissement des tissus du fruit.

Une stratégie multidimensionnelle recommandée pour réduire l'occurrence du collet vert à des températures élevées consiste notamment à accroître l'ombrage des fruits et à favoriser l'absorption du potassium. Par exemple, un supplément de phosphore peut considérablement améliorer la croissance des feuilles supérieures qui donnent de l'ombre aux fruits en cours de développement, situés au niveau de la

partie inférieure du plant. Un tel supplément favorisera, en outre, l'absorption du potassium, ainsi que d'autres éléments nutritifs, tels que l'azote (N), le calcium (Ca) et le magnésium (Mg).

Échaudage

En plus de développer le collet vert, les fruits immatures exposés à la lumière directe du soleil mûrissent de façon inégale. Des taches jaunes apparaissent alors sur le côté du fruit de tomate. Ce trouble est appelé échaudage, insolation ou grillage. Comme dans le cas du collet vert, la texture des zones touchées est tannée et plus ferme que les tissus environnants. Ces zones jaunes ont parfois une apparence marbrée et une surface déprimée (Tableau 6). Contrairement au collet vert, qui aurait une composante génétique, l'échaudage est davantage associé aux conditions environnementales. Ce trouble survient lorsque le péricarpe (la partie charnue) du fruit atteint des températures supérieures à 40 °C. Comment les fruits peuvent-ils atteindre des températures aussi élevées? Les fruits qui sont directement exposés à une forte lumière du soleil, sans ombre, peuvent afficher 10 °C de plus que l'air ambiant. Le degré de dommage subi par le fruit varie en fonction de l'intensité de la lumière, de la qualité du spectre lumineux, de la température et de la durée de l'exposition. Pour limiter l'échaudage, des méthodes efficaces consistent notamment à favoriser la croissance des feuilles supérieures qui apportent de l'ombre aux fruits pendant la croissance et à appliquer un badigeon sur le vitrage pour atténuer l'exposition des plants à la lumière directe du soleil.

Moucheture dorée

Des taches jaunes et des mouches sont souvent observées autour du calice et des épaules des fruits matures durant la production estivale. C'est ce que l'on appelle la moucheture dorée (Tableau 6). Avant que

les tomates ne deviennent mûres, ces taches sont blanches. Elles sont moins présentes dans le fruit vert.

Il a été établi que la moucheture dorée correspond à des cellules contenant des cristaux d'oxalate de calcium. Ces minuscules taches jaunâtres mesurent généralement moins de 0,1 µm de large et se retrouvent souvent autour du calice et des collets. Leur présence affecte l'apparence externe des fruits et réduit leur durée de conservation. Contrairement à la nécrose apicale qui est associée à une carence en calcium (Ca), la moucheture dorée résulte d'un excès de calcium dans le fruit. Lorsque l'environnement de la serre ne favorise pas la transpiration par les feuilles, comme lorsque le taux d'humidité est élevé, une plus grande quantité de calcium est transportée vers les fruits que les feuilles. Ce phénomène s'explique par le fait que le calcium est un élément immobile. Autrement dit, il est principalement transporté dans le xylème avec l'eau, contrairement au potassium (K), principalement transporté dans le phloème avec les sucres. De ratios élevés de calcium-potassium et des taux plus élevés de phosphore (P) favorisent également l'absorption du calcium et peuvent accroître les concentrations de calcium dans le fruit et l'incidence de la moucheture dorée. Il est possible de gérer la moucheture dorée en augmentant l'azote (NO₃) ou le magnésium (Mg) ou en réduisant le chlorure (Cl) ou l'ammonium (NH₄) dans la solution nutritive, afin de réduire l'absorption du calcium (Ca). Il est également possible de diminuer la prévalence de ce trouble en évitant les cultivars qui y sont sensibles. Par exemple, les cultivars résistants à la nécrose apicale sont plus sujets à la moucheture dorée, car ils absorbent plus efficacement le calcium.

La température du système racinaire a également une incidence sur le rythme d'absorption des nutriments. Par exemple, l'augmentation de la température du système racinaire de 14 °C augmente le taux

d'absorption du calcium et du potassium de 45 % et de 64 %, respectivement. Il est donc important d'éviter que la température de l'irrigation fertilisante n'augmente trop. Il y a un équilibre délicat à trouver entre un apport de calcium suffisant pour éviter la nécrose apicale, mais pas excessif pour éviter la moucheture dorée.

