



Guide de production
POIVRON ET TOMATE
BIOLOGIQUES SOUS ABRIS



GROUPE
PLEINE TERRE
AGRONOMIE • ENVIRONNEMENT

Québec 

Droits d'auteurs et financements

Le guide de production : Poivron et tomate biologiques sous abris, est la propriété du Club Bio-Action et du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ).

Cet ouvrage a pu être réalisé grâce aux aides financières du Programme Innov'Action agroalimentaire, issu de l'accord *Cultivons l'avenir 2* conclu entre le MAPAQ et Agriculture et Agroalimentaire Canada, et du Programme d'appui au développement de l'agriculture et de l'agroalimentaire en région du MAPAQ.



Avertissements

Au moment de sa rédaction (années 2018 et 2019), l'information contenue dans le présent guide était jugée représentative des pratiques agricoles concernées et son utilisation demeure sous l'entière responsabilité du lecteur. Certains renseignements pouvant avoir évolué de manière significative depuis la rédaction de cet ouvrage, le lecteur est invité à en vérifier l'exactitude avant de les mettre en application. Dans le présent document, le masculin est utilisé sans aucune discrimination et uniquement dans le but d'alléger le texte.

Crédits photographiques

La source des photos est citée en bas de chacune d'entre elles. La photo de la page finale est de Johanne Breton de Les Jardins Naturlutte. Toutes les autres photos ou figures non identifiées ont été prises ou réalisées soit par Sophie Guimont du Club Bio-Action partenaire du Groupe Pleine Terre inc. ou par Christine Villeneuve du MAPAQ.

Rédaction

Sophie Guimont, agronome, Club Bio-Action du Groupe Pleine Terre. Chapitres : 1-2-5-7-8-9- Réglementations et normes

Christine Villeneuve, agronome, MAPAQ, Montérégie-Ouest. Chapitres 1-3-4-6-8 (Paillis et couvre-sols)-10

Yveline Martin, agronome, Club Bio-Action du Groupe Pleine Terre. Chapitres : 5-8 (Irrigation)- Réglementations et normes

Jenny Leblanc, agronome, MAPAQ, Capitale-Nationale. Chapitres 1-2-8 (Paillis et couvre-sols)

Geneviève Legault, agronome, M.Sc., MAPAQ, Estrie. Chapitres 5-11

Anne Le Mat, agr. agroéconomiste, MBA, CETAB+. Chapitre 11

Philippe-Antoine Taillon, agronome, MAPAQ, Capitale-Nationale. Chapitre 11

Coordination

Sophie Guimont, agronome, Club Bio-Action du Groupe Pleine Terre

Christine Villeneuve, agronome, MAPAQ, Montérégie-Ouest

Révision scientifique et technique

Karine Bertrand, agronome, Club Bio-Action du Groupe Pleine Terre

Jean-Marc Boudreau, ingénieur agronome, consultant

Marie Thérèse Charles, Ph. D., Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de Développement de Saint-Jean-sur-Richelieu

Valérie Bouthillier-Grenier, agronome, M.Sc., Groupe Pleine Terre

Sébastien Couture, agronome, M.Sc., Climax Conseils

Richard Favreau, Ferme Val-aux-Vents

Laurence Gendron, agroéconomiste, M.Sc., MAPAQ Mauricie

Hélène Grondines, agroéconomiste, CRAAQ

Sophie Guimont, agronome, Club Bio-Action du Groupe Pleine Terre

Riva Khanna, agronome, Club Bio-Action du Groupe Pleine Terre

Liette Lambert, agr. MAPAQ, Montérégie Ouest

Johanne Lebeuf, La Terre Ferme

Élisabeth Lefrançois, agronome, M.Sc., MAPAQ, Montérégie-Est

Geneviève Legault, agronome, M.Sc., MAPAQ Estrie

Yveline Martin, agronome, Club Bio-Action du Groupe Pleine Terre

Caroline Martineau, agronome, MAPAQ Estrie

Michel Sénécal, agronome, Culture en serre

Nadia Surdek, agronome, Groupe Pleine Terre inc.

Philippe-Antoine Taillon, agronome, MAPAQ, Capitale-Nationale

Christine Villeneuve, agronome, MAPAQ, Montérégie-Ouest

Anne Weill, agronome, Ph. D., CETAB +

Collaboration

René Audet, M.Sc., agrométéorologue, Agriculture et Agroalimentaire Canada

Daniel Bergeron, agr. M.Sc., MAPAQ, Capitale-Nationale

Dany Boudreault, dta, Climax Conseils

Steve Lamothe, M.Sc., CRAM

Mario Leblanc, M.Sc., MAPAQ, Montérégie-Ouest

Jacques Thériault, agr. M.Sc., Climax Conseils

Industries : Dubois Agrinovation, Groupe Horticole Ledoux, Norseco S.E.C., Patrick Martineau pour Plant Products inc, Récoltech, Semences Seminova, Semences Stokes, Serres Guy Tessier, Serres Harnois, Teris.

Remerciements

Le Club Bio-Action et le MAPAQ remercient toutes les fermes qui ont généreusement partagé leurs expériences lors de la réalisation de ce guide :

L'Abri Végétal, La Fermette, La Ferme de la Berceuse, Ferme la Bourrasque, Ferme Cadet-Roussel s.e.n.c., Ferme Coopérative Tourne-Sol, Ferme de la Coulée Douce, Ferme du Coq à l'Âne de Bury, La Ferme Quatre-Temps, Ferme des Ruisseaux, Ferme du Château Bar, Ferme Sanders, Ferme Val-aux-Vents, Ferme les 3 Samson, Le Filon Maraîcher, Les Jardins d'Arlington, Les Jardins Bio Campanipol, Les Jardins Bio du Solstice, Le Jardin des Funambules, Les Jardins de l'Arpenteuse, Les Jardins de la Chevrotière, Les Jardins de la Grelinette, Les Jardins de la Mescla, Les Jardins Naturlutte, COOP de solidarité Les Jardins du Pied de Céleri, Les Jardins de la Pinède, Les Jardins de Tessa, Les Jardins Vertige, Aux Petits Oignons, Les potagers des nues mains, Au Potager du Paysan inc., Serres Michel Jetté et Réjeanne Huot s.e.n.c., La Terre Ferme, Le Vallon des Sources.

Édition

Karine Fortier-Brunelle, agronome, MAPAQ, Laurentides

Élisabeth Lefrançois, agronome, M.Sc., MAPAQ, Montérégie-Est

Christine Villeneuve, agronome, MAPAQ, Montérégie-Ouest

Mise en page

Noro Hanitra Rabetafika, MAPAQ, Montérégie-Ouest

Conception graphique

Véronique Michaud, CRAAQ, (pages couvertures et dessins du chapitre 6)

Pour informations et commentaires

Sophie Guimont, agronome, Club Bio-Action du Groupe Pleine Terre

sguimont@pleineterre.com

Dépôt électronique

Février 2020

PRÉFACE

Faire le choix de devenir un maraîcher biologique, c'est opter pour un métier qui en contient plusieurs. Il exige beaucoup de travail physique, des connaissances techniques et scientifiques, des talents de vendeur et surtout une passion indéfectible pour l'agriculture et l'environnement.

Le fait de réaliser son projet au Québec ajoute quelques défis supplémentaires, un peu de piquant à l'aventure. Les grands vents, à la pointe de l'île d'Orléans, les gels hâtifs ou tardifs dans les terrains montagneux, les périodes de canicule ou encore la forte pluie s'invitent dans notre milieu de travail pour nous rappeler que la nature aura toujours son mot à dire.

Que votre projet soit encore sur papier ou que votre ferme soit en action depuis longtemps, les équipements destinés à protéger les plantes des aléas du climat sont devenus presque essentiels, surtout chez les fermiers qui cultivent une grande diversité de produits. De la simple bâche jusqu'à la serre chauffée, nous désirons tous protéger, contrôler un peu plus nos cultures, qui seront aussi notre source de revenus.

Dans la région de Québec, de zone climatique 4, où la neige est abondante et les vents fort présents, la situation est tout autre qu'au sud de la province. Notre ferme, située à Lévis, a donc choisi de s'équiper avec des serres et des tunnels dès ses débuts en 1987. Dans notre cas, ce n'était pas une option, mais bien un prérequis pour faire pousser des légumes qui réclament de la chaleur.

La situation de chaque ferme étant différente, l'équipement choisi le sera aussi, mais quelques points restent universels :

- Puiser à différentes sources d'information avant de faire des achats. Lectures, visites chez des producteurs, discussions avec des conseillers de divers horizons (agronomes, représentants, etc.) aident à effectuer les bons choix.
- S'équiper graduellement pour apprendre à bien gérer son matériel : le montage, les portes, les ouvertures de côté, le déneigement...
- Pour la gestion des cultures, faire partie d'un club d'encadrement technique avec des agronomes et professionnels spécialisés. C'est l'un des meilleurs outils pour réussir tout en apprenant.
- Observer, prendre des notes, être vigilant pour faire le lien entre ses connaissances et ses observations, penser aux détails. C'est le producteur qui est responsable des décisions, qu'elles soient bonnes ou moins bonnes. Comme le dit le dicton : « Ayez l'œil ouvert et le bon ! »
- Dans les serres, faire preuve de la plus grande prudence quant à la qualité des intrants, le compost et l'eau d'irrigation particulièrement. Il est plus compliqué de régler un problème de sol dans un abri qu'à l'extérieur. La qualité est donc une priorité.

- Conserver le contrôle de sa culture. Que ce soit la demande en eau, la chaleur, l'humidité ou le contrôle des insectes, la situation évolue rapidement sous les bâches et dans les abris froids ou chauffés. Tout change parfois du jour au lendemain.

À notre ferme, au fil des ans, nous avons pu expérimenter différentes façons de faire et en constater l'utilité par exemple les tunnels chenilles et les bâches, le palissage à la verticale, la culture sur table, l'ajout de systèmes automatisés de ventilation et de chauffage, etc.

Tous ces équipements sont là pour vous aider, mais la base de tout demeure une bonne connaissance du sol et des plantes. Pour ma part, mon plus grand plaisir reste de travailler avec le sol et les végétaux, deux mondes plutôt silencieux, mais qui s'expriment si bien à leur façon.

Un extrait des paroles de la chanson de Gilles Vigneault « Les beaux métiers » exprime joliment la passion qui anime le maraîcher.

*Le jardinier dit volontiers :
« Il a fait beau » d'un jour de pluie
Ça, c'est un métier pour la vie
Tu pourrais faire un jardinier*

Je vous souhaite une bonne lecture et de belles récoltes.

Michèle Legault, maraîchère biologique
Ferme des Ruisseaux
Lévis, Pintendre
Avril 2019

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS.....	1
RÉGLEMENTATIONS ET NORMES.....	2
CHAPITRE 1. Structures et équipements.....	6
CHAPITRE 2. Sélection et préparation du site.....	29
CHAPITRE 3. Climat et potentiel de rendement.....	36
CHAPITRE 4. Variétés.....	53
CHAPITRE 5. Transplants et greffage.....	77
CHAPITRE 6. Conduite de la culture.....	92
CHAPITRE 7. Fertilisation.....	134
CHAPITRE 8. Irrigation, paillis et couvre-sol.....	156
CHAPITRE 9. Lutte aux maladies et aux ravageurs.....	179
CHAPITRE 10. Récolte et conservation.....	221
CHAPITRE 11. Rentabilité.....	231
ANNEXES.....	244
RÉFÉRENCES.....	263

AVANT-PROPOS

Ce guide s'adresse à tous ceux et celles qui s'intéressent à la production de poivron et de tomate sous abris dans un contexte de maraîchage biologique diversifiée. Il permettra plus particulièrement de guider les producteurs qui débutent et nous l'espérons de parfaire les connaissances des plus expérimentés.

Cet ouvrage est le fruit du travail de plusieurs agronomes, conseillers spécialisés et entrepreneurs agricoles qui ont mis en commun leurs savoirs et leurs expériences pour mieux outiller le secteur biologique dans la production sous abris.

En parcourant les chapitres du présent ouvrage, il sera fait mention des termes suivants pour désigner les différentes structures qui sont toutes **en plein sol et sans fondation** :

Abri froid : tunnel chenille, tunnel ou serre froide

Serre chauffée d'avril à octobre : serre, serre chauffée, serre trois saisons

Ces abris sont de plus en plus populaires auprès des maraîchers diversifiés engagés dans une mise en marché de proximité et qui désirent optimiser les rendements en allongeant la saison de production, tout en offrant à leur clientèle des légumes de grandes qualités. La protection offerte par les abris limite les pertes causées par les intempéries telles que la pluie, la grêle, les vents violents, les froids ainsi que les gels lorsqu'il y a une source de chauffage. Les producteurs apprécient aussi le fait que les abris permettent d'améliorer l'efficacité de la main-d'œuvre, indépendamment des conditions climatiques.

La tomate est la plante la plus cultivée sous abris. Ceci est dû au fait qu'en plein champ, les rendements sont sérieusement affectés par les maladies bactériennes et fongiques qui selon l'humeur de la saison, ravagent plus ou moins les récoltes. Quant au poivron, il bénéficie de l'accumulation additionnelle de chaleur, avec un potentiel de rendement plus élevé et des fruits de meilleure qualité.

Le coût associé aux infrastructures et aux équipements nécessaires à leur bon fonctionnement devra être rentabilisé par des revenus bonifiés. Ceci suppose une bonne planification financière ainsi que le choix et la préparation d'un site bien adapté. Par rapport au plein champ, il faut s'attendre à ce que le coût des intrants y soit plus dispendieux. Les régies agronomiques y sont aussi plus pointues et performantes alors que chaque étape de production revêt son importance : choix des variétés, transplants et greffage, densité de plantation, contrôle de l'environnement, fertilisation, irrigation, plasticulture, conduite des plants, protection contre les insectes et maladies, récolte et conservation. Les besoins en main-d'œuvre sont majeurs et le travail est répétitif. Chacun de ses aspects sera abordé à travers les chapitres de ce présent guide. Nous vous souhaitons une excellente lecture !

RÉGLEMENTATIONS ET NORMES

INTRODUCTION	3
ÉPANDAGE DES FERTILISANTS ET AMAS.....	3
UTILISATION DE L'EAU À DES FINS D'IRRIGATION ET POUR LE LAVAGE DES LÉGUMES	3
PESTICIDES.....	4
RÉGLEMENTATIONS MUNICIPALES	5
NORMES DE CERTIFICATION BIOLOGIQUE.....	5

INTRODUCTION

De nos jours, et encore plus qu'avant, l'agriculture doit répondre à plusieurs réglementations et législations. Voici un aperçu des principales dispositions législatives et réglementaires que tout exploitant agricole biologique doit connaître. Veuillez noter qu'il s'agit de règles générales et que des exceptions peuvent s'appliquer. En cas de divergence entre ce texte et les textes officiels, ces derniers ont préséance.

ÉPANDAGE DES FERTILISANTS ET AMAS

Le *Règlement sur les exploitations agricoles* (c. Q-2, r.26 ci-après REA) édicte notamment que toute entreprise qui cultive 5 ha ou plus de légumes devra posséder un Plan agroenvironnemental de fertilisation (PAEF). Si la surface en culture maraîchère est inférieure à 5 ha, mais que du fumier est importé d'une autre exploitation qui possède un PAEF, alors il faudra produire un bilan phosphore.

Pour les épandages de fertilisants comme le compost, les granules de fientes de poule déshydratées ou tout autre intrant, il faut respecter les distances suivantes :

- 1 m d'un fossé (aire d'écoulement de moins de 2 m²) ;
- 3 m de la ligne des hautes eaux d'un cours d'eau (plus de 2 m² d'air d'écoulement), étang ou lac ;
- 30 m d'un puits.

L'entreposage du fumier en amas au champ ainsi que le compostage font aussi l'objet de règles. Informez-vous auprès d'un agronome.

Références : REA <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2026> et *Règlementation sur la déclaration des prélèvements d'eau*, Q.2. r.14 <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2014>.

UTILISATION DE L'EAU À DES FINS D'IRRIGATION ET POUR LE LAVAGE DES LÉGUMES

Le *Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection* (c. Q-2., r. 35,2) vise à encadrer l'utilisation de l'eau en établissant les règles à suivre pour prélever l'eau pour l'irrigation et le lavage des légumes notamment.

Règle générale : **toute entreprise qui prélève plus de 75 000 L d'eau/jour au moins une fois dans l'année** doit obtenir un certificat d'autorisation (C.A.) auprès du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. De plus, tout nouveau prélèvement d'eau sur l'entreprise est sujet à une demande de C.A. La réglementation s'applique autant pour les eaux de surface que les eaux souterraines. Cette quantité d'eau

représente environ l'équivalent de 2 ha en culture irriguée ou une journée normale de lavage de légumes racines. Il revient à chaque entreprise d'évaluer les prélèvements en eau.

Il existe une exception à cette règle générale pour laquelle il n'est pas nécessaire d'obtenir un certificat d'autorisation, et ce, même si plus de 75 000 L/jour sont prélevés. L'eau devra provenir d'un étang d'irrigation qui répond à l'ensemble des conditions suivantes (Q-2., r.35.2 art.6 (3)) :

- Étang artificiel ;
- Alimentation par l'infiltration d'eaux souterraines ou d'eaux de ruissellement ;
- Profondeur maximale de 6 m ;
- Aménagement à plus de 30 m d'un milieu humide, d'un lac, d'un cours d'eau, d'un étang (autre que d'irrigation) et à plus de 100 m du puits d'un voisin.

Référence : *Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection* (c. Q-2., r. 35,2) <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/showdoc/cr/Q-2,%20r.%2035.2> et *Règlementation sur la déclaration des prélèvements d'eau*, Q.2. r.14 <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2014>.

PESTICIDES

Les biopesticides sont soumis aux mêmes règles que les autres produits phytosanitaires conventionnels. L'achat de tout produit de lutte antiparasitaire biologique (ex. : *Bt*, soufre, cuivre, etc.) nécessite d'être titulaire d'un permis d'épandage de pesticide délivré par le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. Pour obtenir ce permis, un examen des connaissances doit être réussi et des frais sont exigés (Règlement sur les permis et certificats pour la vente et l'utilisation des pesticides). Un registre des interventions phytosanitaires réalisées sur les cultures doit être tenu à jour, en tout temps.

L'épandage de pesticides fait aussi l'objet de règles et de distances à respecter. Voici les principales distances à respecter :

- 3 m du haut du talus pour les cours d'eau (aire d'écoulement d'eau supérieur à 2 m²) ;
- 1 m du haut du talus pour les fossés (air d'écoulement d'eau inférieur à 2 m²) ;
- 3 m d'un plan d'eau (étang, lac, etc.) ;
- 30 m d'un puits individuel.

L'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) est responsable de la réglementation des pesticides en vertu de la Loi sur les produits antiparasitaires. Son principal mandat est d'évaluer les risques entourant l'utilisation de produits antiparasitaires tant pour les humains que pour l'environnement. Ce rôle implique notamment la surveillance du respect des étiquettes des produits.

L'utilisation d'un pesticide, qu'il soit biologique ou non, doit être conforme à son étiquette. Ainsi, les produits doivent être utilisés dans les cultures permises, pour le problème phytosanitaire visé, et selon la dose spécifiée. De plus, il faut suivre les délais de réentrée dans la culture et d'application avant la récolte.

Références :

- Règlement sur les permis et certificat pour la vente et l'utilisation de pesticides (P- 9.3 r.2) : <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/P-9.3,%20r.%202>
- Code de gestion des pesticides (P.9.3, r.1) : <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/P-9.3,%20r.%201>
- Autre document intéressant qui résume le code : <https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/ProtectionCultures/Troussepesticides/Fiche8.pdf>
- Loi sur les produits antiparasitaires (L.C. 2002. c. 28) <https://laws-lois.justice.gc.ca/fra/lois/p-9.01/>
- Pour en savoir plus sur les étiquettes des produits : <https://www.sagepesticides.qc.ca/>

RÉGLEMENTATIONS MUNICIPALES

En ce qui concerne les activités et les infrastructures agricoles, chaque municipalité a ses propres règlements, en plus des normes des municipalités régionales de comté (MRC). Ainsi, il faut toujours vérifier les règlements de zonage ainsi que les normes applicables relatives à chaque municipalité avant d'implanter un abri (serre ou tunnel) ou avant tout nouveau prélèvement d'eau.

NORMES DE CERTIFICATION BIOLOGIQUE

Au Québec, le Conseil des appellations réservées et des termes valorisants (CARTV) accrédite les organismes de certification et surveille l'utilisation des appellations réservées comme les produits certifiés biologiques. Les organismes de certification sont responsables des inspections et accordent la certification biologique. Il existe plus d'un organisme de certification au Québec, et tous doivent suivre les mêmes normes. Au Canada, ce sont les Normes nationales du Canada qui encadrent la certification biologique :

Principes généraux et normes de gestion :

http://publications.gc.ca/collections/collection_2018/ongc-cgsb/P29-32-310-2018-fra.pdf

Liste des substances permises :

http://publications.gc.ca/collections/collection_2018/ongc-cgsb/P29-32-311-2018-fra.pdf

Sous régie biologique, il est important de toujours valider la conformité d'un intrant (fertilisant, produit nettoyant, produit phytosanitaire, etc.) auprès de son organisme de certification biologique avant son utilisation.

CHAPITRE 1. Structures et équipements

INTRODUCTION	7
ABRIS FROIDS	7
Tunnel chenille.....	7
Tunnel fixe et serre froide.....	11
Structure mobile	14
Grand tunnel multi chapelles.....	16
SERRE CHAUFFÉE	16
Structure.....	18
Revêtement	20
Épaisseur.....	20
Propriétés anti-UV	20
Propriété anti-condensation « AC ».....	20
Propriété infrarouge « IR »	20
Isolation.....	20
Matériaux	21
Écran ou toile thermique.....	21
Chauffage.....	21
Choix du système.....	21
Emplacement des systèmes	21
Combustible.....	22
Distribution de la chaleur	22
Chauffage du sol	23
Ventilation	24
Ventilation mécanique (système dynamique).....	25
Ventilation naturelle.....	25
Systèmes de recirculation d'air	26
Contrôleur de l'environnement.....	28

INTRODUCTION

Ⓢ Chaque type d'abri représente des opportunités et des contraintes. Avant d'investir dans une structure en particulier, il est souhaitable de réaliser un bilan prévisionnel qui tient compte des investissements de départ et des coûts annuels reliés à l'entretien et au financement. Ensuite, selon le type d'abri et d'équipements, la plante cultivée, la zone de production, ainsi que l'expérience et le savoir-faire de l'exploitant, les performances agronomiques et économiques diffèrent. À cet effet, le chapitre 11, qui traite de rentabilité, dresse un bilan économique détaillé de 5 modèles de production. À noter que la rentabilité financière va varier d'un modèle à l'autre et parfois, de façon très appréciable.