Conclusions et recommandations

Il est possible d'éviter plusieurs des troubles physiologiques présentés ici en veillant à l'ombrage de la serre et (ou) des fruits durant l'été. On peut ainsi enduire l'extérieur de la serre de produits de vitrage pour atténuer la quantité de lumière qui pénètre dans la serre et (ou) utiliser des rideaux d'ombre. Favoriser le développement des feuilles supérieures afin de procurer de l'ombre aux fruits qui se développent au-dessous peut également contribuer à réduire l'exposition des fruits à la lumière directe du soleil. Le refroidissement par brouillard est une autre technique qui peut être utilisée pour maîtriser les températures dans la serre. Enfin, la surveillance des carences nutritives, l'ajustement en conséquence de la composition nutritionnelle de l'irrigation de fertilisation et l'adaptation des techniques d'irrigation suivant l'évolution des conditions de croissance sont autant de moyens permettant de lutter contre ces troubles physiologiques.

Références

- Aslani et al. 2020. *The relationship between tomato fruit growth, incidence of blossom-end rot and phytohormone content as affected by sink/source ratio*. Annals of Applied Biology. 2:1.
- Barickman et al. 2019. *Applications of Abscisic Acid and Increasing Concentrations of Calcium Affect the Partitioning of Mineral Nutrients between Tomato Leaf and Fruit Tissue*. Horticulturae. 5:49.
- Demers et al. 2007. *Yield and Russetting of Greenhouse Tomato as Influenced by Leaf-to-fruit Ratio and Relative Humidity*. HortScience. 42:503.
- Dorais et al. 2000. *Greenhouse Tomato Fruit Quality*. Horticultural Reviews. 26:239.
- Gaion et al. 2019. *Amplification of gibberellins response in tomato modulates calcium metabolism and blossom end rot occurrence*. Scientia Horticulturae. 246:498.
- Hagassou et al. 2019. *Blossom end-rot in tomato (Solanum lycopersicum L.): A multi-disciplinary overview of inducing factors and control strategies*. Scientia Horticulturae. 249:49.
- Hao and Papadopoulos. 2004a. *Effects of Calcium and Magnesium on Plant Growth, Biomass Partitioning, and Fruit Yield of Winter Greenhouse Tomato*. HortScience. 39:512.
- Hao and Papadopoulos. 2004b. *Effects of Electrical Conductivity and Mineral Nutrition on Fruit Radial*. Acta Hort. 633:365.
- Hernandez-Perez et al. 2019. *Tomato Fruit Yield, Quality, and Nutrient Status in Response to Potassium: Calcium Balance and Electrical Conductivity in the Nutrient Solution*. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 20:484.
- Hou et al. 2020. *Responses of water accumulation and solute metabolism in tomato fruit to water scarcity and implications for main fruit quality variables*. Journal of Experimental Botany. 71:1249.
- Indeche et al. 2020. *Effect of Defoliation on Blossom-end Rot Incidence and Calcium Transport into Fruit of Tomato Cultivars Under Moderate Water Stress*. The Horticulture Journal. 89:22.
- Marten et al. 2020. *Short- and long-term phenotypic changes of hydroponically grown tomatoes as a result of seedling production substrates*. European Journal of Horticulture Science. 85:92.
- Mayorga-Gomez et al. 2020. *Temporal Relationship between Calcium and Fruit Growth and Development in Bell Pepper (Capsicum annum L.)*. HortScience. 55:906.
- Millones-Chanamé et al. 2019. *Inheritance of blossom end rot resistance induced by drought stress and of associated stomatal densities in tomatoes*. Euphytica. 215:120.
- Mulholland et al. 2003. *Effects of high temperature on tomato summer fruit quality*. Journal of Horticultural Sciences and Biotechnology. 78:365.
- Peet. 2009. *Physiological Disorders in Tomato Fruit Development*. Acta Hor. 821:16.
- Peet and Willitis. 1995. *Role of Excess Water in Tomato Fruit Cracking*. HortScience. 30:65.
- Quinet et al. 2019. *Tomato Fruit Development and Metabolism*. Frontiers in Plant Science. 10:1554.
- Riboldi et al. 2019. *24-Epibrassinolide Mechanisms Regulating Blossom-End Rot Development in Tomato Fruit*. Journal of Plant Growth Regulation. 38:812.
- Saltveit. 2005. *Tomatoes: Chapter 5, Fruit Ripening and Fruit Quality*. CABI Publishing.
- Shao et al. 2018. *Relationship between rhizosphere soil properties and blossom-end rot of tomatoes in coastal saline-alkali land*. Applied Soil Ecology. 127:96.
- Suzuki. 2019. *Physiological Disorders and Their Management in Greenhouse Tomato Cultivation at High Temperatures*. Adaptation to Climate Change in Agriculture. Springer Publishing, pp 81.
- Zhang et al. 2018. *Fruit yellow-shoulder disorder as related to mineral element uptake of tomatoes grown in high temperature*. Scientia Horticulturae. 242:25.

Crédits photographiques (Tableau 6)

Fruit anguleux, Source : Copilot pour Microsoft 365 Consulté le 24 octobre 2025
Invite : Générer une image de tomate anguleuse.

Réponse : Voici une image générée d'une tomate anguleuse, montrant une forme carrée avec des bords définis et des côtés légèrement aplatis, typique de certaines variétés de serre qui sont cultivées pour leur uniformité et leur fermeté.

Face de chat, Source : Copilot pour Microsoft 365 Consulté le 24 octobre 2025
Invite : Génère une image de tomate présentant une face de chat.

Réponse : Voici une image générée d'une tomate présentant le trouble de la face de chat, caractérisé par de profondes cicatrices et une déformation à proximité de l'extrémité florale, ce qui s'explique souvent par des températures froides durant le développement floral ou une pollinisation incomplète.

Moucheture dorée, Source : Shutterstock, 55417714 – vue de dessus de tomates cerises.

Bouffissure ou cœur creux,

Source : Copilot pour Microsoft 365 Consulté le 24 octobre 2025

Invite : Génère une image de tomate atteinte de la bouffissure ou du cœur creux.

Réponse : Voici une image générée d'une tomate atteinte de la bouffissure ou du cœur creux, un trouble caractérisé par des lobes irréguliers et une cavité creuse à l'intérieur du fruit, souvent en lien avec une pollinisation insuffisante ou un déséquilibre nutritif.

Invite : Produis une image sans trou dans le fruit.

Réponse : Voici l'image actualisée d'une tomate atteinte de la bouffissure ou du cœur creux, maintenant sans trou externe, montrant la forme lobée et irrégulière caractéristique du trouble, la surface demeurant intacte.

Moucheture dorée, Source : Shutterstock, 1789398950 – Insolation ou échaudage sur des fruits de tomate.

Annexe A. Ressources ministérielles

Centre d'information agricole

Fournit des renseignements techniques et commerciaux à l'échelle de la province aux fermes commerciales et aux agroentreprises.

Tél. : 1 877 424-1300

Courriel : ag.info.MAAAO@ontario.ca

ONGreenhouseVegetables

Pour les dernières informations sur les sujets suivants :

- l'agriculture commerciale en environnement contrôlé, y compris les fruits de serre, les légumes et l'agriculture verticale
- les mises à jour opportunes et des informations techniques sur la production et la lutte intégrée contre les ravageurs
- les ateliers et les webinaires de la série éducative GrowON
- les cours sur les légumes de serre

Visitez le blogue sur le site Web

ONGreenhouseVegetables.ca

Portail ontarien pour la protection des cultures

Utilisez cet outil sur n'importe quel appareil pour trouver :

- Les concentrations et les protocoles d'épandage appropriés pour les insecticides, fongicides et herbicides homologués
- Des renseignements à jour sur l'efficacité des produits contre les ennemis des cultures
- Des stratégies d'épandage pour favoriser l'intendance environnementale
- Des renseignements pour aider les producteurs à gérer la résistance aux pesticides

Visitez le portail ontarien pour la protection des cultures au Ontario.ca/protectiondescultures

Llcultures

Des renseignements sur la LI au bout de vos doigts.

Le nouvel outil de Llcultures comprend :

- Des renseignements à jour sur la LI pour les principaux ennemis des cultures de l'Ontario
- Une nouvelle fonction d'identification pour vous aider à identifier les ennemis des cultures et les problèmes
- Une offre accrue de renseignements propres aux cultures
- Des calendriers de dépistage
- Des comparaisons entre des ennemis des cultures souvent confondus
- Des détails sur les analyses de sol et les lésions causées par les herbicides

Visitez l'outil de Llcultures au [Ontario.ca/licultures](https://ontario.ca/licultures)



Annexe B. Autres ressources

Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC)

Agriculture et Agroalimentaire Canada soutient le secteur agricole et agroalimentaire canadien par l'intermédiaire d'initiatives qui favorisent l'innovation et la compétitivité.

<https://agriculture.canada.ca/fr>

Centres de recherche d'AAC

<https://agriculture.canada.ca/fr/science/centres-recherche-lagriculture-lagroalimentaire>

Agence canadienne d'inspection des aliments — Protection des végétaux

Services et informations sur les phytoravageurs et les espèces envahissantes, l'importation, l'exportation, le commerce, les engrais, le sol et les matières liées au sol, les céréales et les grandes cultures, les semences, le cannabis, la foresterie, l'horticulture. <https://inspection.canada.ca/fr/protection-vegetaux>

Canadian Greenhouse Conference

La Canadian Greenhouse Conference est une organisation à but non lucratif et le

principal événement et point de connexion du Canada pour les producteurs commerciaux de cultures produites dans un environnement contrôlé.