Dans le présent chapitre, on retrouve les caractéristiques des différentes structures et des principaux équipements. Pour obtenir davantage d'informations, contacter les représentants qui distribuent ou fabriquent ces infrastructures.

ABRIS FROIDS

Les tunnels chenille, les tunnels et serres froides utilisés pour la culture des poivrons et des tomates sont mieux adaptés aux sites qui disposent d'une période sans gel d'au moins 120 jours. Dans le chapitre 3 du présent guide se trouvent des informations sur les zones climatiques les plus appropriées à la culture de légumes de climat chaud. Un abri non chauffé offre une protection maximale contre les gels d'environ 1 à 2 °C selon le type de structure. Les chutes de neige tardives d'avril et début mai, ou hâtives à l'automne, limitent l'utilisation de certains modèles pour le prolongement de la saison de croissance. Bien que les abris froids soient utilisés en premier lieu pour réaliser des gains thermiques, ils offrent également une protection contre la pluie, le vent et la grêle.

Tunnel chenille

Au Québec, les premiers tunnels chenille ont été fabriqués par des productrices et des producteurs. Depuis quelques années, des compagnies canadiennes offrent ce type d'abri et le coût d'achat est relativement faible en comparaison avec des structures plus élaborées et plus solides. Il s'agit en général d'une construction légère qui se démonte et se remonte facilement pour être déplacée sur un nouveau site après un an ou deux.

La structure consiste en une série d'arches maintenues par des pieux (Figure 1.1). La dimension la plus courante est de 4,3 m de largeur et la longueur varie grandement selon les besoins (en général de 30 à 100 m). La hauteur au faîte est d'environ 2,3 m, mais peut varier selon la structure et le travail du sol.

Les arches en acier galvanisé sont espacées de 1,8 à 2,4 m. Elles sont recouvertes de polyéthylène simple standard (6 mil) avec des propriétés anti-UV, mais pas anti-condensation, ni infrarouge. Pour plus de détails sur les propriétés des plastiques, se référer à la section sur les serres chauffées. Des raidisseurs sont généralement fixés aux arches des extrémités (Figure 1.1a). Un système de cordes fixées à des ancrages retient le film plastique entre chaque arche. La longueur du tunnel et l'espacement entre les arches ainsi que la longueur des pieux, vissés ou non, dans le sol, varient selon l'exposition au vent et le type de sol afin de bien soutenir la structure.

Les ouvertures se font manuellement en relevant les plastiques sur les crochets de rétention situés de chaque côté de la chenille à des hauteurs variables selon le moment de la saison (Figure 1.1d). Les extrémités des tunnels chenille sont obliques. Le film plastique y est attaché en boudin à même les poteaux d'ancrage et doit être fermé en permanence ce qui diminue l'emprise des vents (Figure 1.1a). Sur les sites très bien protégés des vents, des producteurs ont adapté les extrémités afin de pouvoir les ouvrir et les fermer, ce qui facilite le travail et améliore la ventilation. Mieux vaut valider avec le fournisseur avant d'apporter toute modification à une structure qui pourrait avoir un impact sur l'emprise des vents !

En général, les tunnels chenille ne sont pas conçus pour supporter le poids de la neige. À la fin de la saison, le plastique est retiré et enroulé au pied de la structure. Il est préférable de le recouvrir d'une couverture opaque afin de le protéger des rayons UV. Si l'on désire implanter des légumes de climat frais au printemps suivant, l'automne est le bon moment pour bien préparer le sol, avec un rotoculteur ou de l'équipement approprié. Par la suite, en mai, la structure sera déplacée sur un autre site, pour la culture de légumes de climat chaud. Le travail du sol, le buttage, la fertilisation, la pose du plastique et du goutte-à-goutte pourront alors être réalisés au préalable avec des tracteurs, des outils et des équipements adéquats.

Dans les tunnels chenille de 4,3 m de largeur, on retrouve habituellement trois plates-bandes. Celle du centre offre le plus de dégagement en hauteur et peut être occupée par des variétés de tomates indéterminées. Étant donné que la hauteur libre est moindre au-dessus des deux plates-bandes de côtés, on y retrouve des cultures plus basses telles que des tomates déterminées, des poivrons, des aubergines, du basilic, du céleri, etc. La structure n'est pas assez solide pour supporter le palissage des plants sur fil vertical.



Figure 1.1abcd. Tunnels chenille et exemple d'ancrage

💰 Les tunnels chenille sont énergivores en main-d'œuvre pour le montage et le démontage des structures. Voici des estimations de temps de travail pour des tunnels chenille vendus par l'industrie (le temps comprend aussi la pose et le retrait du plastique et peut varier selon le nombre d'arches et le type d'ancrage). Pour 30 m de longueur, prévoir pour le montage une moyenne 12 heures (9 à 14 heures) et pour le démontage 8 heures.



Tunnels chenille

**Témoignage : Frédéric Thériault,
Ferme Coopérative Tourne-Sol. Les Cèdres (Montérégie)**

Nous avons commencé à produire des tomates et d'autres cultures à petite échelle en tunnels et en serres non chauffées dès notre deuxième année. Nos premiers tunnels étaient des structures faites de conduits de métal pliés avec des bouts, une base et une arête (hip board) fabriqués en bois. Nous voulions améliorer ce design et étions à la recherche d'une structure légère et résistante qui pourrait se déplacer avec la rotation de cultures afin de réduire les risques liés aux maladies dans les tomates. L'objectif était d'avoir beaucoup d'espace couvert à peu de coûts, tout en réduisant le travail de construction en comparaison avec les petits tunnels traditionnels.

Basé sur l'information obtenue par Daniel Brisebois auprès de Paul et Sandy Arnold (Pleasant Valley Farm, NY) et de Ted Blomgren (Windflower Farm, NY), nous avons construit un premier tunnel chenille maison de 90 m x 4,3 m en 2010. Les vents sont souvent très forts à la ferme et notre premier tunnel s'est envolé de façon spectaculaire. Nous avons alors repris le téléphone et consulté nos mentors pour en venir à un design solide qui incorporait le verrouillage par câble (wire-lock) et les ancrages de sol avec hélice.

Les autres cultures qui performant le mieux chez nous dans les tunnels en comparaison avec les rendements au champ sont : le poivron, le basilic et le céleri. Nous avons également expérimenté des primeurs printanières avant les plantations de tomate. La planche du centre est excellente pour les cultures semées comme les carottes et les betteraves hâtives. Les planches du côté, plus humides, conviennent pour des légumes transplantés tels que les échalotes, les oignons, la bette à carde et le kale. Par contre, il faut prévoir un temps considérable pour nettoyer les résidus de culture à la main à l'automne précédent, la machinerie n'ayant pas d'accès.

Les bons résultats obtenus au fil des ans nous ont incités à partager notre expérience et avec l'aide du MAPAQ, nous avons organisé un atelier de construction de tunnel chenille version Tourne-Sol. Les Serres Guy Tessier ont participé à l'événement et ont développé par la suite un tunnel chenille inspiré de notre modèle.



Figure 1.2. Laitues et épinards en mai avant le déplacement du tunnel chenille au site de production de tomates.

Tunnel fixe et serre froide

Les tunnels ou serres froides sont des structures permanentes dont les arches sont usinées avec des tubes d'acier galvanisé, plus costauds que ceux utilisés pour les chenilles. Les raidisseurs sont répartis sur la totalité de la structure, qui est recouverte de polythène simple ou double (voir section sur les serres chauffées pour plus de détails sur les caractéristiques des plastiques). Lorsqu'il y a deux plastiques, l'installation d'une soufflerie électrique avec une prise d'air extérieure est nécessaire pour éviter la condensation. Il faut opter pour une structure renforcie lorsque les plastiques sont conservés l'hiver afin de supporter des charges de neige, ce qui, par ailleurs, n'enlève pas l'obligation de déneiger. Les tunnels ou serres froides sont de forme ronde ou gothique et les côtés sont habituellement plus droits et plus haut que ceux des tunnels chenille. Les dimensions varient beaucoup d'un modèle à l'autre. Plusieurs modèles de serres peuvent supporter des cultures conduites sur fil vertical.

Les tunnels ou serres froides disposent de côtés ouvrants (roll up), manuels ou électriques pour ventiler. Sur certains modèles, une gaine de plastique ou un mur isolé dans le bas des côtés minimise l'arrivée d'air froid en début de saison sur les jeunes plants (voir section sur les serres chauffées). Il est possible d'automatiser les deux ouvrants ou seulement celui opposé aux vents dominants. L'abri peut aussi être muni de rideaux déroulants aux deux extrémités et posséder des ouvertures au sommet des murs pour créer un effet « cheminée » afin de faire sortir l'air chaud et humide.

Le volume d'air d'un tunnel fixe ou d'une serre est supérieur à celui d'un tunnel chenille ce qui permet surtout de réduire les pics de chaleur diurnes. De plus, il est possible d'effectuer un chauffage passif du sol par le rayonnement solaire avec des plastiques transparents à la fin de l'hiver, avant l'implantation de la culture (voir témoignage dans la section sur les serres chauffées).

Les serres froides qui possèdent une structure renforcée pourront être améliorées dans le temps avec des équipements de contrôle du climat. Ainsi, on pourra y ajouter des unités de chauffage, un système de recirculation d'air, un contrôleur pour la gestion climatique, etc. Si l'installation ultérieure d'un filet anti-insecte est prévue, ceci pourrait impliquer une modification de la structure et mieux vaut le planifier dès le départ. S'assurer que le modèle de structure est adapté aux bourrasques, aux chutes de neige et au verglas de nos hivers préviendra bien des mauvaises surprises.



Figure 1.3. Serre froide



Serre froide et serre chauffée trois saisons

Témoignage : Michel Massuard et Monique Laroche.

Ferme Vallon des sources, Ripon (Outaouais)

J'ai quatre serres froides, dont une est chauffée en début de saison pour les transplants. Toutes sont équipées d'un double polyéthylène avec une soufflerie et d'une ventilation à air forcé. Ce sont les seules structures qui permettent de sortir des primeurs et des cultures tardives dans nos régions plus nordiques. La serre doit être bien solide pour résister à nos hivers alors que la forme gothique facilite le glissement de la neige. Les serres ont aussi l'avantage de pouvoir y installer facilement des filets anti-insecte et un chauffage d'appoint en prévision d'une nuit de gel, ce qui est important au printemps ou à l'automne. La structure est assez solide et les raidisseurs permettent de faire des tuteurages sur fil vertical. Ces structures permettent des semis de carotte, de betterave, d'oignons verts, d'épinards, de roquette, de mesclun... dès la première semaine d'avril alors que la neige envahit encore les champs. On peut y récolter des épinards magnifiques et délicieux à Noël.

Voici des rotations possibles sur 1 an pour alterner avec les cultures de tomates charnues ou cerises : 1) brocoli + mesclun ou roquette entre les rangs ; 2) céleri branche ; 3) épinards première récolte en décembre (ils passent l'hiver sous des P 30) et récoltes suivantes de début avril au 10 mai ; 4) tomate charnue et cerise - année 2.

Les poivrons et les tomates italiennes sont cultivés sous grands tunnels multi chapelles et les rendements sont bien meilleurs qu'en plein champ. Par contre, il n'y a pas vraiment d'allongement de la saison de récolte, car la structure ne supporte pas la neige.

Structure mobile

Il existe des structures munies de rail, de patins ou de roues pour les déplacer. Plusieurs entreprises américaines offrent de tels produits, mais attention, ils ne sont pas nécessairement adaptés à notre climat québécois et à nos hivers. Eliot Coleman, un maraîcher reconnu et habitant dans le Maine, utilise beaucoup les tunnels mobiles, et ce presque à longueur d'année, pour cultiver une grande variété de légumes de climat chaud et d'hiver. Il suggère des structures d'environ 15 m de longueur afin de les déplacer plus facilement. La rotation de cultures est facilitée par la mobilité de la structure.



Serre amovible

**Témoignage : Jean-David Lacasse, Le Filon Maraîcher
Saint-Gilles de Lotbinière (Chaudière-Appalaches)**

Une fois par saison, nous déplaçons une Ovaltech 27' x 50' mobile sur deux emplacements (vers l'avant et vers l'arrière de la longueur de la serre soit 50'), ce qui prend une heure à deux personnes. C'est une serre usagée et construite presque à 100 % en matériaux récupérés. Nous l'avons montée sur des garde-fous de pont 3" x 5", en acier, eux-mêmes montés sur des galets de clôtures industriels qui roulent sur du tuyau de 2,5". Elle est ancrée seulement aux quatre coins avec des ancrages à câbles et ventilée par les bouts.

Comme nous sommes situés à Saint-Gilles dans la région de Lotbinière, nous implantons une culture de primeurs (carottes, betteraves et oignons verts) vers le 10 avril. La serre est ensuite déplacée sur la parcelle voisine autour du 20 mai pour planter poivrons et tomates. Rendues là, les carottes sont contentes de se retrouver dehors...

Après la récolte des primeurs sur la première parcelle, on a plus de trois mois pour faire un bel engrais vert.



Figure 1.4ab. Serre amovible
Jenny Leblanc

Les structures déplaçables comme les tunnels chenille et les serres mobiles se distinguent des autres types d'abris par les caractéristiques suivantes :

Avantages

- Lessivage par l'eau de pluie des sels accumulés par les fertilisants organiques dans le sol ;
- Gels hivernaux plus longs et plus sévères, ce qui peut nuire à la survie de certains insectes et plusieurs pathogènes ;
- Rotation des cultures plus aisée au niveau des productions légumières et des engrais verts, ce qui brise le cycle de développement de plusieurs insectes et maladies ;
- Selon les modèles, peuvent permettre le passage de la machinerie et la possibilité de décompacter le sol.

Inconvénients

- Besoin ponctuel en main-d'œuvre pour démonter, déplacer et remonter les tunnels chenille ;
- L'industrie québécoise des serres n'offre pas pour le moment de structure ni d'équipement pour des serres amovibles ;
- Plus difficile à valoriser pour les légumes de climat chaud dans les régions où la saison sans gel et les unités thermiques sont limitantes, à moins d'avoir accès à l'électricité afin d'intégrer des unités de chauffage et de ventilation pour les serres mobiles.

Grand tunnel multi chapelles

Ces abris ont été développés en Europe dans les années 90 et ont été introduits au Québec vers le milieu des années 2000. Le coût abordable et la possibilité d'utiliser la machinerie constituent les principaux attraits de ce type de structure. Ils ne sont pas conçus pour être déménagés ni pour supporter la neige. Les plastiques doivent donc être retirés chaque automne. Ces structures protègent bien des intempéries, mais emmagasinent moins de chaleur que les structures pouvant être fermées lors de journées froides et venteuses. Les fabricants recommandent une largeur minimale de 3 arches (7,6 m/arche) afin de créer un environnement climatique plus homogène. Ces structures sont plus populaires chez les horticulteurs québécois spécialisés en petits fruits, et ne seront pas abordées plus en détail dans ce guide.



Figure 1.5. Grands tunnels multi chapelles

SERRE CHAUFFÉE

L'acquisition d'une serre chauffée pour les mois d'avril à octobre permet à une entreprise maraîchère diversifiée d'augmenter ses cultures en primeur au printemps et de prolonger sa saison en automne. Pour les tomates et les poivrons, la qualité et les rendements en serre chauffée sont nettement supérieurs à ceux au champ et sous abris non chauffés. La structure peut également être utilisée pour la production des transplants.



Serre chauffée trois saisons

**Témoignage : Jean-David Lacasse, Le Filon Maraîcher
Saint-Gilles de Lotbinière (Chaudière-Appalaches)**

Nous avons bâti une serre de 30'x 90' avec chauffage au propane dès le démarrage de notre entreprise. La ventilation est passive avec des ouvrants latéraux motorisés pris en charge par un contrôleur de climat qui gère la température et l'humidité à l'intérieur de la serre. Du mois d'avril au mois de juin, nous consacrons 10 % de l'espace total à la production de transplants, mais ça demeure principalement une serre de production de tomates, de concombres, de poivrons d'avril jusqu'à fin octobre. Les cultures de la serre chauffée coûtent cher en main-d'œuvre et en chauffage, mais sont un peu soustraites aux aléas du climat et ont un grand potentiel de rendement. En plus, les mangeurs de légumes ne se lassent jamais des concombres et des tomates. Une régie rigoureuse et des services-conseils spécialisés permettent de tirer le meilleur parti de la serre chauffée.

Pour enrichir la rotation, nous avons eu de bonnes expériences avec l'implantation d'un semis d'avoine semé à haute densité, un semis d'avoine très fort (800 kg/ha) sur la superficie complète (250 m²) vers la fin de l'hiver (20 mars). On détruit facilement une bande d'avoine sur le dessus des planches pour implanter nos cultures le 20 avril. Le reste du couvert d'avoine aide à maintenir un bon climat (générer de l'humidité) pendant la période où nos plants sont encore petits et qu'on ventile avec de l'air sec. Dès qu'on a assez de feuillage vers le 10 mai, c'est facile d'étouffer l'avoine avec les paillis plastiques qui eux, demeurent pour le reste de la saison.

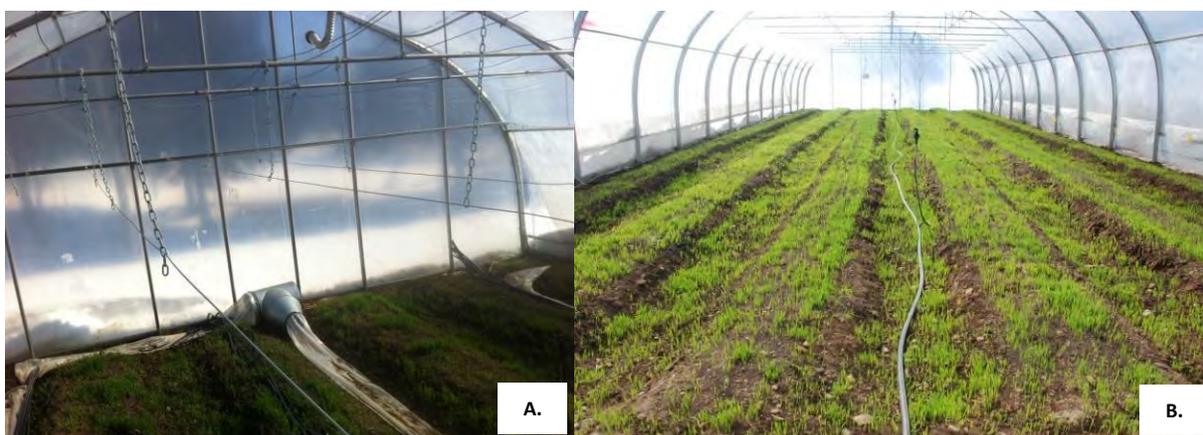


Figure 1.6a. Serre avec ballons pour d'air pour le chauffage
Figure 1.6 b. Avoine en culture intercalaire au mois d'avril avant la plantation de poivron ou de tomate
Jenny Leblanc

Structure

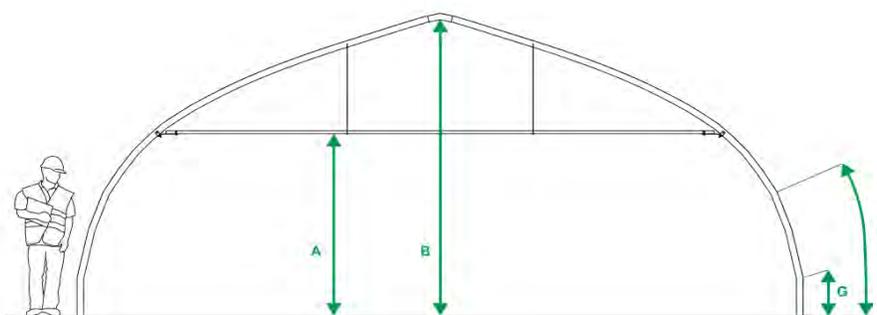
Majoritairement, les producteurs maraîchers diversifiés privilégieront une serre sans fondation qui sera ancrée à l'aide de tiges dans le sol et solidifiée de différentes façons selon la situation (sonotube, pieux à vis, etc.). Cette étape est importante et le fournisseur de matériaux de serre est le mieux placé pour vous aider à choisir le bon type d'ancrage.

La forme de serre la plus utilisée, et surtout la mieux adaptée aux conditions climatiques québécoises, est la forme gothique. Cette forme permet une bonne pénétration de la luminosité, une bonne résistance aux vents, favorise l'écoulement de la condensation et le glissement de la neige. Par prudence, il faudra éviter toute accumulation excessive de neige sur les côtés, car le poids de la neige peut provoquer des bris et une déformation de la structure.

Différentes largeurs de serre sont offertes par les constructeurs. Les plus populaires varient de 7,6 m à 9,75 m. Si la serre n'est pas chauffée de novembre à mars, on recommande de se limiter à une largeur de 9,75 m afin que celle-ci soit assez solide pour supporter le poids de la neige. On retrouve chez les maraîchers biologiques beaucoup de serres de 30 m de longueur, mais certaines peuvent être beaucoup plus longues. Il faudra, dans ce cas, adapter le dispositif de chauffage afin de garder une bonne uniformité.

En ce qui concerne la hauteur des serres, une serre de plus de 2,25 m de hauteur libre offre en général certains avantages, dont :

- Une hauteur de culture permettant des manipulations et des récoltes plus ergonomiques ;
- Un volume d'air plus grand réduisant les fluctuations rapides de températures.