<https://www.canadiangreenhouseconference.com/>

Greenhouse Canada

Magazine d'affaires national publié exclusivement pour les serriculteurs commerciaux au Canada.

<https://www.greenhousecanada.com/>

Université de Guelph — Agriculture végétale

Le département de biologie végétale appliquée le plus important et le plus diversifié du Canada. Un département à forte intensité de recherche au sein du Collège d'agriculture de l'Ontario dédié à l'enseignement, à la recherche et aux services liés aux cultures horticoles, au gazon, aux espèces paysagères et aux grandes cultures. www.plant.uoguelph.ca

Division des services de laboratoire

www.uoguelph.ca/labserv/

Annexe C. Système métrique et abréviations

Unités du SI

Unités de longueur

10 millimètres (mm) = 1 centimètre (cm)

100 centimètres (cm) = 1 mètre (m)

1 000 mètres = 1 kilomètre (km)

Unités de surface

100 m × 100 m = 10 000 m² = 1 hectare (ha)

100 ha = 1 kilomètre carré (km²)

Unités de volume

Mesure de solides

1 000 millimètres cubes (mm³) = 1 centimètre cube (cm³)

1 000 000 cm³ = 1 mètre cube (m³)

Mesure de liquides

1 000 millilitres (mL) = 1 litre (L)

100 L = 1 hectolitre (hL)

Équivalences poids-volume (pour l'eau)

(1,00 kg) 1 000 grammes = 1 litre (1,00 L)

(0,50 kg) 500 g = 500 ml (0,50 L)

(0,10 kg) 100 g = 100 ml (0,10 L)

(0,01 kg) 10 g = 10 ml (0,01 L)

(0,001 kg) 1 g = 1 ml (0,001 L)

Unités de poids

1 000 milligrammes (mg) = 1 gramme (g)

1 000 g = 1 kilogramme (kg)

1 000 kg = 1 tonne (t)

1 mg/kg = 1 partie par million (ppm)

Équivalences solides-liquides

1 cm³ = 1 mL

1 m³ = 1 000 L

Conversions métriques

5 ml = 1 c. à thé

15 ml = 1 c. à soupe

28,5 mL = 1 oz liq.

Facteur de conversion métrique pratique (approximatif)

litre/hectare × 0,4 = litre/acre

kilogramme/hectare × 0,4 = kilogramme/acre

Conversions des taux d'application

Métrique vers impérial ou américain (É.-U.A.) (approximatif)

litres par hectare × 0,09 = gallons imp. par acre

litres par hectare × 0,11 = gallons américains par acre

litres par hectare × 0,36 = pintes imp. par acre

litres par hectare × 0,43 = pintes américaines par acre

litres par hectare × 0,71 = chopines imp. par acre

litres par hectare × 0,86 = chopines É.-U.A. par acre

millilitres par hectare × 0,014 = onces liquides É.-U.A. par acre

grammes par hectare × 0,014 = onces par acre

kilogramme/hectare × 0,89 = livre par acre

tonnes par hectare × 0,45 = tonnes par acre

Impérial ou américain (É.-U.A.) à métrique

Gallons imp. par acre × 11,23 = litres par hectare (L/ha)

Gallons É.-U.A. par acre × 9,35 = litres par hectare (L/ha)

Pintes imp. par acre × 2,8 = litres par hectare (L/ha)

Pintes É.-U.A. par acre × 2,34 = litres par hectare (L/ha)

Chopines imp. par acre × 1,4 = litres par hectare (L/ha)

Chopines É.-U.A. par acre × 1,17 = litres par hectare (L/ha)

Onces liquides imp. par acre × 70 = millilitres par hectare (mL/ha)

Onces liquides É.-U.A. par acre × 73 = millilitres par hectare (mL/ha)

tonnes par acre × 2,24 = tonnes par hectare (t/ha)

livres par acre × 1,12 = kilogrammes par hectare (kg/ha)

livres par acre × 0,45 = kilogrammes par acre (kg/acre)

onces par acre × 70 = grammes par hectare (g/ha)

Conversions des unités de poids sec (approximatives)