Ovaltech III	
Largeur	9,14 m
Espacement des arches	1,20 m à 1,83 m
Hauteur intérieure libre A	2,74 m
Hauteur totale B	4,27 m à 4,88 m
Ouverture enroulable F	1,83 m à 2,13 m
Gaine G	60 cm à 91,40 cm

Figure 1.7. Dimension pour une serre individuelle de 9,14 m, pour la serre Ovaltech des Serres Harnois
Source : Les Industries Harnois

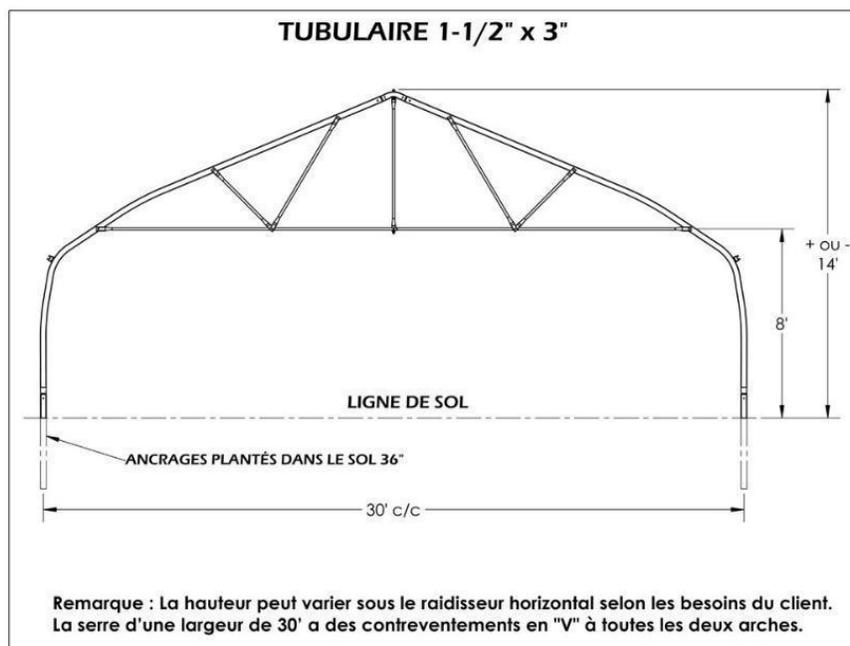


Figure 1.8. Exemple de dimension pour une serre individuelle de 9,14 m des Serres Guy Tessier. La hauteur libre de 2,4 m peut être augmentée selon les besoins du client - Source : Serres Guy Tessier

Revêtement

Le polyéthylène constitue le matériau le plus populaire pour recouvrir tous les types d'abris (tunnel, serre froide et serre chauffée trois saisons) notamment à cause du coût initial plus faible et de la bonne pénétration lumineuse de ce film. L'emploi d'un polyéthylène à double paroi gonflé par une soufflerie est à privilégier tant pour la serre chauffée que pour la serre froide utilisée tôt au printemps et tard l'automne. Plusieurs sortes de polyéthylènes sont disponibles sur le marché et il est important de considérer certaines caractéristiques avant l'achat. Une fiche technique produite par *Les producteurs en serre du Québec* décrit les caractéristiques des différents revêtements de serres ([Berger et Brazeau, 2018b](#)).

Épaisseur

Souvent exprimées en millième de pouce ou « mil », les épaisseurs les plus courantes sont de 6 mil et 7,2 mil. Plus un polyéthylène est épais, meilleure est la résistance mécanique, au vent et au verglas par exemple, et plus il sera durable. Généralement, les polyéthylènes sont conservés de 3 à 4 ans. Plus le polyéthylène demeure longtemps en place, plus le passage de la lumière est réduit.

Propriétés anti-UV

La plupart des films possèdent des propriétés anti-UV pour les rendre résistants à la dégradation par les rayons ultra-violet du soleil.

Propriété anti-condensation « AC »

L'achat d'un polyéthylène traité anti-condensation « AC » permet l'étalement des gouttelettes d'eau. Il offre donc une meilleure pénétration lumineuse et évite que les gouttelettes d'eau ne tombent sur les cultures, ce qui réduit les risques de maladie. Toutefois, le traitement « AC » perd de l'efficacité après 2-3 ans et doit être refait. Le gain fourni par une meilleure luminosité surpasse largement le coût supplémentaire à l'achat tant pour la serre froide que la serre chauffée.

Propriété infrarouge « IR »

Les polyéthylènes infrarouges permettent de garder une partie des infrarouges à l'intérieur de la serre. Cet effet est désirable en hiver et lors des nuits froides en automne et au printemps (serre trois saisons). Cela permet de réduire les pertes de chaleur et ainsi les coûts de chauffage. Toutefois, cette technologie n'offrira aucun gain pour une serre en production uniquement l'été (de juin à août).

Isolation

L'isolation d'une serre est essentielle pour diminuer les pertes de chaleur, pour augmenter l'uniformité de l'abri et pour favoriser un meilleur climat près de la paroi. L'isolation périphérique sous l'ouvrant (*roll up*) et au niveau des premiers 50 à 60 cm de sol est primordiale, surtout si la serre est en production durant les mois de février, mars et avril. Aussi, il est pertinent d'isoler tout mur qui reçoit peu de lumière et qui perd de la chaleur.

Matériaux

L'isolant utilisé doit être résistant à l'humidité en plus d'être protégé du soleil, des solvants et des bris mécaniques. La laine minérale et le polystyrène expansé (billes blanches) sont des matériaux à proscrire, n'étant pas résistants à l'humidité. Les matériaux utilisés sont principalement composés de polystyrène extrudé d'une épaisseur minimale de 2" (isolant rigide, SM) ou de polyuréthane. Pour plus d'information, voir la fiche technique *Isolation des parois extérieures* des producteurs en serre du Québec ([Berger et Brazeau, 2018d](#)).

Écran ou toile thermique

Les écrans thermiques ont pour but d'agir comme une enveloppe au-dessus des plants pour diminuer principalement les pertes de chaleur. De plus, ils peuvent diminuer l'intensité lumineuse. Ils sont avantageux dans les complexes jumelés en culture l'hiver, mais ne sont pas rentables dans une serre individuelle en production d'avril à octobre.

Chauffage

Choix du système

Lors du choix du système de chauffage, plusieurs composantes seront à évaluer, dont le type de combustible utilisé, le mode de distribution de la chaleur et le système de ventilation. La capacité de chauffage doit également être prise en compte. Afin d'optimiser la production et ainsi obtenir des gains de rendement et de précocité intéressants, il faut viser une capacité de chauffage de minimum 17 °C la nuit.

Certains utilitaires sont disponibles en ligne afin de calculer la puissance de chauffage nécessaire, dont celui des *Serres Guy Tessier* ([Serres Guy Tessier, 2019](#)). On recommande toutefois de travailler de pair avec un représentant ou un ingénieur spécialisé. Le calcul de la capacité de chauffage tient compte du site, de la période de production et des températures de croissances visées.

Les variables qui guident habituellement le choix de l'unité de chauffage sont les coûts d'investissement et de fonctionnement (coût d'exploitation/entretien et coût du combustible). Par exemple, une fournaise au propane ou à l'huile n° 2 représente un coût d'investissement faible, mais engendre un coût de fonctionnement élevé. De plus, il est important de penser à investir dans l'installation de deux unités de chauffage afin de maintenir la température au-dessus du point de congélation en cas de bris de l'une d'entre elles.

Emplacement des systèmes

Les systèmes de chauffage devraient être rassemblés à un même endroit dans la serre, idéalement du côté qui minimise l'ombrage sur les plantes afin d'optimiser la pénétration de la lumière et favoriser ainsi la photosynthèse. Dans le cas d'une serre orientée vers l'est/ouest, l'emplacement des systèmes sera idéalement à l'ouest de la serre, car la lumière du matin est mieux utilisée par les plantes d'avril à octobre. Toutefois, on les retrouve souvent du côté de l'entrée et de l'aire de travail, ce qui est pratique tout en minimisant les pertes d'espace.

Bien plus que du chauffage

La combinaison du chauffage et de la ventilation représente la technique la plus performante afin de déshumidifier la serre pour contrer les maladies et optimiser le climat. L'avantage offert par la déshumidification en général, et surtout le matin, est sous-estimé.

Combustible

Les principales options de combustibles pour le chauffage des serres sont l'électricité, le gaz naturel, le propane, l'huile n° 2, l'huile usée et la biomasse. Pour la serre trois saisons, le type de chauffage le plus courant est le chauffage au propane et à l'huile n° 2. Comme mentionné, ces deux options sont les plus avantageuses au niveau du coût d'investissement et de la disponibilité du combustible. L'accès au gaz naturel et à l'électricité à haute puissance est limité et coûteux. Un système à biomasse peut être intéressant si la ressource est disponible à proximité, mais l'implantation de cette technologie est généralement trop onéreuse pour être justifiée sur une saison courte. Une combinaison souvent appréciée est l'utilisation d'un système au propane comme première source de combustible avec un système d'appoint à l'huile n° 2. Peu importe le système utilisé, il faut prévoir la maintenance et un entretien régulier.

La fiche #1A : *Systèmes de production de chaleur efficaces*, réalisée par *Les Producteurs en serre du Québec* ([Berger et Brazeau, 2018a](#)), contient un tableau décrivant les caractéristiques des systèmes générateurs de chaleur et des systèmes de distribution de chaleur.

Distribution de la chaleur

La distribution de la chaleur peut se faire par le biais de l'air ou par l'eau. L'option la plus courante, notamment parce qu'elle est la moins coûteuse pour les serres trois saisons, est la distribution de chaleur par air pulsé à l'aide de tubes de polyéthylène troués. Un tube par rang maximise l'uniformité. L'installation d'un tube entre les murs de la serre et les rangs de côté est aussi recommandée. Le *bulletin No 4 (2004)* du *Réseau d'avertissements phytosanitaires-Cultures en serre* explique la conception d'un système de chauffage uniforme (répartition des trous et leur diamètre) et fait le point sur l'entretien des équipements de chauffage ([Dupéré et coll., 2004](#)).

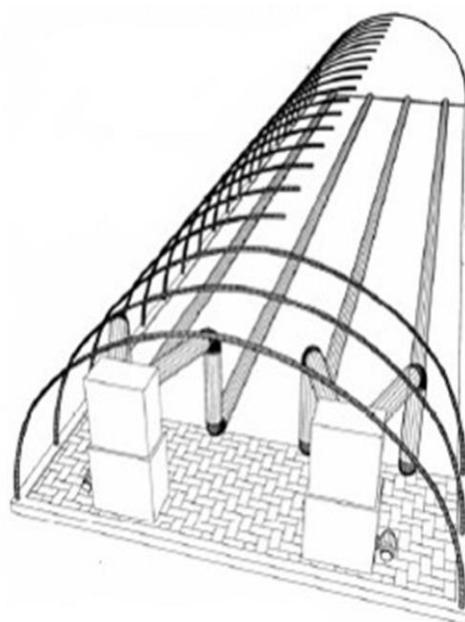


Figure 1.9. Exemple de distribution de ballons de chauffage

Jean-Marc Boudreau, ing.

Chauffage du sol

Il est possible de chauffer le sol, en complément au chauffage de l'air, lorsque la culture est produite en plein sol. Des tuyaux flexibles en serpentin où circule de l'eau chaude (35-55 °C) sont alors enfouis à 30-40 cm (12-18') de profondeur. Les producteurs installent souvent des chauffe-eau résidentiels afin de fournir l'eau chaude nécessaire au chauffage du sol.

Tout comme en serre froide, le chauffage passif du sol par le rayonnement solaire avec des plastiques transparents est une autre façon de réchauffer le sol à la fin de l'hiver, avant l'implantation de la culture.



Chauffage du sol

**Témoignage : Antoine Gendreau-Turmel, Ferme de la Coulée Douce
Saint-Antoine de Tilly (Chaudière-Appalaches)**

Environ quatre semaines avant la plantation des tomates et des concombres de serre, je prépare le sol et je dépose une toile de plastique transparent sur celui-ci pour aider à le réchauffer. Vers le 1^{er} avril, à la plantation des tomates, la toile est enlevée et la température du sol est de 15-18 °C à 10 cm de profondeur, alors qu'un sol laissé à nu serait à moins de 10 °C. Le sol se réchauffe ensuite plus profondément avec le chauffage de la serre et l'irrigation avec de l'eau à 20-25 °C. (...) Cette technique n'est certainement pas aussi efficace que celle des tuyaux d'eau chaude enfouis dans le sol et ne permettrait pas de planter des tomates en plein hiver, mais elle a l'avantage de ne rien coûter en réutilisant les vieux plastiques de serre.

Ventilation

La ventilation a pour but d'uniformiser le climat à l'intérieur de l'abri, de limiter les écarts de température tout en permettant un meilleur contrôle de l'humidité ambiante. La ventilation permet d'évacuer l'air chaud et humide à l'extérieur de la serre en le remplaçant par de l'air plus frais ou de la même température, mais qui contient moins d'humidité. Ceci est réalisé afin de favoriser un taux humidité à l'intérieur de la serre propice à une bonne transpiration des plantes tout en diminuant les risques de condensation sur la culture et ainsi réduire l'incidence des maladies fongiques. De plus, la ventilation permet d'apporter du CO₂ de l'extérieur, ce qui est essentiel à la bonne croissance des plantes.

Il existe deux grandes catégories techniques de ventilation des serres :

- La ventilation mécanique (dynamique)
- La ventilation naturelle

Des équipements de recirculation d'air sont également utilisés et sont complémentaires à la ventilation.

Ventilation mécanique (système dynamique)

Une ventilation mécanique est réalisée soit par des entrées ou sorties d'air, combinées à des ventilateurs permettant d'extraire (pression négative) ou de forcer l'air (pression positive) dans la serre. La ventilation mécanique apporte de l'air frais provenant de l'extérieur chargé de CO₂. Ces ventilateurs fonctionnent à faible débit, ils sont donc peu efficaces pour homogénéiser les conditions ambiantes, car l'air contourne les obstacles. Idéalement, un système de ventilation mécanique est composé de deux ventilateurs, ce qui permet de moduler le taux de changement d'air en fonction de la période (un ventilateur au printemps ou dans la nuit et deux ventilateurs en été). Ils doivent permettre au moins un changement d'air/heure durant la nuit.

Comparativement à la ventilation naturelle, la ventilation mécanique est réalisée en condition hermétique, c'est-à-dire que le système doit absolument fonctionner afin d'engendrer un échange d'air avec l'extérieur. Par conséquent, il est impératif d'avoir une génératrice en cas de panne électrique afin d'éviter des dommages et des pertes potentiellement majeurs sur les plantes et aux récoltes. La ventilation mécanique est de moins en moins conseillée et apparaît délaissée au profit de la ventilation naturelle. Elle est plus onéreuse et peut engendrer des cultures non uniformes en période froide. Cependant, elle peut être avantageuse en présence de moustiquaires et lors des périodes climatiques chaudes et sans vent.

Ventilation naturelle

La ventilation naturelle peut se faire par des ouvertures au toit, sur les côtés ou en combinant les deux techniques. La ventilation naturelle par panneau ouvrant sur le toit (au faîte ou à la gouttière) est une option intéressante, mais rarement retenue en raison de son prix d'installation élevé. Tout de même, en début et en fin de saison, les toits ouvrants permettent d'éviter l'entrée d'air extérieur froid directement sur les plants.

En serre chauffée d'avril à octobre et en serre froide, une méthode efficace et économique consiste à aérer la serre grâce à des ouvertures, avec des côtés ouvrants (*roll-up*) de dimensions variables (habituellement de 1 à 2 mètres) sur les deux côtés. Il faut prévoir une section protégée (jupette) sous les ouvertures qui va ainsi minimiser l'arrivée de l'air froid et la vitesse du vent sur les plants. Par temps venteux ou froid, seul le côté opposé aux vents dominants est ouvert.



Figure 1.10. Jupette installée sur les côtés avec drain en périphérie

Certains éléments peuvent restreindre l'aération naturelle, par exemple les haies brise-vent ou l'ajout d'un filet anti-insecte. Les filets anti-insecte, selon leur porosité, peuvent diminuer considérablement les échanges d'air avec l'extérieur et conséquemment augmenter la température et l'humidité à l'intérieur de la serre. Le maillage le plus gros possible, par rapport à la grosseur des ravageurs visés, permettra de maximiser la porosité. Les filets doivent être nettoyés régulièrement, car la poussière accumulée réduit grandement leur porosité. Lors du calcul du ratio d'ouverture, il faut prendre en compte la porosité du filet.

Le ratio d'ouverture correspond au rapport entre la surface des ouvertures et la surface de plancher de la serre : $\text{Ratio d'ouverture} = \frac{\text{Surface des ouvertures}}{\text{Surface de sol couvert par la serre}}$. Avec un filet anti-insecte, le ratio d'ouverture est multiplié par la porosité du filet. Ainsi, moins le filet laisse passer d'air, plus il sera nécessaire d'augmenter la surface des ouvertures afin d'obtenir un échange d'air suffisant dans la serre. Pour une serre individuelle, il est recommandé par les spécialistes de serre de viser un ratio d'ouverture d'au moins 25-30 %, avec la porosité de la moustiquaire incluse. Dans le cas d'une serre qui a des ouvertures au faite et sur les côtés, on recommande plutôt un ratio d'ouverture de 15 % par ouverture, soit un total de 30 % pour les serres individuelles. Pour les serres multi chapelles, l'impact des ouvertures latérales est marginal. Il peut alors être nécessaire d'avoir des ouvertures au toit représentant jusqu'à 50 % de la surface plancher (Standard de la *American Society of Agricultural and Biological Engineers* (Bartok, 2015a)).

Systèmes de recirculation d'air

Les « fan-jet » et les ventilateurs de type HAF (*Horizontal Air Flow*) sont des équipements permettant une recirculation d'air et sont complémentaires à la ventilation. Ils ne peuvent pas être utilisés seuls. La combinaison des systèmes de recirculation et de ventilation aura une grande influence sur la tenue des cultures et le contrôle du climat.

Le *fan-jet* est utile pour ventiler la serre durant la période hivernale, tôt au printemps, tard en automne et parfois la nuit et le matin en été. Il s'agit d'un ensemble d'entrées d'air et d'un ventilateur situé dans le faîte de la serre, et qui permet de mélanger l'air froid provenant de l'extérieur avec l'air chaud intérieur et ainsi distribuer de l'air tiède par un tube perforé (Figure 1.11). Lorsque les ventelles (louvres) de l'entrée d'air sont ouvertes, une partie de l'air chaud et humide est envoyée vers l'extérieur. Ce système permet également de faire recirculer l'air lorsque les ventelles sont fermées. Le *fan-jet* ne permet toutefois pas de ventiler la superficie de la serre en toute saison et de la glace peut se former dans les ventelles lorsqu'il est utilisé en conditions hivernales.

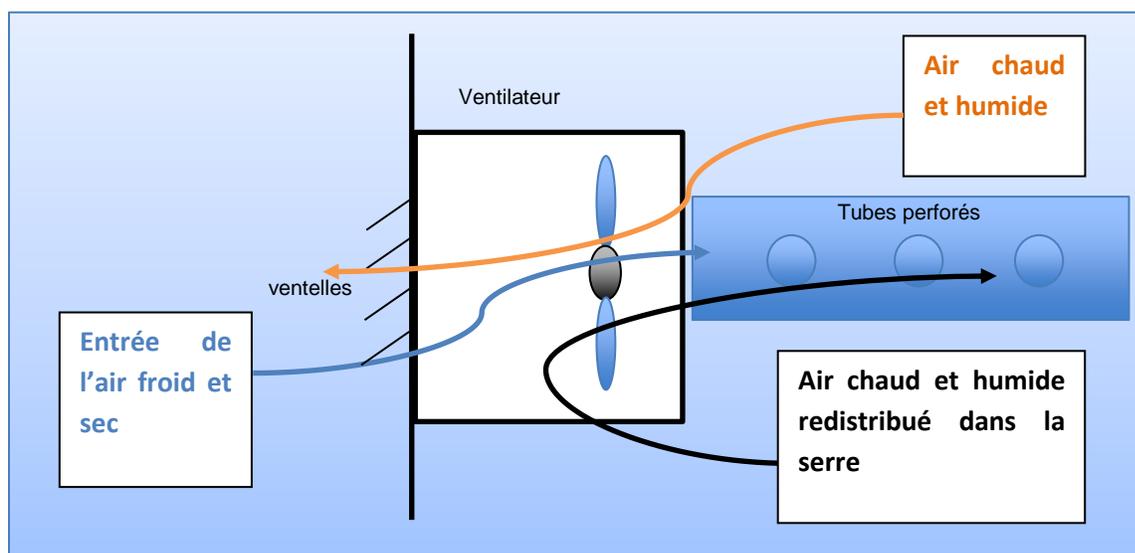


Figure 1.11. Fan-Jet
Adapté de Boudreau et Girouard (2004)

La recirculation d'air à l'intérieur de la serre peut être effectuée à l'aide de ventilateurs de type HAF, situés au-dessus de la tête des plants ce qui permet d'uniformiser le climat (température et humidité) et ainsi assurer un mouvement minimal de l'air lorsque la serre doit être fermée pendant la nuit. Il faut toutefois s'assurer que les HAF ne sont pas orientés directement sur les plants. Des caractéristiques techniques sont disponibles sur la fiche # 7 : *Ventilateurs à circulation d'air horizontale* réalisée par *Les Producteurs en serre du Québec* ([Berger et Brazeau, 2018e](#)).

Les entreprises qui utilisent un système de chauffage à air pulsé et qui sont en mesure de laisser le ventilateur de fournaise fonctionner selon les consignes climatiques d'humidité et de température peuvent aussi assurer un mouvement d'air sans ajouts de ventilateur de recirculation d'air (HAF).

Il est important de noter que les outils de ventilation mécanique et naturelle peuvent être combinés. Par exemple, pour une serre en fonction en mars et avril, un système de ventilation mécanique à pression positive combiné à la ventilation naturelle par les ouvertures sur les côtés devient un choix judicieux. Puisque plusieurs facteurs influent le choix des outils adaptés à la ventilation, il est préférable de consulter un conseiller spécialisé.

Contrôle de l'environnement

Une bonne gestion des paramètres climatiques de production (température et humidité) contribue à rentabiliser les coûts associés à la construction et aux équipements d'une serre chauffée. Il existe différentes méthodes de régulation, de la plus manuelle à la plus automatisée, toutefois un minimum d'automatisation s'avère bénéfique afin de gérer adéquatement une serre chauffée. La gestion climatique réalisée par un ordinateur de serre (automate programmable) vise à maintenir simultanément l'ensemble des facteurs climatiques (température, hygrométrie, taux de CO₂, etc.) à des valeurs de consignes établies par le producteur. L'ordinateur de serre permet de gérer le climat dans son ensemble à toute heure du jour ou de la nuit grâce à des sondes (température, humidité, tension du sol, luminosité, etc.) stratégiquement positionnées dans la serre. La fiche # 4 : *Implantation d'un système de contrôle du climat*, réalisée par *Les Producteurs en serre du Québec* permet d'approfondir ces différentes notions ([Berger et Brazeau, 2018c](#)). Les sites web de fournisseurs tels que Link4, Orisha, Argus et Priva contiennent également des informations utiles sur les contrôleurs de climat.

CHAPITRE 2. Sélection et préparation du site

INTRODUCTION	30
PERMIS ET RÉGLEMENTATIONS	30
TOPOGRAPHIE	30
PROPRIÉTÉS DU SOL.....	31
Texture	31
Structure.....	31
Propriétés chimiques.....	32
LUTTE AUX MAUVAISES HERBES VIVACES.....	32
DRAINAGE ET NIVELLEMENT	32
Drainage souterrain.....	33
Drainage de surface et nivellement.....	33
Drainage des serres	33
Infiltration de l'eau et perméabilité du sol	34
ORIENTATION : VENT ET LUMINOSITÉ	35
RESSOURCE EN EAU	35

INTRODUCTION

La culture sous abris offre plusieurs avantages, dont la possibilité d'augmenter les rendements et de limiter certaines maladies. Toutefois, elle entraîne aussi des coûts considérables. Il faut donc bien choisir le site pour en maximiser la rentabilité.

Une évaluation rigoureuse du meilleur emplacement pour un tunnel ou une serre doit tenir compte de plusieurs facteurs, entre autres la topographie, le type de sol, le drainage et la direction des vents. L'emplacement idéal prendra également en considération les ressources disponibles : l'électricité, l'accès à une eau de qualité et en quantité suffisante, les voies d'accès et la proximité des autres bâtiments agricoles.

Il est intéressant d'aller consulter l'application Web **Info-Sols** (www.info-sols.ca). On y retrouve des informations géographiques sur les terres agricoles, par exemple ; le relevé d'élévation des champs, les cartes hydrologiques, la pédologie des sols et des plans de drainage téléchargeables. Cette application est accessible gratuitement.

PERMIS ET RÉGLEMENTATIONS

Avant l'implantation d'un tunnel ou d'une serre, il importe de vérifier auprès des municipalités la réglementation en vigueur tant pour les structures permanentes que temporaires. La réglementation peut varier d'une municipalité à l'autre. Aussi, la présence d'une fondation peut faire une différence concernant l'émission des permis nécessaires à la mise en place d'une structure.

Lors du choix de l'emplacement, il faut prendre en considération les distances séparatrices exigées par le [Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection \(c.Q.-2, r.35.2\)](#) et le [Règlement sur les exploitations agricoles \(REA-c.Q.-2, r.26\)](#). Par exemple, aucun apport de fertilisant n'est autorisé à moins de 30 m de distance d'un puits.

TOPOGRAPHIE

La production maraîchère requiert un emplacement où l'écoulement des eaux de surface est adéquat afin d'éviter les zones d'accumulation qui sont néfastes à la bonne croissance des plantes. Une légère pente favorise un bon égouttement de l'eau de surface, ce qui est bénéfique pour les légumes de champs et sous tunnel chenille. Toutefois, lors de l'installation d'une serre ou d'un tunnel permanent, le terrain devrait être nivelé afin d'éliminer les pentes le plus possible. Le cas échéant, l'installation de la serre devient complexe et l'uniformité du climat ainsi que l'irrigation des cultures peuvent être affectées.

Idéalement, la serre est un peu surélevée (d'au moins 30 cm) afin de garder l'écoulement des eaux de surface à l'extérieur de celle-ci. À cet effet, le drainage en pourtour des abris permanents est nécessaire dans le but d'éliminer le refoulement de l'eau de pluie à l'intérieur et

éviter que les planches sur les côtés des abris ne soient trop humides. Ce point sera traité plus en détail à la section drainage et nivellement du présent chapitre.

PROPRIÉTÉS DU SOL

Le sol constitue la pierre d'assise de tout système agricole. Concernant la production maraîchère sous abris, tous les types de sols conviennent, à la condition qu'ils soient bien drainés et nivelés. L'idéal étant toutefois un loam ou un loam sableux riche en matière organique. Lors de la sélection du site, on cherchera à connaître les caractéristiques physiques du sol, soit sa texture et sa structure ainsi que ses propriétés chimiques et son taux de matière organique.

La meilleure façon de connaître la structure et la texture du sol consiste à réaliser un profil de sol sur une profondeur de 1 mètre afin de pouvoir distinguer les différences entre les horizons (A, B et C). Cette évaluation permet également de faire le diagnostic d'un problème de compaction ou de drainage. L'ouvrage d'Anne Weill (2009), *Les profils de sol agronomiques*, est un outil précieux qui décrit très bien la méthodologie du profil de sol et l'utilité des informations recueillies. Il est important de réaliser cette étape avant la mise en place de l'abri permanent afin d'apporter les correctifs nécessaires (décompaction ou drainage) avec la machinerie adaptée ou spécialisée, le cas échéant.

Texture

L'analyse granulométrique d'un sol indique sa texture, c'est-à-dire les pourcentages de sable, de limon et d'argile. La proportion des particules grossières (2 mm et +) est une information supplémentaire qui a un impact sur la vitesse d'infiltration de l'eau. C'est aussi un des indicateurs de la réserve en eau du sol (voir le chapitre 8 pour plus de détails). Il est donc recommandé d'en faire la demande lors d'une analyse granulométrique de base.

Les loams se drainent habituellement bien et ont un bon potentiel structural. Les loams sableux possèdent une capacité d'échange cationique (CEC) plus intéressante que les sols sableux, et ont l'avantage de se travailler facilement. La facilité de drainage dépend du type de sable. Les sables fins et très fins (grains de 0,02 à 0,2 mm) ont tendance à être compacts et à conserver l'eau comme le fait une éponge. Les sables moyens ou grossiers seront préférables. Quant aux terres limoneuses, elles se réchauffent lentement et demeurent humides plus longtemps au printemps. Elles sont sensibles à l'érosion par l'eau et à la battance. Un loam argileux peut également être intéressant s'il est bien structuré et drainé.

Structure

La structure d'un sol est caractérisée par l'organisation des particules dans l'espace. Une structure dense offrira moins de macropores (espace pour l'eau) et de micropores (espace pour l'air). Le développement des racines et la dispersion de l'eau y seront affectés négativement. À l'inverse, une structure granulaire composée d'agrégats de différentes grosseurs permettra une meilleure aération du sol et une capacité de rétention en eau accrue, ce qui sera bénéfique à l'activité biologique du sol et au développement de systèmes racinaires adéquats et en santé.

Propriétés chimiques

Une analyse de sol standard effectuée avant la mise en place de la structure permettra de connaître la réserve en éléments nutritifs (ex. : phosphore, potassium, magnésium, calcium) du sol échantillonné ainsi que la valeur du pH, la teneur en matière organique ainsi que la CEC (capacité d'échange cationique). Cette analyse permettra d'apporter les correctifs nécessaires aux problématiques majeures, tels qu'un pH inadéquat ou une faible teneur en potassium ou en phosphore. Si le sol est peu fertile, des apports correctifs visant une augmentation des éléments importants aux cultures peuvent être faits.

Un faible taux de matière organique nécessitera une stratégie à plus long terme. L'apport répété d'engrais vert, de fumier ou de compost entraînera l'augmentation de plusieurs éléments fertilisants et de la teneur en matière organique.

LUTTE AUX MAUVAISES HERBES VIVACES

Avant l'implantation d'un abri permanent, il convient de réduire le plus possible la présence des mauvaises herbes vivaces, comme le chiendent. Une jachère, courte ou longue, suivi de désherbage mécanique, doit être faite pour éliminer les mauvaises herbes vivaces. Le but est, en général, d'épuiser la vivace, mais la technique permettra également de réduire la banque de semences de mauvaises herbes annuelles.

Un travail du sol à répétition à l'aide d'une herse à dents ou à disques est une bonne façon de réduire la pression des mauvaises herbes vivaces. Prévoir un minimum de 3 à 4 passages de machinerie. La période de jachère, la fréquence de passage du désherbage, la profondeur et le type d'outil à utiliser varient selon l'adventice à contrôler. Pour plus de détails concernant les différentes étapes de réalisation d'une jachère et la destruction des principales mauvaises herbes vivaces, consulter les documents suivants :

- Pour le laiteron et chardon et tussilage : [Weill \(2018\)](#)
- Pour le chiendent : Duval ([2004](#)) et ([2014](#)).

Le semis d'un engrais vert compétitif après une jachère est souhaitable pour récupérer les éléments nutritifs libérés par la jachère. De plus, l'engrais vert va diminuer la repousse des mauvaises herbes, réduire les risques d'érosion et améliorer la structure du sol. Il y a une multitude de possibilités quant au choix de l'engrais vert selon la date de semis, les effets désirés, le type de sol et la machinerie disponible. Le [chapitre 9 du Guide de gestion globale de la ferme diversifiée](#) est une bonne source d'informations à ce sujet.

DRAINAGE ET NIVELLEMENT

Afin d'optimiser les gains de rendements liés à l'utilisation d'un abri, les drainages souterrains et de surface doivent être adéquats.

Drainage souterrain

Pour les cultures en champ et sous abris, la gestion de la nappe d'eau du sol est nécessaire afin de permettre aux racines des végétaux de croître dans un profil de sol qui n'est pas saturé en eau. Un système de drainage souterrain permet d'abaisser rapidement la hauteur de la nappe d'eau. Un conseiller agricole saura évaluer la pertinence d'installer un drainage souterrain et cette étape devra être réalisée avant la mise en place de l'abri.

Afin que le système de drainage souterrain sous l'abri permanent ne soit pas surutilisé, il est recommandé d'effectuer la gestion de la nappe d'eau souterraine sur une superficie dépassant celle de l'abri. Autrement, la pression de l'eau venant de zones périphériques pourrait ralentir le rabattement de la nappe sous l'abri. L'efficacité d'un système de drainage souterrain déjà installé peut être évaluée, entre autres, en observant le profil du sol avec l'aide d'un conseiller agricole.

Plusieurs paramètres sont à considérer lors de nouvelles installations de drainage souterrain sur une parcelle : profondeur et diamètre des drains, espacement entre les drains, enrobage de ceux-ci et la pente. En règle générale, les drains de 100 mm (4 pouces) de diamètre seront installés à une profondeur qui varie de 0,8 à 1,5 m avec un espacement de 8 à 15 m. Les drains auront un enrobage, ou pas, selon le type de sol. Le rabattement de la nappe d'eau du sol à un niveau adéquat est un des facteurs les plus importants dans l'amélioration du rendement.

Un document en lien avec l'évaluation du drainage souterrain et les possibilités d'amélioration est disponible sur Agri-Réseau ([Gagnon et coll., 2015](#)).

Drainage de surface et nivellement

Le drainage de surface a pour objectif d'éliminer les surplus d'eau de pluie et de fonte des neiges. Des fossés creusés en bordure des boisés et des champs voisins permettent d'éviter les apports d'eau provenant de l'extérieur du champ. Ensuite, un nivellement de la surface du sol est requis afin de diriger l'écoulement des eaux vers les fossés. Le nivellement du sol doit se planifier en optimisant les pentes tout en limitant le déplacement du sol arable.

Pour la culture sous abri permanent, un terrain plat est recommandé. Le nivellement d'un terrain plat doit se faire à l'aide d'un laser afin d'éviter les contre-pentes. L'œil peut être trompeur !

Drainage des serres

La gestion de l'eau qui ruissellera du toit de la serre doit se faire en installant des drains autour des abris permanents (Figure 1.10 du chapitre 1). Ils sont destinés à évacuer le surplus d'eau de pluie et de fonte de neige concentrée en bordure de l'abri. Un drain de 100 mm (4 pouces) perforé devra être installé à une profondeur de 0,6 à 1 m. Les drains doivent avoir une légère pente (0,1 %) vers un exutoire existant. Cet exutoire peut être un système de drainage souterrain ou encore un fossé déjà présent. Le drain doit être recouvert de gravier très perméable (3/4 pouce net). Une *fiche technique- Tranchées filtrantes*, explique bien les étapes de la réalisation d'une tranchée filtrante qui est très similaire au principe de drainage des

pourtours des serres ([Stämpfli et coll., 2007](#)). Référez-vous à la section sur la tranchée filtrante avec pierre en sol non travaillé.



Drainage autour des serres

Témoignage : Jean-Martin Fortier

Ferme Quatre temps, Hemmingford (Montérégie-Ouest)

Lorsqu'on installe un tunnel ou une serre permanente, c'est super important d'assurer que le drainage soit adéquat. Il faut absolument éviter que le sol soit gorgé d'eau pendant de longues périodes après de fortes pluies à l'intérieur de la serre. Autrement, il est pertinent d'installer des drains sous le tunnel/serre ou aux pourtours, selon le cas.

En serre, lorsque le sol est peu perméable, il est recommandé d'installer un drain à chaque 2 planches (ou moins selon le cas) et de réduire la profondeur d'installation des drains à 60 cm. Pour une meilleure efficacité, il est recommandé de recouvrir de sable grossier toute la surface de la serre (au-dessus des drains) sur une épaisseur de 30 cm. Afin de conserver le potentiel agricole du sol, les 30-40 centimètres de sol à la surface devront être retirés, mis de côté avant l'excavation et la pose des drains, puis remis à la surface à la fin des opérations.

Infiltration de l'eau et perméabilité du sol

Puisque les cultures sous abri ne recevront pas de pluie, l'irrigation pourra y être optimisée. Pour ce faire, l'eau apportée par l'irrigation doit pouvoir atteindre les racines des plantes sans la moindre restriction. La structure du sol doit être à son meilleur. Au besoin, une couche de sol compactée devra être ameublie par le passage d'une sous-soleuse. Le chaulage et le taux de matière organique du sol devront être adéquats afin de conserver un sol de qualité le plus perméable possible.

Considérant qu'un des avantages principaux de la culture sous abri est d'éliminer l'eau de pluie et de gérer l'irrigation de façon optimale afin d'optimiser la qualité et le rendement des cultures, les opérations coûteuses de drainage, de nivellement et de décompaction devraient être priorisées avant toute installation d'un tunnel ou d'une serre.

ORIENTATION : VENT ET LUMINOSITÉ

L'abri doit être positionné de façon à optimiser la luminosité et la ventilation tout en tenant compte de la puissance des vents dominants. Une bonne aération est bénéfique pour la prévention des maladies et limite les excès de chaleur en plein été. Au Québec, les vents dominants sont majoritairement de l'ouest, mais, en cas de tempête, il est possible que des vents puissants viennent aussi du sud et même de l'est. Si l'endroit est exposé à de forts vents, il est important que la plus petite surface de l'abri soit orientée face aux vents dominants afin d'en limiter l'emprise. Pour un abri dont la production est essentiellement d'avril à octobre, une orientation nord-sud permet une bonne uniformité de la luminosité ainsi qu'une meilleure aération à l'intérieur de l'abri. Lorsque la période de production se poursuit jusqu'à la fin de l'automne ou en hiver, l'orientation est-ouest est quant à elle optimale au niveau de la luminosité. De plus, une telle orientation permet souvent de réduire l'accumulation de neige. Bref, il s'agira de faire un compromis selon chaque emplacement et les périodes de production.

Se servir des boisés à proximité afin de réduire la puissance des vents dominants est une bonne stratégie, pourvu que cette option ne réduise pas la ventilation naturelle ou la luminosité en plein été. Il faut toutefois faire attention à la distance du brise-vent afin d'éviter la projection de débris sur les serres ou provoquer l'accumulation de neige pendant l'hiver.

Une serre doit être assez éloignée d'un bâtiment pouvant créer de l'ombrage. S'il y a plusieurs serres disposées côte à côte, une distance de 5 m entre celles-ci facilite le déneigement et réduit l'ombre générée par la proximité des structures.

RESSOURCE EN EAU

Avant d'acquérir un site qui sera destiné à la production horticole et plus précisément à la culture sous abri, il est primordial d'effectuer une analyse de la qualité de l'eau ainsi qu'une évaluation de la quantité d'eau nécessaire à l'irrigation des cultures ainsi qu'à toute autre opération telle que le lavage des récoltes. La majorité des laboratoires offrent l'analyse des paramètres suivants : pH, conductivité, alcalinité, P, K, Ca, Mg, dureté, B, Cu, Fe, Mn, Zn, Na, S en SO_4 , chlorure, sodium et nitrate. Étant donné que l'alcalinité est un indicatif du risque de colmatage du système d'irrigation, celle-ci doit être incluse dans l'analyse.

Les besoins journaliers en eau pour les cultures en serre sont principalement calculés en fonction du rayonnement solaire global (RG), en W/m^2 reçu, et varient selon la qualité de la serre, l'environnement climatique, les périodes de la journée et le stade de la culture. En tunnel chenille, l'irrigation est souvent moins fréquente, mais joue un rôle tout aussi important.

Pour plus de détails sur la qualité de l'eau, les normes d'interprétation d'une analyse et sur les besoins en eau des cultures, se référer au chapitre 8 qui traite de l'irrigation.

CHAPITRE 3. Climat et potentiel de rendement

EXIGENCES CLIMATIQUES.....	37
CLIMAT ET TYPE D'ABRI.....	37
Saison de croissance sans gel	37
Détermination des dates de plantation sous abri froid	38
GESTION DE L'ENVIRONNEMENT.....	39
Tunnel et serre froide	39
Serre trois saisons	43
COUVERTURES FLOTTANTES.....	46
POTENTIEL DE RENDEMENT	48
Tunnel et serre froide	48
Tomate.....	48
Poivron.....	50
Serre trois saisons	50
Tableau synthèse	51

EXIGENCES CLIMATIQUES

Le poivron, *Capsicum annum*, et la tomate, *Lycopersicon esculentum*, appartiennent à la grande famille d'origine tropicale des solanacées. Ces deux espèces sont originaires d'Amérique du Sud ou d'Amérique Centrale, selon les sources.

Les températures optimales moyennes de croissance pour la tomate varient entre 18 et 24 °C le jour et de 16 à 20 °C la nuit. Des températures nocturnes sous la barre des 10 °C ralentissent son développement.

Le poivron quant à lui préfère un environnement légèrement plus chaud avec des optimums de 20 à 23 °C le jour et entre 18 à 20 °C la nuit. Lorsque les températures nocturnes sont en deçà de 13 °C, son développement est affecté.

Au Québec, entre le mois d'avril et octobre, pour toute la période de production sous abris froids ou en serre trois saisons, la luminosité ne constitue pas un facteur limitant pour la tomate et le poivron.

Pour ces deux cultures, le pourcentage optimal d'humidité relative de l'air varie entre 65 et 80 % selon la température ambiante. Dans la serre trois saisons, on utilise plutôt la notion de déficit hydrique qui est exprimée en grammes d'eau contenue par mètre cube d'air. Cet aspect est développé dans la section Gestion de l'environnement - serres trois saisons.

Dans ce chapitre, il sera fait mention de plant végétatif ou génératif. Un plant végétatif met la plus grande partie de son énergie à produire des racines, des feuilles et des tiges alors qu'un plant génératif se concentre surtout sur la mise à fleurs, la nouaison et le grossissement des fruits. Le guide électronique *Production de la tomate de serre au Québec* ([Turcotte et coll., 2015](#)) en pages 14 et 15 contient des illustrations et des explications à cet effet.

CLIMAT ET TYPE D'ABRI

Saison de croissance sans gel

Le poivron et la tomate sont des plantes de climat chaud sensibles au gel. Pour les abris froids, il est essentiel d'avoir une idée des dates représentant des risques de gel printanier et automnal par localité. Ainsi, il sera possible d'estimer la durée de la saison de croissance sans gel afin d'évaluer lequel, d'une serre chauffée ou d'un abri froid, est davantage approprié au site. Il faudra prendre en considération le fait qu'un abri non chauffé offre une protection maximale d'environ 1 °C contre les gelées nocturnes.

L'Atlas agroclimatique du Québec (www.agrometeo.org/atlas/) contient des cartes de risque de gel pour l'ensemble de la province¹. Pour cultiver le poivron et la tomate sous abri froid, il faut compter un minimum d'environ 120 jours sans gel. Par exemple, des plantations réalisées le 27 mai, en abri froid, dans une région où la période sans gel s'étire jusqu'au 21 septembre, offrent un potentiel de récolte satisfaisant compte tenu des coûts de production encourus. Dans le cas contraire, il faudra évaluer la pertinence d'investir dans une serre chauffée.

Détermination des dates de plantation sous abri froid

Afin de planifier les dates de plantations du poivron et de la tomate, sous abris froids, il faut d'abord déterminer la date probable du dernier gel printanier par région². Dans l'Atlas agroclimatique du Québec, la carte « probabilité de gel 2 années sur 10 » est celle qui donne l'estimation la plus sécuritaire. Cette carte indique la date après laquelle il reste une chance sur cinq, qu'un dernier gel survienne.

Mise en garde : Les informations sur les risques de gel contenues dans l'Atlas agroclimatique du Québec sont d'ordre général pour une région donnée et ne sont pas nécessairement représentatives d'un site en particulier. Les risques de gel varient localement selon plusieurs facteurs, notamment la topographie et la proximité d'une masse d'eau.