Métrique	Impérial
grammes ou kilogrammes/hectare	onces ou livres/acre

100 g/ha = 1 ½ oz/acre

200 g/ha = 3 oz/acre

300 g/ha = 4 ¼ oz/acre

500 g/ha = 7 oz/acre

700 g/ha = 10 oz/acre

1,10 kg/ha = 1 lb/acre

1,50 kg/ha = 1 ¼ lb/acre

2,00 kg/ha = 1 ¾ lb/acre

2,50 kg/ha = 2 ¼ lb/acre

3,25 kg/ha = 3 lb/acre

4,00 kg/ha = 3 ½ lb/acre

5,00 kg/ha = 4 ½ lb/acre

6,00 kg/ha = 5 ¼ lb/acre

7,50 kg/ha = 6 ¾ lb/acre

9,00 kg/ha = 8 lb/acre

11,00 kg/ha = 10 lb/acre

13,00 kg/ha = 11 ½ lb/acre

15,00 kg/ha = 13 ½ lb/acre

Tables de conversion - métriques en impériales (approximatives)

Longueur

1 millimètre (mm) = 0,04 pouce

1 centimètre (cm) = 0,40 pouce

1 mètre (m) = 39,40 pouces

1 mètre (m) = 3,28 pieds

1 mètre (m) = 1,09 verge

1 kilomètre (km) = 0,62 miles

Surface

1 centimètre carré (cm²) = 0,16 pouce carré

1 mètre carré (m²) = 10,77 pieds carrés

1 mètre carré (m²) = 1,20 verge carrée

1 kilomètre carré (km²) = 0,39 mille carré

1 hectare (ha) = 107 636 pieds carrés

1 hectare (ha) = 2,5 acres

Volume (solides)

1 centimètre cube (cm ³) = 0,061 pouce cube
1 mètre cube (m ³) = 1,31 verge cube
1 mètre cube (m ³) = 35,31 pieds cubes
1 000 mètres cubes (m ³) = 0,81 acre-pied
1 hectolitre (hL) = 2,8 boisseaux

Volume (liquides)

1 millilitre (mL) = 0,035 once liquide (Imp.)
1 litre (L) = 1,76 pinte (Imp.)
1 litre (L) = 0,88 pinte (Imp.)
1 litre (L) = 0,22 gallon (Imp.)
1 litre (L) = 0,26 gallon (US)

Poids

1 gramme (g) = 0,035 once
1 kilogramme (kg) = 2,21 livres
1 tonne (t) = 1,10 tonne courte
1 tonne (t) = 2 205 livres

Pression

1 kilopascal (kPa) = 0,15 lb/po ²
--

Vitesse

1 mètre par seconde = 3,28 pieds par seconde
1 mètre par seconde = 2,24 miles par heure
1 kilomètre par heure = 0,62 mile par heure

Température

$$^{\circ}\text{F} = (^{\circ}\text{C} \times 1,8) + 32$$

Tables de conversion - impériales en métriques (approximatives)

Longueur

1 pouce = 2,54 cm
1 pied = 0,30 m
1 yard = 0,91 m
1 mille = 1,61 km

Surface

1 pied carré = 0,09 m ²
1 yard carré = 0,84 m ²
1 acre = 0,40 ha

Volume (solides)

1 verge cube = 0,76 m ³
1 boisseau = 36,37 L

Volume (liquides)

1 once de liquide (imp.) = 28,41 ml
1 pinte (imp.) = 0,57 L
1 gallon (imp.) = 4,55 L
1 gallon (US) = 3,79 L

Poids

1 once = 28,35 g
1 livre = 453,6 g
1 tonne = 0,91 tonne

Pression

1 livre par pouce carré = 6,90 kPa

Température

$$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) \times .5556$$

Abbreviations

% = pour cent
cm = centimètre
cm ² = centimètre carré
CÉ = conductivité électrique
p. ex. = par exemple
g = gramme
h = heure
ha = hectare
HP = cheval-vapeur
J = joule
kg = kilogramme
km/h = kilomètres par heure
kPa = kilopascal
L = litre
m = mètre
m ² = mètre carré
mJ = millijoule
mL = millilitre
mol = mole
mm = millimètre
mS = milliSiemes
m/s = mètres par seconde
nm = nanomètres
ppm = parties par million
s ou sec = seconde
t = tonne
μ = micro
μm = micromètres
μmol = micromole
W = Watts

Abbréviation des nutriments

B = Bore
Ca = Calcium
Cl = Chlorure
Cu = Cuivre
Fe = Fer
HCO ₃ = Bicarbonate
K = Potassium
Mg = Magnésium
Mn = Manganèse
Mo = Molybdène
N = Azote
NH ₄ = Ammonium
P = Phosphore
S = Soufre
Zn = Zinc



ontario.ca/cultures