Bien que les risques de gel soient déterminants afin de bien cibler les dates de plantation sous abris froids, il faut aussi tenir compte des conditions environnementales favorables au développement des jeunes plants. Par exemple, avant de procéder aux plantations du poivron et de la tomate, la température minimale du sol dans les dix à douze premiers centimètres doit atteindre 15 °C. Ainsi, en fonction du groupe de résistance au froid de la culture, il faut soustraire ou additionner des jours à la date selon laquelle il reste 20 % de risque de gel. Le Blogue de l'Atlas agroclimatique du Québec (Leblanc et Audet, 2019) ainsi que le répertoire des dates de la Financière agricole du Québec (Financière agricole, 2019) donnent des balises pour la plantation en plein champ de différentes espèces légumières. Ces dates pourront être un peu devancées, afin de mieux correspondre aux conditions environnementales des abris.

¹ Dans le menu déroulant à gauche, choisir « risque de gels » pour accéder à des cartes de risque de gels printaniers, automnaux ainsi qu'à la longueur de la saison sans gel. N'oubliez pas de vérifier que la température seuil est bien de 0 °C. Il faudra préalablement installer le logiciel WeatherScope disponible sur la page d'accueil [d'Agrométéo Québec](#).

² Choisir la carte « dernier gel printanier 2 années sur 10 ». Cliquer sur le petit globe terrestre au bas de la carte donne accès à une carte interactive selon les localités. Le chiffre indiqué sur la carte est une date du calendrier julien. Par exemple, en Montérégie dans la zone rouge, le chiffre 127 correspond au 7 mai. Ceci signifie qu'il y a 20 % de chance d'avoir un risque de gel printanier après le 7 mai.

Voici un exemple pour une plantation de poivron à Saint-Rémi de Napierville

Selon la carte interactive de *l'Atlas agroclimatique du Québec* « probabilité de gel 2 années sur 10 », le poivron pourrait être planté le 126^e jour de l'année, soit le 6 mai. Étant donné que le poivron est très sensible au froid, le *Blogue de l'Atlas agroclimatique du Québec* recommande de retarder de 14 jours la plantation en plein champ, ce qui correspond au 20 mai à Saint-Rémi. Cette date pourrait alors être devancée au 15 mai afin de correspondre aux environnements climatiques des abris froids.

Bien entendu, avant de procéder aux plantations, il faudra tenir compte du contexte particulier de la saison et consulter les prévisions météorologiques de la semaine à venir (gel, temps froid, venteux).

Certaines pratiques agronomiques ont le potentiel d'accélérer la hausse des températures de sol ou de l'air autour des transplants. Ainsi, la solarisation du sol avec des plastiques transparents, l'usage de paillis de plastique noir sur les buttes et de couvertures flottantes vont contribuer à emmagasiner la chaleur du sol ou de l'air. Les plastiques transparents sont particulièrement efficaces pour augmenter rapidement la température d'un sol raisonnablement humide. Selon les observations de certains maraîchers, en trois à quatre jours, dans un tunnel fermé et par temps ensoleillé, la température à 15 cm de profondeur peut passer de 8-10 °C à 18-20 °C. L'usage des couvertures (Agrisyl) est décrit un peu plus loin dans le chapitre.

Durant les deux à trois semaines qui suivent les plantations, les températures de nuit sous la barre des 10 °C ne sont pas idéales. Il faudra alors faire un compromis entre des plantations trop tardives et un départ de croissance plus lent des plantes. Le poivron en particulier s'établit très lentement à des températures de cet ordre.

GESTION DE L'ENVIRONNEMENT

La gestion de l'environnement pourra bien évidemment être beaucoup plus pointue en serre trois saisons, tant en ce qui concerne les températures, qu'en ce qui a trait à l'humidité relative. En abri froid, il est quand même possible d'avoir un impact sur les températures ambiantes et l'aération, en fonction de l'équipement et du type d'abri. Dans le cas des tunnels et des serres qui ne sont pas équipés de systèmes de ventilation mécanique ou de recirculation d'air, il est suggéré de ne pas choisir des cultures qui deviennent trop hautes et trop denses le long des côtés de l'abri afin de ne pas réduire la ventilation naturelle par les côtés.

Tunnel et serre froide

Un projet réalisé dans le Bas-Saint-Laurent en 2009 et 2010 (Favreau et coll., 2011) rend compte des températures en plein champ et sous tunnel froid. La structure est un tunnel Ovaltech I (7,62 m x 17,0 m) recouvert d'un plastique simple qui est retiré et posé chaque année. Les raidisseurs sont espacés aux 2,1 m.

Tableau 3.1. Moyennes mensuelles des températures de l'air maxima, minima et moyennes

Comparaison entre le tunnel et le champ (°C) Saint-Valérien-de-Rimouski (Bas-Saint-Laurent) 21 mai au 9 octobre 2010						
Mois	Tunnel froid			Extérieur		
	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne
Mai (21 au 31)	29,57	9,39	18,71	25,71	7,95	16,68
Juin	27,52	10,19	17,79	24,10	9,22	16,59
Juillet	32,46	14,22	21,81	27,37	13,86	20,03
Août	31,01	12,79	20,65	25,89	12,69	18,76
Septembre	23,84	7,98	13,92	18,52	7,50	12,46
Octobre (1 au 9)	21,93	3,73	10,51	14,88	3,36	8,22
Saison	28,39	10,70	18,12	23,56	10,16	16,42

Compilation d'après : [\(Favreau et coll. 2011\)](#)

Les gradients saisonniers de température de l'air exprimée en degré Celsius sont pour l'année 2010 de : 4,83 pour les maxima, 0,54 pour les minima et 1,70 pour les moyennes. Étant donné que le tunnel emmagasine l'énergie solaire, ce sont les températures maximales de jour qui subissent les plus grandes variations. Les différences sont moins marquées entre les températures minimales de nuit dans le tunnel et celles de l'extérieur, soit de 0,1 à 1,44 °C. Le plus fort gain de minima est atteint en mai et en juin lorsque la ventilation de jour est réduite et que le tunnel est fermé la nuit. Un autre constat important est que les tunnels chenille et les tunnels froids offrent seulement une protection minimale contre les gels.

Dans le cadre de ce même projet, l'effet du tunnel est plus marqué sur la température minimale du sol que sur la température minimale de l'air (Figure 3.1). La température minimale du sol est de 1,5 à 2 °C plus élevée dans le tunnel. De plus, l'effet du tunnel sur la température moyenne du sol est plus important en début et en fin de saison qu'en juillet et en août.

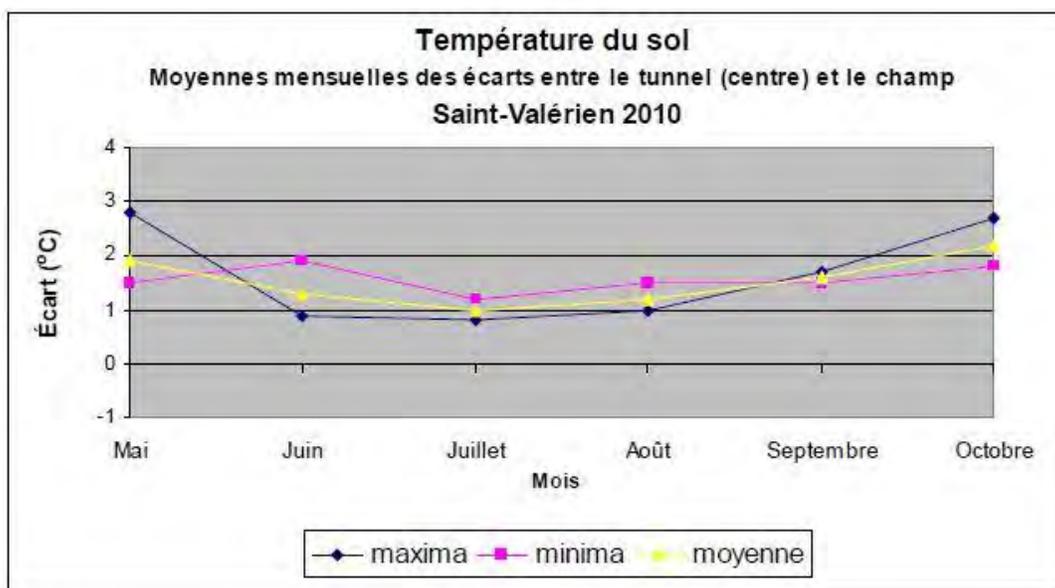


Figure 3.1. Moyennes mensuelles des écarts de température entre le tunnel et le champ d'un sol nu et non butté à 10 cm de profondeur, Saint-Valérien, 2010.

Les **tunnels chenille** sont longs, étroits et moins hauts que les serres, ce qui occasionne plus d'effets de bordure sur la température. La bordure correspond à la zone de transition climatique entre l'extérieur et la structure. Lors de période de canicule, et même simplement lors des journées ensoleillées, le faible volume d'air dans le tunnel limitera le potentiel de circulation de cet air et favorisera l'accumulation de la chaleur. Étant donné que l'air chaud a tendance à monter, il s'accumulera près des têtes des plants. De plus, le polyéthylène permet la pénétration par rayonnement de la chaleur.

Au printemps, le polyéthylène qui recouvre la structure doit être fermé au niveau du sol afin de conserver la chaleur. Du côté des vents dominants, on peut utiliser des pelletées de sol et de l'autre côté, des sacs de roche. Ceci permettra de fermer et d'ouvrir les polyéthylènes du côté abrité du vent afin de ventiler le tunnel. La température de l'air peut monter rapidement par temps ensoleillé lorsque tout est fermé. Une fois la saison chaude bien amorcée, et, lorsque la température de nuit est élevée, la plupart des maraîchers laissent les côtés ouverts en roulant les polyéthylènes sur des crochets de rétention. Ils seront fermés en cas d'alerte de vents violents (> 60 km/h) afin de protéger les plants tout en évitant le soulèvement des polyéthylènes et les dommages potentiels à la structure. Le lecteur pourra référer au chapitre 1 pour plus de détails sur les techniques d'ouverture des côtés.

Les **tunnels ou serres froides** permettent de mieux gérer l'environnement que les tunnels chenille. Ils sont plus hauts, plus étanches et se prêtent à davantage de possibilités pour améliorer la ventilation, surtout lorsque l'électricité est disponible. Plus grand est le volume d'air d'une serre, moins les variations (ou fluctuations) de température seront importantes. Ainsi, la température montera et baissera moins rapidement, ce qui limitera les pics de températures du milieu de la journée.

Un revêtement de serre en simple polyéthylène permet d'augmenter les températures moyennes sur 24 heures de 7 °C. Avec un double polyéthylène, équipé d'une soufflerie, le gain thermique total est de 12 °C, soit 5 °C supplémentaires tout en réduisant d'environ 7 % la luminosité. Ces chiffres représentent des ordres de grandeur variables selon le type de structure et les conditions météorologiques extérieures. ([Jett, 2014](#)).



Figure 3.2. Serre froide avec jupettes de plastique dans le bas des côtés
Michel Massuard

Afin de prendre les bonnes décisions pour ventiler les tunnels et les serres froides, il est essentiel de placer un ou deux thermomètres dans les abris. Le Tableau 3.2 donne des consignes sur les températures de croissance des plants et pour initier la ventilation.

Tableau 3.2. Seuils de température pour la ventilation en abris froids

Culture	Stade de croissance	Température optimale (°C)	Température maximale (°C)	Température seuil pour ventiler (°C)
Tomate	Transplant à la floraison	21-24 °C	29 °C	24 °C
	Floraison à la récolte			18 °C
Poivron	Transplant à la floraison	21-27 °C	29 °C	24 °C
	Floraison à la récolte			24 °C

Source : [Jett \(2003\)](#)

Le degré de ventilation va dépendre de la force des vents dominants ainsi que de l'orientation de l'abri. L'objectif consiste à maintenir la température de jour entre 24 et 29 °C. La ventilation doit être faite en général entre 10 h et 16 h. À l'annonce d'un risque de gel, les ouvrants doivent être fermés en milieu d'après-midi et il est possible d'assurer une protection supplémentaire en utilisant des couvertures flottantes (voir la section du chapitre sur les couvertures flottantes).

La température doit être suivie de près lors des journées printanières ensoleillées. Dans un tunnel non ventilé, la température peut atteindre 38 °C alors qu'à l'extérieur, il fait 18 °C. ([Jett, 2004](#)).

Serre trois saisons

Des serres relativement bien équipées, avec par exemple, des contrôleurs automatisés du climat permettent de créer un environnement plus optimal pour les cultures. La conduite de l'aération, de l'irrigation et des températures va avoir un impact sur le déficit hydrique de l'air. Cette notion est au cœur de la gestion de l'environnement dans les serres trois saisons.

L'humidité relative (HR), en pourcentage, exprime un rapport entre la quantité réelle de vapeur d'eau présente dans un volume d'air donné (humidité absolue) et la quantité maximale de vapeur d'eau qui peut être contenue dans ce volume d'air à une température donnée. Le déficit hydrique ou hygrométrie indique la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air et est exprimé en grammes d'eau par mètre cube (g/m^3). À l'aide de chartes, en connaissant l'HR et la température de l'air, on peut connaître les valeurs de déficit hydrique de la serre (Figure 3.3). La notion de déficit hydrique permet d'optimiser le climat bénéfique aux plants. Par rapport à l'humidité relative, le concept d'hygrométrie tient compte de la température de l'air qui fera varier le contenu réel en eau de l'air, soit l'humidité absolue. Pour diminuer l'humidité relative d'un volume d'air fermé, il suffit de le réchauffer. Les relations dans les [diagrammes d'humidité](#) sont faites de courbes.

Pour qu'une plante soit en mesure de transpirer, il doit y avoir un différentiel de pression de vapeur d'eau entre l'air ambiant et l'intérieur de la feuille. La figure 3.3 indique les zones de déficit d'humidité idéales (en vert) et acceptables (en blanc) pour les plantes cultivées en serre. Les zones jaunes et rouges sont à éviter, car ces extrêmes seront néfastes à la croissance, à la qualité des fruits et à la productivité des plants. Lorsque le déficit d'humidité est trop élevé, en rouge, il y aura une transpiration excessive. Les plants auront des feuilles minces et plus petites, des tiges menues et un système racinaire plus fort. Lorsque le déficit d'humidité est trop bas, en jaune, le taux de transpiration sera faible. Les plants porteront des feuilles plus épaisses et plus grandes, de grosses tiges, un système racinaire plus faible et seront plus sensibles aux maladies.

Environ 90 % de l'eau qui est consommée par un plant de tomate est retournée dans l'air de la serre par transpiration. De petits plants contribuent beaucoup moins à augmenter l'humidité d'une serre que des plants bien développés. Une bonne transpiration des feuilles permet d'optimiser la photosynthèse, de faire un appel de sève, de transférer les sels minéraux dans toute la plante et les fruits, de favoriser l'activité racinaire et de réguler la température des plants et de la serre. Le défi du maraîcher est de produire des plants équilibrés au feuillage bien développé sans être excessif afin d'offrir un environnement favorable à la transpiration des plants.

Déficit d'humidité en g/m ³ pour différentes humidités relatives et températures																							
RH (%)	Température (°C)																						
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
40	5.0	5.3	5.6	6.0	6.4	6.8	7.2	7.7	8.2	8.7	9.2	9.8	10.4	11.0	11.7	12.4	13.1	13.8	14.6	15.5	16.3	17.3	18.2
45	4.6	4.9	5.2	5.5	5.9	6.2	6.6	7.1	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.1	10.7	11.3	12.0	12.7	13.4	14.2	15.0	15.8	16.7
50	4.1	4.4	4.7	5.0	5.3	5.7	6.0	6.4	6.8	7.2	7.7	8.2	8.7	9.2	9.7	10.3	10.9	11.5	12.2	12.9	13.6	14.4	15.2
55	3.7	4.0	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.8	6.1	6.5	6.9	7.3	7.8	8.3	8.7	9.3	9.8	10.4	11.0	11.6	12.3	12.9	13.7
60	3.3	3.5	3.8	4.0	4.3	4.5	4.8	5.1	5.5	5.8	6.2	6.5	6.9	7.3	7.8	8.2	8.7	9.2	9.8	10.3	10.9	11.5	12.1
65	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7	4.0	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6.1	6.4	6.8	7.2	7.6	8.1	8.5	9.0	9.5	10.1	10.6
70	2.5	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.9	4.1	4.3	4.6	4.9	5.2	5.5	5.8	6.2	6.5	6.9	7.3	7.7	8.2	8.6	9.1
75	2.1	2.2	2.4	2.5	2.7	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.1	4.3	4.6	4.9	5.1	5.4	5.8	6.1	6.4	6.8	7.2	7.6
80	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.3	2.4	2.6	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7	3.9	4.1	4.4	4.6	4.9	5.2	5.4	5.8	6.1
85	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.2	2.3	2.4	2.6	2.8	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7	3.9	4.1	4.3	4.6
90	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	2.4	2.6	2.7	2.9	3.0
95	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5
99	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3
100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Figure 3.3. Carte de déficit d'humidité (g/m³) pour différentes humidités relatives (% HR) et températures pour les plants cultivés en serre. Zones de déficit d'humidité idéales (vert), acceptables (blanc), refroidissement maximal (bleu), transpiration excessive (rouge), top humide (jaune).
Dany Boudreault, Climax Conseils

Les régies de contrôle de l'environnement qui suivent sont adaptées des informations qui se retrouvent dans l'annexe 4 du guide *Production de la tomate de serre au Québec* (Turcotte et coll., 2015). Une présentation PowerPoint faite par Jacques Thériault, agronome chez Climax Conseils, élabore également sur la gestion de l'humidité en serre (Thériault, 2017).

Au **printemps**, on cherche en général à conserver l'humidité dans la serre. Les jeunes plants possèdent une surface foliaire limitée par rapport au volume d'air et la transpiration ne suffit pas toujours à maintenir une hygrométrie adéquate à leur pleine croissance. C'est le cas par exemple lors des journées ensoleillées et lorsque la ventilation est activée. À cet effet, un système de brumisation bénéficie tout particulièrement aux jeunes plants de poivrons durant les deux mois qui suivent la mise en terre, le temps nécessaire à ce que le feuillage soit bien développé.

Une façon simple de modifier l'humidité atmosphérique consiste à évacuer plus ou moins rapidement l'air intérieur enrichi d'eau. Différentes stratégies s'appliquent en fonction de la température et du moment de la journée.

En mi-journée, si l'humidité n'est pas suffisante, la stratégie serait de retarder l'aération le plus longtemps possible afin de conserver l'humidité présente dans l'air. Les consignes de températures seront ajustées autour de 26-28 °C. Il y a une conciliation à faire entre l'humidité et le maintien des températures. Avant d'aérer activement la serre, il faut s'assurer que les plants sont bien irrigués afin de pallier une transpiration excessive provoquée par l'assèchement de l'air. **En fin de journée**, l'aération sera minimale pour encore une fois conserver l'humidité.

Si la journée s'annonce chaude et ensoleillée et que la nuit a été fraîche, on peut chauffer à la base des plants une bonne heure avant le lever du soleil tout en aérant, et ceci jusqu'à ce que le soleil réchauffe la serre. Ainsi, on évite la condensation sur les plants en début de journée tout en activant la transpiration. Ceci atténue également le « choc » d'une augmentation trop rapide des températures. Idéalement, la hausse des températures ne devrait pas dépasser 1 °C/h. Il faut toujours chauffer en premier et attendre que la température de la serre atteigne 19 °C pour aérer. Lorsque la température extérieure est inférieure à 14 °C, les ouvrants du côté abrité des vents dominants doivent être activés progressivement de 5 à 25 %. Une ouverture trop rapide pourrait créer une ventilation froide, stressant ainsi les plants qui prendront une coloration vert pâle avec des pétioles violacés ce qui aura aussi comme conséquence de créer un effet génératif trop puissant ([Turcotte et Lambert, 2003](#)).

En été, lors d'une belle journée chaude, il faudra conserver l'humidité le plus possible en après-midi, afin de favoriser une bonne transpiration des plants. Lorsque les températures sont supérieures à 23 °C et que l'humidité baisse sous les 70 %, l'ouverture des ouvrants de la serre doit être restreinte. Les plants vont ainsi continuer à transpirer au lieu de tomber en stress hydrique. Ceci peut créer un abaissement des températures de la serre de l'ordre de 2 à 3 °C par rapport à l'extérieur. On enlève la restriction sur l'aération lorsque la température de l'air de la serre passe la barre des 27 °C.

À la **fin de l'été et en début d'automne**, les nuits sont plus froides. La relance matinale du chauffage combinée à un peu d'aération va limiter les maladies fongiques en évitant la condensation. Ce climat va stimuler la transpiration des plants et favoriser un meilleur système racinaire en plus de limiter les problèmes de microfendillement sur les fruits.

Par **temps pluvieux**, que ce soit au printemps, en été ou en automne, il faut gérer l'excès d'humidité. Il est important de chauffer en premier et d'ouvrir ensuite. Par exemple, on maintient les ouvrants ouverts l'après-midi tout en chauffant pendant une à deux heures. On vise ainsi à faire monter la température de l'air de 1 à 1,5 °C ce qui pourrait abaisser l'humidité jusqu'à 5 à 10 %. Même si c'est humide à l'extérieur, l'air y est plus froid et contient moins de vapeur d'eau. Ça vaut donc la peine d'évacuer de l'air plus chaud chargé d'humidité.

La méthode Tom'Pousse, développée par Gilles Turcotte et Liette Lambert ([Lambert, 2003](#)), propose un suivi hebdomadaire du développement phénologique sur des plants de tomates témoins. Cette méthode permet de prendre de meilleures décisions sur la conduite de la culture en serre, dont la gestion du climat. L'objectif est de maintenir les plants productifs, vigoureux et équilibrés (végétatif versus reproductif) en fonction de l'énergie lumineuse globale reçue, en joules/cm² pendant une semaine.

COUVERTURES FLOTTANTES

Les couvertures flottantes sont aussi appelées bâches, toiles thermiques, couvertures thermales ou Agryl (terme commun qui correspond à une marque offerte par l'industrie). Ce sont des toiles en fibres de polymère non tissées qui permettent à l'air et à l'eau de passer. L'industrie offre différents types de couvertures dont l'épaisseur est exprimée en poids par unité de surface (g/m²). Plus les bâches sont lourdes, plus elles protègent des gels et moins elles laissent passer la lumière.

Les couvertures flottantes utilisées en production légumière de plein champ et sous abris sont légères, avec un poids qui varie de 17 à 22 g/m² tout en procurant une luminosité de 80 à 95 %. Dans tous les cas, on utilise des arceaux pour déposer les toiles par-dessus la culture et éviter qu'elles ne touchent les jeunes plants. Ceci évite les gels par contact dans les abris froids et permet aux jeunes plants de pousser librement tout en créant un plus grand volume d'air favorable à la culture. Les arceaux les plus populaires dans les abris sont ceux en acier galvanisé d'environ 2 m. Ils sont insérés à une profondeur de 10 à 13 cm dans le sol de chaque côté de la planche, permettant de générer un tunnel d'une hauteur d'environ 45 cm au sommet.

Les arceaux sont installés à tous les 1,5 m ou aux 3 m en quinconce lorsque plusieurs planches sont couvertes par la même couverture. Dans les abris où il y a emprise des vents, comme dans les rangs de bordure des tunnels chenille et dans les grands tunnels multichapelles, des sacs de pierres concassées fabriqués avec un matériau traité contre les rayons ultraviolets sont déposés à chaque deux arches aux pourtours de la toile (Figure 3.4).

Sous **abris froids**, les couvertures sont utiles en début de saison pour augmenter la température moyenne journalière et conserver l'humidité ambiante autour des jeunes plants tout en offrant une protection supplémentaire dans l'abri contre les gels nocturnes de 0,5 à 3 °C. Dans les tunnels chenille, les deux rangs de bordure vont bénéficier particulièrement de la protection offerte par les couvertures flottantes contre les vents printaniers frisquets.

Les printemps québécois sont reconnus pour leurs extrêmes climatiques et leurs caractères imprévisibles. Dans ce contexte, la durée d'utilisation des couvertures dans les **abris froids** peut varier passablement entre dix jours à trois semaines selon la saison, le site, la culture et le type de structure. Dans la tomate et le poivron, lorsque les températures de nuit sont supérieures à 10 °C et qu'aucun risque de gel n'est annoncé, elles peuvent être retirées.

Lorsque les couvertures sont combinées aux abris, leur efficacité peut être amplifiée de deux à trois fois par rapport à l'utilisation en plein champ. Ceci permet d'augmenter de 3 à 10 °C la température de jour autour des plants, car le vent n'a pas d'emprise pour y balayer l'énergie thermique emmagasinée (Jett, 2004). Plus l'ensoleillement est intense, plus l'effet de chaleur sera marqué. Afin d'éviter des stress climatiques majeurs aux jeunes plants, **le retrait diurne des couvertures est incontournable en avant-midi lors des journées ensoleillées**. Elles seront replacées en fin d'après-midi. La tomate tolère moins bien que le poivron les températures élevées (Tableau 3.2) ce qui entraîne un risque d'avortement de la première grappe et un développement végétatif exacerbé.

Dans les **serres trois saisons**, les couvertures thermales permettent d'économiser de l'énergie en mars et en avril, en réchauffant l'air et le sol près des jeunes plants. Pour ce faire, les ballons de chauffage sont installés sous les toiles. Encore une fois, la température doit être suivie de près pour éviter la surchauffe.

Les couvertures peuvent aussi servir **d'ombrière** lors de l'acclimatation des jeunes plants. Il s'agit alors de les poser à la verticale du côté sud des plants, en guise de rideaux, évitant ainsi l'accumulation de chaleur excessive le jour.



Figure 3.4. Couverture thermique sur tomate dans un grand tunnel multichapelle

POTENTIEL DE RENDEMENT

Tunnel et serre froide

Les abris froids permettent d’allonger la saison de croissance par rapport au plein champ. Aussi, les récoltes de tomate et de poivron seront plus hâtives de cinq à dix jours dans les tunnels chenille et de dix à vingt jours dans les serres froides. Bien entendu, ces périodes peuvent varier, entre autres, selon le site, la gestion climatique de l’air et du sol, le type de structure, les équipements disponibles et d’autres facteurs de production tel que la grosseur des transplants. Dans les prochains paragraphes, il sera présenté une synthèse de quelques essais comparant les rendements dans les légumes de champ et sous abri froid.

Tomate

Dans le Sud de la province du Québec, les rendements moyens de la tomate de champ tuteurée indéterminée de type charnu sont d’environ 5 kg/m² et varient entre 2 et 7,6 kg/m² (Villeneuve, 2019). Les grands écarts de rendements illustrent la fragilité de la plante aux intempéries, aux maladies foliaires bactériennes et fongiques ainsi qu’aux dépérissements racinaires. Tous ces désordres sont favorisés par la mouillure du feuillage, les vents violents, les excès de pluie et le manque de rotation. Les problèmes reliés à la santé des sols, tel que la compaction, une mauvaise structure et un drainage déficient vont accentuer les problématiques reliées à la baisse de rendement.

Dans le cadre d’un projet réalisé en 2006 et 2007 en Montérégie, les pertes causées par le chancre et la moucheture bactérienne ont atteint 17 142 kg/ha en plein champ et seulement 195 kg/ha, sous grands tunnels (Villeneuve, 2007). Dans l’abri, les plants malades sont situés aux extrémités et en bordure des arches, à des endroits où la pluie peut atteindre les plants.

En 2008 et 2009, un projet réalisé en Outaouais rend compte des rendements obtenus pour les variétés de tomates charnues Big Beef et Mountain Fresh, sous grands tunnels et en plein champ (Baez, 2010). Lors de cet essai, les récoltes ont été prolongées de cinq semaines dans les grands tunnels par rapport au plein champ, soit deux semaines plus tôt en juillet et trois semaines plus tard en fin de saison.

Tableau 3.3. Rendements moyens en tomate commercialisable 2008-2009
Outaouais

Variété	Grands tunnels	Champ
Big Beef indéterminée	7,9 kg/m ²	3,7 kg/m ²
Mountain Fresh semi-déterminée	5,1 kg/m ²	2,8 kg/m ²

En 2009 et 2010, un projet réalisé au Bas-Saint-Laurent a de nouveau démontré les avantages de cultiver la tomate sous abri, dans ce cas-ci en serre froide, par rapport au plein champ ([Favreau et coll., 2011](#)). Lors de cet essai, les récoltes ont été prolongées de deux à trois semaines dans la serre froide par rapport au plein champ, soit une semaine plus tôt en juillet et une à deux semaines plus tard en fin de saison, jusqu'au début octobre par rapport au plein champ.

Tableau 3.4. Rendements moyens en tomate commercialisable 2009-2010
Bas-Saint-Laurent

Variété	Serre froide	Champ
Big Beef ronde indéterminée	10,0 kg/m ²	4,3 kg/m ²
Viva Italia italienne semi-déterminée	8,2 kg/m ²	3,9 kg/m ²



Capsule témoignage : Frédéric Thériault

Ferme Coopérative Tourne-Sol, Les Cèdres Montérégie-Ouest

Dès l'implantation des tunnels chenille, nous avons remarqué une augmentation substantielle de la qualité et de la quantité des tomates produites. La production au champ était problématique surtout à cause des maladies bactériennes et du mildiou.

Les bons résultats obtenus dans les tunnels ont stimulé l'amélioration des techniques de production et la sélection variétale. Étant situé au sud de la province, le potentiel de rendement en tunnel chenille de la tomate est satisfaisant. Par contre, nous faisons le choix d'offrir des tomates dans nos paniers à partir de la fin juillet uniquement. Voici un résumé des rendements en tomate, pris à la ferme, entre 2007 et 2018.

Tableau 3.5. Rendement des tomates à la ferme Tourne-Sol en kg/m²
Montérégie-Ouest

	2007	2008	2009	2010	2011	2013	2014	2016	2018
Tomate cerise									
Champ	2,4	2,8	1,1	3,0					
Tunnel chenille				6,8	6,0	7,9	7,8	10,8	8,5
Tomate charnue indéterminée « New Girl »									
Champ	1,1	4,9	1,3	4,5					
Tunnel chenille		7,3	9,6	7,5	10,7	10,8	12,5	16,3	14,3

Source : Frédéric Thériault, Ferme Coopérative Tourne-Sol

Poivron

En plein champ, selon des essais réalisés en 2002 et 2003 dans les Basses-Laurentides et en Montérégie, le rendement moyen du poivron coloré commercialisable atteint environ 4 kg/m² ([Villeneuve, 2003](#)). Des prises de rendements réalisés en Outaouais sur deux années ont démontré des rendements moyens commercialisables pour le poivron rouge de l'ordre de 4 kg/m² en plein champ et de 5,9 kg/m² dans un grand tunnel (Massuard, 2012).

En 2017, un projet réalisé dans le nord de l'état de New York par le Centre de recherche de Cornell a comparé les rendements du poivron rouge Red Knight cultivé en plein champ et en serre froide. Les conditions climatiques de cette région s'apparentent à celles de la plaine de Montréal. Le rendement à l'extérieur a atteint 1 kg/plant alors qu'il était de 2,26 kg/plant en serre froide. La récolte a commencé le 9 septembre en plein champ, et 2,5 semaines plus tôt dans la serre froide. Un gel mortel a été enregistré le 17 octobre au champ alors que la récolte s'est poursuivie jusqu'au 3 novembre dans la serre froide ([Ivy, 2017](#)).

Serre trois saisons

Au Québec, les rendements de tomates et de poivrons biologiques cultivés en plein sol en serre trois saisons sont peu documentés au niveau de la littérature. Les potentiels de rendement indiqués dans le Tableau 3.6 proviennent de données obtenues par l'auteure auprès de différentes entreprises maraîchères et plusieurs conseillers agricoles. Ainsi, on rapporte des rendements qui varient de 7 à 10 kg/m² pour le poivron coloré et de 20 à 30 kg/m² pour la tomate charnue indéterminée. Dans ce contexte, les poivrons de couleur seront récoltés sur une période de 18 à 19 semaines et la tomate charnue sur 21 à 22 semaines. Avec des plantations réalisées aux alentours de la mi-mars, et ce, peu importe la région, il est réaliste de commencer les récoltes vers la troisième de juin pour le poivron coloré et dès la première semaine de juin pour la tomate de type charnue. Ceci peut s'avérer un atout pour bien des entreprises qui livrent des paniers tôt en saison et pour les premiers marchés.

Bien entendu, le potentiel de rendement sera supérieur dans des serres qui seront en production à l'année longue. Pour le poivron carré, un projet réalisé en 2007, par *le Centre d'information et de développement expérimental en serriculture (CIDES)*, rend compte de potentiels de rendements dans des serres chauffées. Ainsi, pour des plantations réalisées de la fin janvier à la fin février et des récoltes s'étalant sur 23 à 36 semaines, soit du début avril à la fin décembre, les rendements obtenus en fruits de poivron ont été respectivement de 13 et 17 kg/m² en palissage horizontal et vertical ([Brossard et coll., 2008](#)). Les systèmes de palissage sont détaillés dans le chapitre 6.

Pour la tomate, le guide *Production de la tomate de serre au Québec* ([Turcotte et coll., 2015](#)) mentionne des rendements qui varient de 28 à 53 kg/m² pour des plantations en début février et des récoltes échelonnées sur 32-33 semaines de la mi-avril à la fin novembre.

Tableau synthèse

Le Tableau 3.6 dresse un portrait du potentiel de rendement et des périodes de récolte possibles pour les différents types d'abris. Les données proviennent de projets et d'informations recueillies à la ferme dans plusieurs régions du Québec, sous abris froids et en serres chauffées. Bien entendu, les périodes de récolte et les rendements peuvent varier selon plusieurs facteurs tels :

- Les variétés et la résistance aux différents pathogènes ;
- Le savoir-faire au niveau de la conduite de la culture, la gestion de l'environnement, le travail réalisé sur la culture (taille et palissage), l'irrigation, la fertilisation et le travail du sol ;
- La qualité des infrastructures et des équipements : transmission de la lumière des revêtements, contrôle de l'environnement et des irrigations, capacité de chauffage et d'aération, etc.

Tableau 3.6¹. Potentiel de rendement et périodes de récolte selon le type d'abri

Légume	Type d'abri	Rendement	Période de récolte
Tomate charnue indéterminée	Tunnel chenille	8-15 kg/m ²	Fin juillet-fin septembre
	Tunnel et serre froide	10-20 kg/m ²	3 ^e de juillet-Fin septembre
	Serre trois saisons	20-30 kg/m ²	Début juin-début novembre
Tomate charnue déterminée	Abri froid	5-11 kg/m ²	Fin juillet-fin septembre
Poivron coloré	Tunnel chenille	4,8-6 kg/m ²	Mi-août-Début octobre
	Tunnel et serre froide	5,5-6,8 kg/m ²	Début août-début octobre
	Serre trois saisons	7-10 kg/m ²	3 ^e de juin-début novembre

¹Note : compilation effectuée par l'auteure auprès des producteurs et à partir de différents projets

Prendre les bonnes décisions

Les bénéfices financiers ne suivent pas nécessairement l'augmentation des rendements. Le coût des infrastructures, les frais fixes et variables sont autant de facteurs à considérer avant de tirer des conclusions trop rapides. Ceci est particulièrement le cas pour le poivron. Le chapitre 11 sur la rentabilité fera aller la calculatrice, ce qui guidera la prise de meilleures décisions.



**Capsule témoignage : François Handfield et Véronique Bouchard
Ferme Aux petits oignons, Mont-Tremblant (Laurentides)**

Dans les serres trois saisons, nous produisons de la tomate, du poivron, du concombre et de l'aubergine. Les variétés de tomates charnues, italiennes et cerises sont greffées sur Maxifort et conduites sur deux têtes en palissage vertical. Elles sont toutes tolérantes à la moisissure olive qui est une maladie agressive et redoutée. Dans la tomate charnue, les rendements varient de 20 à 40 kg/m² selon la variété et la régie du producteur. 😊

Dans les serres chauffées, les poivrons allongés Carmen et Oranos sont palissés en horizontal avec une taille minimale. La récolte est de l'ordre de 7 à 10 kg/m².

Pour ce qui est des tunnels chenille et étant donné que notre ferme est située à Mont-Tremblant, nous planifions les plantations de poivron et de tomate vers le 15 mai. Selon la météo, elles sont réalisées entre le 15 et le 25 mai. Les jeunes plants sont protégés durant deux à trois semaines avec des bâches P-19 parfois doublées. Les rendements sous ce type d'abri varient pour les tomates italiennes et charnues déterminées vigoureuses de 8 à 15 kg/m² avec une moyenne de 10,4 kg. En ce qui concerne les poivrons en mélange, carrés et allongés, les récoltes oscillent entre 4 à 7 kg/m² avec une moyenne de 5,3 kg.

CHAPITRE 4. Variétés

INTRODUCTION	54
GÉNÉTIQUE ET VARIÉTÉS.....	54
Hybrides de première génération (F1).....	54
Variétés à pollinisation libre (OP).....	54
Variétés ancestrales	55
TOMATE DÉTERMINÉE ET INDÉTERMINÉE	56
CHOIX DES VARIÉTÉS.....	56
MOISSURE OLIVE DE LA TOMATE ET RÉSISTANCE VARIÉTALE	58
CERTIFICATION BIOLOGIQUE ET GRAINETIERS	59
ESSAIS DE VARIÉTÉS ET VALEURS SÛRES	59
Tomate	60
Poivron	72

INTRODUCTION

Les variétés de légumes sont développées pour répondre à différents critères de qualité, d'apparence, de goût, de rendement et de conservation tout en tenant compte des zones de production et des conditions climatiques de croissance. Les variétés adaptées au champ sont, dans la grande majorité des cas, différentes de celles qui performant bien en serre chauffée et vice versa. Par ailleurs, il arrive que des variétés de champ répondent bien aux conditions de croissance que l'on retrouve sous tunnel et en serre froide.

Plusieurs grainetiers vont proposer des variétés de poivrons et de tomates adaptées aux abris. Dans les catalogues en anglais, les abris froids sont souvent désignés par « *high tunnel* » ou « *hoop house* » et les serres chauffées par « *greenhouse* ». Les poivrons et les tomates peuvent être classés dans différentes catégories :

Tomate : charnue ou « *beef* », spécialité, patrimoniale, Italienne, grappe, cocktail, cerise et raisin.

Poivron : carré, conique, allongé (incluant les cornes de taureau) et mini.

GÉNÉTIQUE ET VARIÉTÉS

Afin de mieux comprendre les processus de multiplication du matériel génétique végétal et leurs impacts sur le comportement variétal, voici quelques notions à considérer.

Hybrides de première génération (F1)

Les variétés hybrides de première génération (F1) sont obtenues par pollinisation croisée entre deux variétés parentales provenant de la même espèce végétale, mais différente génétiquement. Il s'agit d'une technique de croisement traditionnelle. Bien souvent, la pollinisation se fait manuellement. Ainsi, il sera impossible pour qui que ce soit de reproduire ce croisement.

Les compagnies semencières produisent les hybrides chaque année. Ces hybrides sont sélectionnés afin d'offrir des caractéristiques uniformes au niveau de l'adaptation climatique, de la vigueur, ou de la résistance aux maladies, par exemple. Il est important de préciser que ceci n'a rien à voir avec la production de semences dites génétiquement modifiées (OGM).

Variétés à pollinisation libre (OP)

Les variétés à pollinisation libre, OP pour « open pollination », possèdent une génétique plus diversifiée et moins uniforme que les hybrides (F1). Elles peuvent s'autopolliniser ou être pollinisées par une autre plante (pollinisation croisée) de la même variété et conserver les caractéristiques des plants mères. Les semenciers professionnels qui offrent des variétés OP doivent respecter des distances minimales de plantation de 150 m à 1 km entre les variétés d'une même espèce légumière afin de préserver la lignée pure. Dans le cas contraire, les risques

sont élevés d'obtenir des plantes hybrides suite à la pollinisation croisée entre deux variétés différentes et qui exprimeront alors un mélange des caractéristiques des deux lignées parentales.

La morphologie des fleurs a un impact direct sur les risques de pollinisation croisée. Les fleurs de tomate et de poivron sont hermaphrodites ou bisexuées, c'est-à-dire que, sur la même fleur, on retrouve les organes mâles, les étamines, et la partie femelle, le pistil.

La fleur de tomate est dite « fermée », car le pistil est enfermé dans un tube staminique formé par les étamines soudées ensemble (Figure 4.1). Bien que la fleur soit autoféconde, elle doit être brassée pour que le pollen soit libéré et tombe sur le pistil. À de très rares occasions, un insecte portant le pollen d'une variété différente réussira à pénétrer la fleur. Les risques de pollinisation croisée sont minimes.



Figure 4.1. Fleur de tomate : les étamines sont soudées ensemble pour former un tube, le pistil est caché à l'intérieur

Figure 4.2. Étamines et pistil d'une fleur de poivron

Liette Lambert, MAPAQ

L'autopollinisation est le principal mode de fécondation des fleurs de poivron, mais dû au fait que le pistil des fleurs de poivron est accessible aux pollinisateurs (Figure 4.2), il y a une possibilité de fécondation croisée relativement élevée.

Variétés ancestrales

Les variétés ancestrales, patrimoniales ou « *heirloom* » sont à pollinisation libre (OP). Les lignées ont été préservées à travers les ans et les générations. Elles sont appréciées pour le bagage de diversité génétique, la saveur et l'originalité des légumes récoltés. Les résistances aux maladies et le potentiel de rendement sont généralement inférieurs à ceux des hybrides.

TOMATE DÉTERMINÉE ET INDÉTERMINÉE

La croissance de la tige principale des tomates **déterminées** s'arrête avec l'apparition de la première grappe de fleurs. Dans les catalogues de semences, ces plants sont décrits comme compacts ou buissonnants. Il y a relativement peu de variétés de tomates déterminées et elles sont destinées à la production en champ à cause du potentiel de rendement limité. Il est important de ne pas tailler les drageons au risque d'hypothéquer sérieusement les rendements.

La tige principale des variétés de tomates **semi-déterminées** produit de trois à quatre grappes florales vigoureuses. Ces plants bénéficient d'une taille minimale, ce qui limite le développement végétatif des plants tout en favorisant des récoltes plus hâtives. Ces variétés sont appropriées pour les deux rangs de côté des tunnels chenille et doivent être tuteurées. Dans les catalogues de semences, ces variétés sont soit classées sous le vocable « semi-déterminée » ou « déterminée » avec les mentions suivantes : plant vigoureux, large, nécessite de courts tuteurs.

Les tiges des tomates à croissance **indéterminée** se terminent par des points de croissance et ce sont les variétés les plus populaires dans tous les types d'abris. Elles nécessitent d'être taillées et peuvent être conduites en palissage horizontal ou vertical, selon la portance de la structure. C'est le seul type de tomate pour lequel on retrouve des variétés résistantes à la moisissure olive.

Dans le guide, lorsqu'il est fait mention de variétés déterminées, il s'agit toujours de variétés à croissance semi-déterminée. En ce qui concerne la conduite des plants (taille, palissage) ces techniques se retrouvent dans le chapitre 6 : Conduite de la culture.

CHOIX DES VARIÉTÉS

Voici quelques critères à considérer afin de bien choisir les variétés de poivrons et de tomates destinées à être cultivées sous abri :

- Potentiel de rendement face au climat

La vigueur des plants et le potentiel de rendement doivent être supérieurs afin de produire pendant une plus longue saison de croissance et à des températures plus élevées qu'en plein champ. Dans les serres trois saisons, l'usage de porte-greffes vigoureux va favoriser des récoltes soutenues dans le temps. D'autre part, les plants recherchés seront compacts, ouverts ou aérés, ce qui diminuera la fréquence de taille tout en permettant une bonne circulation d'air. Dans tous les types d'abris, les tomates à croissance indéterminée représentent le meilleur choix étant donné les récoltes en continu et le potentiel de rendement plus élevé, l'exception étant les côtés des tunnels chenille où les variétés déterminées sont préférables.

- Précocité et étalement des récoltes

La précocité est d'autant plus importante lorsque la saison de croissance est courte, par exemple en région plus éloignée ou sous abri froid. Dans les catalogues, le nombre de jours nécessaires pour atteindre la maturité correspond au nombre de jours entre la transplantation et la première récolte. Bien entendu, ceci dépend de l'endroit où les essais ont été réalisés, et, s'ils ont eu lieu en plein champ, en tunnel froid ou en serre chauffée. Ce nombre est plus ou moins fiable, mais peut donner une idée par comparaison. Parfois, la mention hâtive, mi-saison, tardive, est utilisée. En règle générale, les variétés déterminées seront récoltées plus tôt et auront une production concentrée sur quelques semaines. Les variétés indéterminées produiront de façon plus régulière, surtout lorsqu'elles sont conduites sur une ou deux têtes. Il sera alors plus facile de planifier les récoltes hebdomadaires.

- Résistance aux maladies

Plusieurs maladies sont favorisées par les conditions climatiques qui peuvent prévaloir dans certains abris : température et humidité relative élevées, aération restreinte et rotations limitées. Les résistances suivantes sont à rechercher pour la tomate : **moisissure olive** (surtout en serre chauffée), moucheture bactérienne, mildiou (côté des tunnels chenille), blanc, moisissure grise, viroses, nématodes et maladies de sol (racines liégeuses, fusariose, verticilliose, etc.) et, pour le poivron : tache bactérienne (côté des tunnels chenilles), viroses, nématodes et maladies de sol.

- Grosseur et poids des fruits

La taille et le poids des fruits peuvent varier considérablement entre les différentes catégories de tomates et de poivrons. Ainsi, un poivron allongé comme le Carmen sera plus léger qu'un poivron carré tel le Sprinter. En ce qui concerne les frais de récolte, ils seront plus élevés au kg récolté pour les fruits de plus petits calibre tel que les tomates cerise, raisins et les mini-poivrons. Les prix de vente obtenus, les volumes à écouler ainsi que les attentes et les besoins des différentes clientèles orienteront les décisions à cet égard.

- Conservation

Lorsque les fruits sont assez mûrs pour être récoltés, certaines variétés conservent leurs qualités plus longtemps sur les plants (fermeté, pas de fendillement, etc.). Ceci offre davantage de souplesse pour gérer la récolte et les cédules de livraisons. Par ailleurs, une bonne fermeté des fruits est favorable à une plus longue conservation en entrepôt. Ceci est particulièrement recherché pour la vente aux épiceries, distributeurs et grossistes.

- Qualités esthétiques et gustatives

Dans la mesure du possible, on recherche un beau légume, savoureux, ferme, à potentiel de rendement élevé, résistant aux maladies et de bonne conservation. Il est toutefois difficile de trouver tous ces attributs dans un même cultivar ou une même variété. Bien souvent la

sélection variétale, surtout dans la tomate, sacrifie le goût et la saveur au profit de la fermeté et de la conservation.

- Prix des semences

Le prix des semences peut varier sensiblement selon que la variété a été développée pour le champ, les abris froids ou les serres chauffées. En général, les hybrides développés pour la serre sont plus chers, tout en offrant des potentiels de rendements et de qualité de fruits plus constants et soutenus dans le temps, ainsi que des résistances à davantage d'organismes phytopathogènes. Il s'agit alors de relativiser l'importance économique attribuable au coût des semences.

💰 Par exemple, en serre chauffée, les charges d'opérations liées aux transplants vont augmenter de seulement 1 %, en choisissant une variété de tomates dont le coût de la semence passe du simple au double, comme de 0,60 \$ à 1,20 \$ l'unité. Ces frais pourraient être très facilement absorbés par des revenus supérieurs générés par une variété plus productive, facile à récolter, de meilleure conservation ou qui se distingue sur les marchés avec un prix de vente en conséquence (cf. chapitre 11).

MOISSURE OLIVE DE LA TOMATE ET RÉSISTANCE VARIÉTALE

Idéalement, toutes les variétés de tomates cultivées en serre trois saisons devraient être résistantes aux cinq races de la moisissure olive ou cladosporiose (*leaf mold*), *Fulvia fulva* (Ff 1-5). Cette maladie agressive et redoutable peut affecter considérablement les rendements ce qui, du point de vue économique, aura un impact plus important dans les systèmes culturaux récoltés sur une longue période. Étant donné que l'organisme pathogène peut survivre dans le sol pour une période minimale d'un an, il sera plus difficile de s'en débarrasser à moins d'avoir plusieurs serres et de faire des rotations culturales.

Bien que certaines variétés de tomates soient identifiées comme étant hautement résistantes (HR) à la moisissure olive, il s'agit de résistance partielle. Ainsi, en cas de pression élevée de l'agent pathogène, il y aura tout de même un développement des symptômes sur la plante, mais ils seront atténués et leur propagation sera ralentie. Par ailleurs, le milieu scientifique reconnaît que le champignon responsable de la moisissure olive subit des mutations rapides et que des races locales de la maladie peuvent se développer. Ceci est relativement rare pour l'instant au Québec, mais a tout de même été observé à quelques endroits.

Enfin, il est important de ne pas « perdre » les résistances, c'est-à-dire qu'il faut éviter les situations à risque qui favorisent la mutation des races de pathogènes. Par exemple, il n'est pas idéal de cultiver dans le même abri des variétés résistantes à la moisissure olive et d'autres qui ne le sont pas. La cédule de rotation dans les abris devrait être planifiée en évitant de planter des variétés résistantes dans une serre où la maladie était présente l'année précédente. Pour plus de détails sur les méthodes de prévention et de contrôle de la moisissure olive, le lecteur est référé au chapitre 9 portant sur les insectes ravageurs et les maladies.

CERTIFICATION BIOLOGIQUE ET GRAINETIERS

Les organismes de certification en production biologique recommandent toujours, dans un premier temps, l'usage de semences biologiques. Lorsqu'il est démontré qu'elles ne sont pas disponibles, l'usage de semences non traitées et non génétiquement modifiées est permis. Les organismes de certification demandent aux entreprises d'augmenter la proportion de semences biologiques au fil des ans.

Les principales compagnies semencières qui développent des variétés de tomates et de poivron biologiques sont : De Ruitter (serre), Seminis (champ), Enza Zaden-Vitalis, Rijk Zwaan, Johnny's Selected Seeds, Syngenta, High Mowing Organic Seeds et Gautier. L'offre est variable avec la disparition et l'arrivée régulières de nouveaux hybrides afin de répondre aux attentes des maraîchers qui cultivent sur de grandes surfaces. Bien entendu, les maraîchers biologiques du Nord-est américain représentent un créneau relativement marginal.

Les distributeurs de semences de légumes biologiques ou non traitées sont nombreux. Voici une liste non exhaustive des plus populaires :

Au Québec, on retrouve principalement les semenciers suivants : [Groupe Horticole Ledoux](#), [Norseco S.E.C.](#), [Semences Seminova](#), [Semences Stokes](#) et pour les variétés à pollinisation libre : [La société des plantes](#), [Les Jardins de l'Écoumène](#), [Les Jardins du Grand-Portage](#), [La Ferme Coopérative Tourne-Sol](#)

Au Canada et aux États-Unis, voici quelques compagnies : [Harris Seeds](#), [High Mowing Organic Seeds](#), [Johnny's Selected Seeds](#), [SeedWay](#), [West Coast seeds](#), [William Dam seeds](#). Il faudra prévoir des délais à la douane pour les commandes effectuées à l'extérieur du Canada.

ESSAIS DE VARIÉTÉS ET VALEURS SÛRES

Il y a peu d'essais et d'investissement dans le développement de variétés bien adaptées au climat du Québec et à la production biologique. Dans les prochaines pages, une liste de variétés performantes de poivrons et de tomates sera présentée. Ces informations proviennent de deux sources différentes, soit :

- Des essais de variétés réalisés au Québec entre 2012 et 2014 et qui sont encore disponibles sur le marché au moment de la rédaction de ce guide, en 2019.
- Les valeurs sûres des maraîchers : enquête téléphonique conduite par l'auteure à l'hiver 2019. Ces variétés ont démontré une bonne constance à la ferme au niveau de la qualité et du rendement des fruits sur une période minimale de deux ans.

Bien entendu, la disponibilité des variétés peut fluctuer au fil des ans. Cependant, avec la liste de variétés suggérées dans ce chapitre, il y a matière à y trouver son compte pour quelques années du moins. Par ailleurs, une liste des variétés de tomates de serre commercialisées au Québec en 2019 ([Ramadan, 2019](#)) disponible sur Agri-Réseau fournit des informations complémentaires.

La prudence est de mise lorsqu'on introduit une nouvelle variété à la ferme. Il est recommandé d'évaluer quelques plants répartis à deux endroits dans l'abri afin de faire varier la luminosité, le climat ou les caractéristiques de sol, par exemple. Une même variété peut réagir différemment selon le type de sol, sa fertilité, la conduite de l'irrigation et les conditions environnementales.

Tomate

Charnue « beef » rouge

La variété Rebelski ou DRW 7749 remporte la palme de popularité dans les serres trois saisons. Elle offre un fort potentiel de rendement ainsi que des résistances à la moisissure olive et au blanc. Les fruits sont de très grandes qualités, un peu côtelés, avec une belle chair rouge. Par contre, on peut lui reprocher une chair un peu trop ferme et parfois un manque de saveur selon le site.

Dans le tunnel ou la serre froide, la variété Estiva est très appréciée dans le sud du Québec. Elle est hâtive, productive et les fruits sont savoureux. Le potassium est à surveiller pour limiter la maturation inégale.

Charnue « beef » autre couleur

Pour la serre trois saisons, difficile de trouver une tomate orange plus appréciée que Beorange qui allie rendement soutenu et résistance aux maladies à de beaux et bons fruits.

Makari est la référence pour la tomate rose. Bien que moins productive que sa consœur orange, elle permet d'aller chercher une clientèle qui est prête à payer pour ce type de produit. Dans les abris froids, chaque entreprise a sa préférence en ce qui concerne les variétés de couleur rose et orange.

De spécialité

Ces tomates hybrides (F1) produisent des fruits qui s'apparentent aux variétés patrimoniales, tant au niveau de la saveur que de l'allure, tout en possédant un meilleur potentiel de rendement et de résistance aux maladies. Margold, de type Marmande jaune, est la vedette en serre chauffée. Encore une fois, la résistance à la moisissure olive fait la différence.

Ancestrale, patrimoniale, « heirloom »

Ces variétés à pollinisation libre sont davantage cultivées sous tunnel chenille, étant donné leur plus faible potentiel de rendement et le manque de résistance à plusieurs maladies. Elles sont choisies surtout pour une apparence, une texture et une saveur distinctes. En général, elles sont destinées à une vente rapide après la récolte étant donné le manque de fermeté des fruits.

Cerise

Les variétés recommandées sont en général tolérantes au fendillement à moins d'avis contraire. La polyvalence de la tomate cerise rouge Sakura en fait la préférée des entreprises consultées, tant dans les abris froids que dans les serres chauffées. D'autres variétés telles que Favorita (rouge), Toronjina (orange) et Sweet Treats (rose) sont très populaires aussi dans les serres trois saisons. Dans les abris froids, les choix sont moins concentrés sur certaines variétés étant donné que la résistance à la moisissure olive est moins cruciale.

Commentaires pour la compréhension du Tableau 4.1

Lors de l'enquête téléphonique réalisée à l'hiver 2019, trente producteurs et productrices ont partagé leurs valeurs sûres de variétés de tomates. De ce nombre, dix entreprises avaient des abris froids, dix avaient des serres chauffées, et dix possédaient les deux types de structures. Donc, vingt entreprises sur trente pouvaient proposer des variétés en abris froids et vingt entreprises pouvaient proposer des variétés en serre chauffée. Le nombre d'entreprises présentées dans la colonne du tableau « nombre d'entreprises par type d'abris » doit donc dans les deux cas être rapporté sur vingt. Par exemple, pour la tomate charnue rouge Caiman, une entreprise sur vingt la cultive en abri froid, et quatre sur vingt en serre chauffée.

En ce qui concerne la colonne des essais 2012-2013, seules les variétés testées sont annotées. Les variétés mentionnées par les producteurs comme valeurs sûres, mais non testées lors des essais sont annotées nd dans cette colonne.

Les résistances aux maladies suivantes sont mentionnées dans les commentaires : Moisissure olive ou cladosporiose, Ff (5 races A-E ou 1-5), blanc ou oïdium, moisissure grise, mildiou, et brûlure alternarienne. En ce qui concerne les maladies d'origine virale ou transmises par des pathogènes de sol, les résistances offertes par les semenciers sont plus courantes et se retrouvent listées dans les catalogues de semences.

Note pour le Tableau 4.1 : Les variétés sont classées par catégorie et en ordre de popularité. Pour une même popularité, l'ordre alphabétique prime.

Étant donné que le type d'abri peut influencer le comportement des plantes qui y poussent, lorsque la variété est mieux adaptée aux abris froids ou aux serres chauffées, cela sera indiqué par ces deux logos.



= tunnel et serre froide



= serre chauffée ou trois saisons

Tableau 4.1. Tomate
Compilation des essais de variétés et des valeurs sûres cultivées sur les fermes

Variété	Couleur	Type de croissance		Enquête 2019 (valeurs sûres des entreprises)	Essais 2012-2013	Poids moyen ⁴ (g)	Commentaires, type d'abri suggéré par les grainetiers si différent de l'enquête
		Dét.	Indét.	Nombre d'entreprises par type d'abris	Note ³ (/10)		
Tomate charnue « Beef Rouge »							
Rebelski (F1) (DRW 7749)	Rouge		✓	10 	7,7	272	Mi-saison. Grosse tomate un peu côtelée, aplatie, bonne conservation, chair très rouge, juteuse. Goût moyen à bon. Bon rendement soutenu, plant vigoureux. Résistance : Ff (A-E) et blanc. Grainetiers la recommandent autant en abri froid qu'en serre chauffée.
Caïman (F1)	Rouge		✓	1  4 	7,8	250	Mi-saison. Juteuse, ferme, goûteuse. Rendements meilleurs que Trust. Fragile aux craquements en fin de saison : adapter le chauffage de la serre. Résistance : Ff (A-E). Plus adaptée à la serre chauffée sauf pour des sites au sud du Québec.
Trust (F1)	Rouge		✓	4 	7,8	236	Mi-saison. Une référence au Québec. Moins productif que Rebelski, Big Dena, Geronimo. Fentes radiales en fin de saison : ajuster le chauffage. Résistance : Ff (A-E)

³ La notation est sur dix. La moitié du pointage a été attribuée à la performance agronomique, soit le potentiel de rendement, la sensibilité aux maladies, aux insectes et aux désordres physiologiques ainsi qu'à l'uniformité de la qualité et de la taille des fruits. L'autre moitié du pointage a trait aux caractéristiques des fruits que sont le goût, la texture, l'apparence et la fermeté.

⁴ Pour les variétés qui ont fait partie des essais (présence d'une notation dans la colonne essai 2012 -2013), le poids moyen présenté est celui obtenu sur les entreprises où se déroulaient les essais.

Variété	Couleur	Type de croissance		Enquête 2019 (valeurs sûres des entreprises)	Essais 2012-2013	Poids moyen ⁴ (g)	Commentaires, type d'abri suggéré par les grainetiers si différent de l'enquête
		Dét.	Indét.	Nombre d'entreprises par type d'abris	Note ³ (/10)		
Tomate charnue « Beef Rouge »							
Big Dena (F1)	Rouge		✓	3 	7,8	307	Mi-saison. Bon rendement soutenu, goût moyen à bon. Fruit très résistant aux microfissures (russeting). Résistance : Ff (A-E). Recommandées autant en abri froid qu'en serre chauffée.
Estiva (F1)	Rouge		✓	3 	8	194	Hâtive. Beaux fruits goûteux, surtout les années chaudes. Rendement soutenu. Le potassium est à surveiller pour limiter la maturation inégale.
Geronimo (F1)	Rouge		✓	3 	8,2	202	Mi-saison. Variété de serre. Parfois zone blanche dans le fruit et fruits carrés : bien gérer la température. Résistance : Ff (A-E) et blanc.
Frederik (F1)	Rouge		✓	2 	nd	230-260	Variété de serre. Résistance à Ff (A-E) et au blanc. Plant aéré à entrenœuds courts. Garder 4 fruits par grappe.
Growdena (F1)	Rouge		✓	2 	nd	220-240	Résistance à Ff (A-E). Plant vigoureux et ouvert. Fruit résistant aux microfendillements. Adaptée aux abris froids et à la serre.
Marguerite (F1)	Rouge		✓	2 	nd	180-200	Résistance à Ff (A-E). Gros fruit aplati, un peu côtelé. Variété de serre.
Big Beef (F1)	Rouge		✓	1 	8,3	340	Hâtive. Bon goût. Très productive dans les zones plus tempérées (Bas du Fleuve, Maine).
Country Taste (F1)	Rouge		✓	1 	nd	250-454	Gros fruit un peu côtelé avec beaucoup de chair. Variété de champ.
Rapsodie (F1)	Rouge		✓	1 	8,3	270	Vigoureuse, productive, fruits fermes, un peu moins goûteux que Trust et Caïman. Résistance : Ff (A-E). Plus adaptée à la serre chauffée, sauf pour le sud du Québec.

CHAPITRE 4

Variété	Couleur	Type de croissance		Enquête 2019 (valeurs sûres des entreprises)	Essais 2012-2013	Poids moyen ⁴ (g)	Commentaires, type d'abri suggéré par les grainetiers si différent de l'enquête
		Dét.	Indét.	Nombre d'entreprises par type d'abris	Note ³ (/10)		
Tomate charnue « Beef Rouge »							
Touché (F1)	Rouge		✓	1 	nd	250-300	Résistance élevée à Ff (A-E) et intermédiaire au blanc. Développée en Ontario pour la serre. Tolère la chaleur estivale. Plant très vigoureux.
Celebrity (F1)	Rouge	✓		3 	8,0	254	Mi- saison. Plant vigoureux. Fruit ferme, rouge foncé au bon goût. Populaire au Québec en plein champ et sous tunnel chenille. Bons rendements.
Skyway 687 (F1)	Rouge	✓		2 	nd	200-255	Plant vigoureux. Adaptée aux étés chauds. Variété pour les abris froids.
Valley Girl (F1)	Rouge	✓		2 	nd	200-230	Plant vigoureux. Adaptée aux extrêmes climatiques. Variété de champ.
Mountain Fresh (F1)	Rouge	✓		1 	8,5	237	Mi- saison. Plant vigoureux. Productive sous toutes conditions, variété pour les abris froids. Fruit un peu côtelé, ferme et qui se conserve bien. Goût moyen à bon.
Mountain Princess (OP)	Rouge	✓		1 	nd	250-280	Patrimoniaire. Adaptée aux saisons courtes et fraîches. Variété de champ.
Polbig (F1)	Rouge	✓		1 	nd	170-230	Adaptée aux saisons courtes et fraîches. Variété de champ.
BHN 589 (F1)	Rouge	✓		0	7,8	290	Mi-saison. Plant vigoureux. Bons rendements, grosse tomate goûteuse avec beaucoup de chair, un peu molle. Parfois, problème de fente radiale. Recommandée en abris froid par grainetiers. 

Variété	Couleur	Type de croissance		Enquête 2019 (valeurs sûres des entreprises)	Essais 2012-2013	Poids moyen ⁴ (g)	Commentaires, type d'abri suggéré par les grainetiers si différent de l'enquête
		Dét.	Indét.	Nombre d'entreprises par type d'abris	Note ³ (/10)		
Tomate charnue « Beef Rouge »							
Mountain Spring (F1)	Rouge	✓		0	7,9	219	Mi-saison. Plant vigoureux. Productive, fruit ferme qui se conserve bien. Goût variable. A fait ses preuves dans notre climat. Recommandée en abris froid par grainetiers. 
Tomate charnue « Beef » autres couleurs							
Beorange (F1)	Orange		✓	14 	nd	200-220	Savoureuse, productive. Résistance à Ff (A-E). Variété pour la serre.
Makari (F1)	Rose		✓	5 	nd	180-240	Résistance à Ff (A-E). Un peu sensible au fendillement comme toutes les roses. Variété pour la serre.
Chef's Choice Orange (F1)	Orange		✓	1 	nd	225-310	Hâtive et productive. Variété de champ.
Damsel (F1)	Rose		✓	1 	nd	220-300	Résistance au mildiou. Sensible aux fentes de croissance : surveiller l'irrigation. Pour les abris froids.
Martha Washington (F1)	Rose		✓	1 	nd	220-450	Fruits savoureux, manque de fermeté, écouler rapidement. Pour les abris froids.
Pink Beauty (F1)	Rose		✓	1 	nd	225	Offre une certaine résistance aux fentes de croissance. Pour les abris froids. Développé par l'Université Rutgers.
Pink girl (F1)	Rose		✓	1 	nd	170-220	Offre une certaine résistance aux fentes de croissance, productive. Variété de champ.
Marmalade ou Sunkist (F1)	Jaune orangé	✓		2 	nd	260-280	Plant vigoureux. Exclusivité de High Mowing Organic Seeds. Variété de champ.
Carolina (F1)	Jaune doré	✓		1 	nd	220-280	Plant vigoureux. Adaptée aux extrêmes climatiques. Variété de champ.

CHAPITRE 4

Variété	Couleur	Type de croissance		Enquête 2019 (valeurs sûres des entreprises)	Essais 2012-2013	Poids moyen ⁴ (g)	Commentaires, type d'abri suggéré par les grainetiers si différent de l'enquête
		Dét.	Indét.	Nombre d'entreprises par type d'abris	Note ³ (/10)		
Tomate charnue « Beef » autres couleurs							
BHN 871 (F1)	Orange	✓		0	7,7	231	Hâtive. Plant vigoureux. Fruit orangé, ferme, goût plus doux que les rouges. Bon rendement. Les fruits se conservent bien sur les plants. Recommandée en abris froid par grainetiers. 
Tomate ronde de petit calibre (grappes, cocktail, sur vigne, saladette)							
Kakao (F1)	Rouge-noir		✓	2 	nd	130-160	Saveur et couleur particulières. Variété pour les abris froids et la serre.
Merlice (F1)	Rouge		✓	2 	nd	150	Variété de serre. Résistance à Ff (A-E) et au blanc. Performe bien en haute luminosité.
Red Delight (F1)	Rouge		✓	1 	nd	55	Variété de serre. Résistante à Ff (A-E). Tolère le temps frais. Potentiel de forte production.
Tomate de spécialité							
Margold (F1)	Jaune		✓	7 	nd	190-250	Pour la serre. Marmande. Résistance à Ff (A-E). Produit bien jusqu'en fin de saison. Sensible aux fentes de croissance. Greffage à 1 tête et taille des bouquets à 2-3 fruits recommandés.
Marnero (F1)	Rouge noire		✓	4  2 	nd	190-250	Pour la serre et les abris froids. Marmande côtelée, hâtive. Greffage à 1 tête et taille des bouquets à 3 fruits recommandés.
Cauralina (F1)	Rouge		✓	2 	nd	220-400	Variété de serre. Pointue, style cœur de bœuf, un peu côtelée avec beaucoup de chair.
Arawack (F1)	Rose rouge		✓	1 	nd	200-300	Variété de serre. Style cœur de bœuf, très côtelé qui colore de l'intérieur vers l'extérieur.

Variété	Couleur	Type de croissance		Enquête 2019 (valeurs sûres des entreprises)	Essais 2012-2013	Poids moyen ⁴ (g)	Commentaires, type d'abri suggéré par les grainetiers si différent de l'enquête
		Dét.	Indét.	Nombre d'entreprises par type d'abris	Note ³ (/10)		
Tomate de spécialité							
Marbonne (F1)	Rouge		✓	1 	nd	160-220	Très côtelée. Marmande. Pour la serre, greffer sur 1 tête.
Pink Wonder (F1)	Rose		✓	1 	nd	170-280	Pour la serre. Côtelée à l'apparence d'une variété patrimoniale. Sujette aux fentes de croissance : bien gérer l'irrigation. Résistance à Ff (A-E)
New Girl (F1)	Rouge		✓	2 	7,8	149	Pour les abris froids. Hâtive. Fruit un peu pointu, pas très gros. Bon goût sucré favorisé par climat chaud.
Aurea (F1)	Rouge		✓	1 	nd	180-250	Coeur de bœuf, très côtelé. Très populaire en France. Pour les abris froids et la serre.
Tomate ancestrale, patrimoniale, « heirloom »							
Black Krim (OP)	Rouge-brun-noir		✓	2 	nd	250-450	Rouge-brun-noir, un peu côtelé, épaules vertes à brunes, originaire de Russie.
Green Zebra (OP)	Vert strié de jaune		✓	2  1 	nd	85-140	Deviens molle facilement.
Bonny Best (OP)			✓	1 	nd	170-280	Adapté aux saisons courtes et froides
Brandywine (OP)	Rose		✓	1 	nd	450 +	Gros fruit légèrement côtelé. Feuillage à l'apparence de celui de la pomme de terre.
Copia (OP)	Zébré (rouge, orange, vert)		✓	1 	nd	340-350	La chair est zébrée de teintes de rouge. Croisement entre la Green Zebra et Marvel Stripe.
Italian Heirloom (OP)	Rouge		✓	1 	nd	350-400	Originaire de l'Italie. Fruit rond, savoureux et côtelé.
Rose de Berne (OP)	Rose		✓	1 	nd	115-225	Offre une certaine résistance aux fentes de croissance.

CHAPITRE 4

Variété	Couleur	Type de croissance		Enquête 2019 (valeurs sûres des entreprises)	Essais 2012-2013	Poids moyen ⁴ (g)	Commentaires, type d'abri suggéré par les grainetiers si différent de l'enquête
		Dét.	Indét.	Nombre d'entreprises par type d'abris	Note ³ (/10)		
Tomates ancestrale, patrimoniale, « heirloom »							
Green Copia (OP)	Zébré (vert et rouge)		✓	1 	nd	150-340	Fruit zébré en nuances de vert et un peu de rouge. Le distributeur français Secret seed cartel semble un des seuls à distribuer cette variété.
Tomate italienne							
Savantas (F1)	Rouge		✓	1  4 	nd	100-110	Pour la serre. Résistance à Ff (A-E)
Granadero (F1)	Rouge		✓	3 	8,2	130	Hâtive. Très bon rendement soutenu, fruits fermes, juteux, goût varie de moyen à bon. Bonne conservation. Résistance au blanc. Pour les abris froids.
SanMarzano II (OP)	Rouge		✓	2 	nd	110	Patrimoniale de forme type San Marzano. Une lignée développée par Johny's Selected Seeds. Pour les abris froids.
Amish Paste (OP)	Rouge		✓	1 	nd	225-340	Patrimoniale. Gros fruit en forme de cœur. Pour les abris froids.
Juliet (F1)	Rouge		✓	1 	nd	40-55	Pour les abris froids et la serre. Un peu résistante au mildiou et à la brûlure alternarienne.
Spekeld roman (OP)	Rouge strié de jaune		✓	1 	nd	170-225	Patrimoniale. Rouge striée de jaune. Variété de champ.
Plum Regal (F1)	Rouge	✓		4 	7,4	120	Plant vigoureux, mi-saison. Belle tomate. Bons rendements étalés. Résistance au mildiou et à la brûlure alternarienne. Goût moyen. Variété de champ.
Roma Supremo (F1)	Rouge	✓		4 	nd	Gros à très gros fruits	Gros fruit. Adaptée aux étés chauds. Résistance à la moucheture bactérienne. Variété de champ.

Variété	Couleur	Type de croissance		Enquête 2019 (valeurs sûres des entreprises)	Essais 2012-2013	Poids moyen ⁴ (g)	Commentaires, type d'abri suggéré par les grainetiers si différent de l'enquête
		Dét.	Indét.	Nombre d'entreprises par type d'abris	Note ³ (/10)		
Tomate italienne							
Incas (F1)	Rouge	✓		1 	nd	85	Type San Marzano, hâtive. Variété de champ.
Ponny express (F1)	Rouge	✓		1 	nd		Hâtive, récolte concentrée. Résistance à la moucheture bactérienne. Variété de champ.
Sunrise Sauce (F1)	Orange	✓		1 	nd	115-170	Italienne de couleur originale. Récolte concentrée. Fruit sucré. Variété de champ.
Tomate raisin							
Golden Sweet (F1)	Jaune orangé		✓	1  2 	nd	15-20	Récolter moins mûre pour éviter la chute de fruits. Bonne conservation post-récolte. Résistance à Ff (A-E).
Nova (F1)	Orange		✓	2 	nd	15-20	Longue grappe de fruits orange, fermes et charnus.
Blush (OP)	Jaune strié rouge		✓	1 	nd	25-30	Patrimoniaire. Souvent en mélange avec d'autres tomates raisins à coloration strié.
Five Star (F1)	Rouge		✓	1 	nd	15-20	Réputée pour le goût sucré de ses fruits fermes et peu juteux.
Pink Tiger (OP)	Rose strié jaune orangé		✓	1 	nd	25-30	Patrimoniaire. Goût dosé acide et sucré. Souvent en mélange avec d'autres tomates raisins à coloration strié.
Aria (F1)	Jaune olive	✓		2 	nd	15	Plant déterminé vigoureux. Intéressant pour les côtés des tunnels chenille.
Chiquita (F1)	Rose	✓		1 	nd	15-20	Plant déterminé vigoureux. Intéressant pour les côtés des tunnels chenille.
Tomate cerise							
Sakura (F1)	Rouge		✓	8  14 	nd	20-35	Bonne conservation post-récolte. Résistance à Ff (A-E). Augmenter la densité pour réduire le calibre des fruits au besoin. Pour la serre et les abris froids.

CHAPITRE 4

Variété	Couleur	Type de croissance		Enquête 2019 (valeurs sûres des entreprises)	Essais 2012-2013	Poids moyen ⁴ (g)	Commentaires, type d'abri suggéré par les grainetiers si différent de l'enquête
		Dét.	Indét.	Nombre d'entreprises par type d'abris	Note ³ (/10)		
Tomate cerise							
Favorita (F1)	Rouge		✓	1  9 	nd	15-20	Résistance à Ff (A-E). Bonne conservation post-récolte. Greffage recommandé. Pour la serre.
Toronjina (F1)	Orange		✓	3  7 	nd	18-22	Récolter moins mûre pour éviter le flétrissement de la peau en post-récolte. Résistance à Ff (A-E). Pour la serre et les abris froids.
Black Cherry (OP)	Rouge noir		✓	3  3 	nd	15-20	Patrimoniaire. Récolter moins mûre pour éviter le flétrissement de la peau en post-récolte. Pour les abris froids.
Sun gold (F1)	Orange		✓	3  3 	nd	15-20	Récolter moins mûre pour éviter le fendillement de fruits en post-récolte. Pour la serre et les abris froids.
Sun Sugar (F1)	Jaune doré		✓	5  1 	nd	15-25	Très sucrée. Bonne conservation post-récolte. Pour les abris froids.
Sweat Treats (F1)	Rose		✓	1  5 	nd	20-30	Résistance à Ff (A-E). Augmenter la densité pour réduire le calibre des fruits au besoin. Greffage recommandé. Pour la serre.
Série Artisan Bumble Bee (OP)	Strié variable		✓	3  2 	nd	20-25	Patrimoniaire. Fruit strié en teintes variables. Purple Bumble Bee : rouge avec stries vertes. Sunrise Bumble Bee : jaune avec stries rouges. Pink Bumble Bee : rose avec stries Jaune et orange. Pour les abris froids.
Sun Peach (F1)	Rose		✓	2  1 	nd	15-20	Un peu tardive, mais résistance à Ff (A-E). Bonne conservation sur le plant une fois les fruits mûrs. Pour les abris froids et la serre.

Variété	Couleur	Type de croissance		Enquête 2019 (valeurs sûres des entreprises)	Essais 2012-2013	Poids moyen ⁴ (g)	Commentaires, type d'abri suggéré par les grainetiers si différent de l'enquête
		Dét.	Indét.	Nombre d'entreprises par type d'abris	Note ³ (/10)		
Tomate cerise							
Esterina (F1)	Jaune doré		✓	2 	nd	15-20	Sensible au collet vert. La saveur semble plus appréciée dans les serres chauffées qu'en tunnel froid.
Chocolate Sprinkles (F1)	Rouge strié de vert		✓	1 	nd	25-30	Hâtive et sucrée. Pour les abris froids.
Indigo Cherry Drops (OP)	Noir qui rougit		✓	1 	nd	30-50	Patrimoine vigoureuse. Fruits riches en anthocyanes. Pour les abris froids.
Matt's Wild (OP)	Rouge		✓	1 	nd	5	Patrimoine. Très petit fruit au goût prononcé et sucré. Pour les abris froids.
Midnight Snack (F1)	Rouge qui devient noir		✓	1 	nd	15-20	Plant vigoureux. Fruits riches en anthocyanes. Pour les abris froids.
Sungreen (F1)	Vert		✓	1 	nd	20	Ne se conserve pas longtemps. Pour les abris froids.
Supersweet 100 (F1)	Rouge		✓	1 	nd	15-20	Sensible au mûrissement inégal sur certains sites. Pour les abris froids.
BHN 968 (F1)	Rouge	✓		1 	nd	15-20	Plant compact pour les côtés des tunnels chenilles. Fruit savoureux, mou qui tolère mal le transport.

Poivron

Carré

Tant en abri froid qu'en serre chauffée, le poivron rouge Sprinter a fait ses preuves et demeure le plus populaire. Il est hâtif, productif avec de beaux et bons fruits. En tunnel froid, Ace se démarque pour des récoltes hâtives de poivron rouge. En serre chauffée, les poivrons Milena et Sympathy sont les poivrons orange les plus cultivés et appréciés pour la qualité des fruits. Par ailleurs, la liste des poivrons carrés est très diversifiée.

Allongé

Les poivrons allongés comme le Carmen sont plus prisés que les carrés par les maraîchers biologiques diversifiés. Les plants produisent plus de fruits pour un poids récolté équivalent par surface cultivée. Étant donné que ces poivrons sont moins lourds, la mise en marché est plus polyvalente. Ainsi, le client obtiendra un prix plus avantageux par unité et, comme les poivrons biologiques se vendent cher, ceci n'est pas négligeable. Leur saveur est également remarquable. Par ailleurs, ce type de poivron se prête très bien à une conduite horizontale et à une taille simplifiée ce qui est plus économique au niveau de la main-d'œuvre. Des informations plus pointues sur la taille sont fournies au chapitre 6 du présent guide.

La variété Carmen est la plus ancienne et la plus répandue, mais Escamillo et Oranos sont de plus en plus cultivés.

Mini

Les mini-poivrons offrent de nombreux avantages ; à la fois hâtifs et productifs, ils ne nécessitent aucune taille étant donné que les pics de récolte sont moins marqués que pour les poivrons de plus gros calibre. Par contre, il faudra consacrer plus de temps à la récolte.

Commentaires pour la compréhension du tableau 4.2

Lors de l'enquête téléphonique à l'hiver 2019, 28 producteurs et productrices ont partagé leurs variétés « valeurs sûres » de poivrons. De ce nombre, 14 entreprises avaient des abris froids, 5 des serres chauffées, et 9 possédaient les 2 types de structures. Donc, 23 entreprises sur 28 pouvaient proposer des variétés en abris froids et 14 entreprises pouvaient proposer des variétés en serre chauffée. Le nombre d'entreprises présenté dans la colonne du tableau « nombre d'entreprises par type d'abris » doit donc être rapporté sur 23 dans le cas des abris froids, et sur 14, dans le cas des serres chauffées. Par exemple, pour le poivron Sprinter, 8 entreprises sur 23 le cultivent en abri froid, et 8 entreprises sur 14 en serre chauffée.

Les essais de variétés ont été réalisés uniquement en **abris froids** durant les étés 2013 et 2014. Ainsi, les rendements obtenus sont en lien avec cet environnement et représentent une moyenne des deux années. À cet égard, l'année 2013 a été nettement plus chaude que 2014 avec des rendements plus élevés de l'ordre de 30 %. Dans les serres trois saisons, on pourrait espérer des rendements supérieurs d'environ 40 % dans des conditions optimales pour les variétés identifiées avec ce symbole . Seules les variétés testées sont annotées dans la

colonne essais 2013-2014. Les variétés mentionnées par les producteurs comme valeur sûre, mais non testées sont annotées nd dans cette même colonne.

Seul le poivron Red Knight possède de la résistance à la tache bactérienne. Pour les résistances aux maladies virales de sol et aux nématodes, référez-vous aux catalogues de semences.

Note pour le Tableau 4.2 : Les variétés sont classées par catégorie et en ordre de popularité. Pour une même popularité, l'ordre alphabétique prime.

Rappel des logos :



= tunnel et serre froide



= serre chauffée ou trois saisons

Tableau 4.2. Poivron
Compilation des essais de variétés et des valeurs sûres cultivées sur les fermes

Variété	Couleur	Enquête 2019 (valeurs sûres des entreprises)	Essais 2013-2014		Grosueur du fruit ⁶	Commentaires, type d'abri suggéré par les grainetiers si différent de l'enquête
		Nb d'entreprises par type d'abris	Note ⁵ (/10)	Fruits/ plant		
Poivron carré						
Sprinter (F1)	Rouge	8  8 	8,2	7,5	227 g	Variété populaire appréciée. Hâtif à mi-saison. Productif, plant vigoureux qui tolère différentes conditions. Fruits se conservent bien sur les plants. Beaucoup de feuillage. Bon goût.
Milena (F1)	Orange	3  5 	8,2	4,8	223 g	Hâtif à mi-saison. Bon goût. Le rendement a été décevant en 2014 en abri froid. Adapté aux abris froids et chauffés.
Ace (F1)	Rouge	7 	nd	nd	Moyen	Fruit moyen de 3-4 lobes à paroi mince. Référence pour les récoltes hâtives dans les régions froides. Variété de champ.
Sympathy (F1)	Orange	1  4 	nd	nd	180-220 g	Gros fruit. Mi-saison. Plant vigoureux. Mieux adapté à la serre chauffée.
Gourmet (F1)	Orange	3 	nd	nd	Moyen à gros	Hâtif à mi-saison. Plant compact. Variété de champ.
King Crimson (OP)	Rouge foncé	3 	7,3	7	160 g	Hâtif. Fruits aplatis en citrouille par temps frais. Rouge foncé et goût moyen. Exclusivité de High Mowing Organic Seeds. Variété de champ.

⁵ La notation est sur dix. La moitié du pointage a été attribuée à la performance agronomique, soit le potentiel de rendement, la sensibilité aux maladies, aux insectes et aux désordres physiologiques ainsi qu'à l'uniformité de la qualité et de la taille des fruits. L'autre moitié du pointage a trait aux caractéristiques des fruits que sont le goût, la texture, l'apparence et la fermeté.

⁶ Pour les variétés qui ont fait partie des essais (présence d'une notation dans la colonne essai 2012 -2013), le poids moyen présenté est celui obtenu sur les entreprises où se déroulaient les essais.

CHAPITRE 4

Variété	Couleur	Enquête 2019 (valeurs sûres des entreprises)	Essais 2013-2014		Grosueur du fruit ⁶	Commentaires, type d'abri suggéré par les grainetiers si différent de l'enquête
		Nb d'entreprises par type d'abris	Note ⁵ (/10)	Fruits/ plant		
Poivron carré						
Islander (F1)	Mauve lavande, rouge	2 	nd	nd	Moyen	Trois lobes. Hâtif en mauve et mi-saison en rouge. Variété de champ.
King of the north (OP)	Rouge	2 	nd	nd	Moyen	3-4 lobes. Hâtif. Adapté aux régions plus froides. Variété de champ.
Moonset (F1)	Jaune	1  1 	nd	nd	Moyen	Hâtif. Adapté aux abris froids ou chauffés.
Olympus (F1)	Rouge	2 	nd	nd	Moyen à gros	Hâtif à mi-saison. Résistance à trois races de tache bactérienne. Adapté aux abris froids ou chauffés.
Sweet Sunrise (F1)	Jaune-orange	1  1 	7,2	4,9	211 g	Mi-saison. Goût moyen à fade. Moisissure grise en fin de saison. Grainetiers la recommandent en abris froids.
Zamboni (F1)	Rouge	2 	nd	nd	220 g	Gros fruit. Poivron de serre. Hâtif à mi-saison
Flavorburst (F1)	Jaune doré	1 	nd	nd	Moyen à gros	Trois lobes. Mi-saison. Variété de champ.
Gilboa (F1)	Orange	1 	nd	nd	Moyen	Hâtif à mi-saison. Variété de champ.
Golden Star (F1)	Jaune doré	1 	nd	nd	Gros	Hâtif. Plant vigoureux. Variété de champ.
Healy (F1)	Rouge	1 	nd	nd	Gros à très gros	Poivron de serre. Mi-saison, productif sur le long terme.
Ice Age (F1)	variée	1 	nd	nd	Moyen	Hâtif. Jaune crème tournant orange puis rouge-orangé. Variété de champ.
Karma (F1)	Rouge	1 	nd	nd	Gros	Hâtif. Variété de champ, feuillage vigoureux.
Madonna (F1)	Jaune	1 	nd	nd	210-220 g	Gros fruit. Hâtif à mi-saison. Abris froids et serre.
Red Knight X3R (F1)	Rouge	1 	8	7	138 g	Hâtif. Carré allongé. Bon goût. Peu de feuillage. Résistance à trois races de la tache bactérienne. Variété de champ.
Riazor (F1)	Rouge	1 	nd	nd	180-220 g	Moyen à gros fruit. Hâtif à mi-saison. Mieux adapté à la serre chauffée selon plusieurs grainetiers. 
Triple 4 (F1)	Rouge	1 	nd	nd	200-220 g	Gros fruit. Hâtif. Adapté aux abris froids et à la serre chauffée.

		Enquête 2019 (valeurs sûres des entreprises)	Essais 2013-2014			
Variété	Couleur	Nb d'entreprises par type d'abris	Note ⁵ (/10)	Fruits/ plant	Grosseur du fruit ⁶	Commentaires, type d'abri suggéré par les grainetiers si différent de l'enquête
Poivron carré						
Baselga (F1)	Jaune moyen	0	7,5	7,2	207 g	Mi-saison à tardif. Goût variable. Forme aplatie en abri froid. Serait mieux adapté à la serre chauffée. 
Magno (F1)	Jaune- orange	0	7,2	6,4	230 g	Variété hâtive à production concentrée. Feuillage faible à moyen. Fragile aux coups de soleil et à la moisissure grise. Grainetiers la recommandent en abris froids. 
Red Jet (F1)	Rouge	0	7,5	6,4	236 g	Mi-saison à tardif. Très bon goût. Format variable selon la saison. De 186 à 270 g. Feuillage fort. Grainetiers la recommandent autant en abri froid qu'en serre chauffée.  
Red Line (F1)	Rouge	0	7,8	5,9	202 g	Mi-saison. Très beau fruit et bon goût. Grainetiers la recommandent autant en abris froids qu'en serre chauffée.  
Red Wing (F1)	Rouge	0	8,7	8,9	220 g	Hâtif à mi-saison. Très belle apparence et très ferme. Goût variable. Grainetiers la recommandent en abri froid qu'en serre chauffée.  
Poivron allongé						
Carmen (F1)	Rouge	19  1 	7,6	11	160 g	Variété très populaire, productive, beaux fruits allongés (15 cm) et savoureux. Hâtif à mi-saison. Fragile à la pourriture apicale en début de saison. Recommandé tant en abri froid que chauffé.
Escamillo (F1)	Jaune doré	10  5 	nd	nd	15 cm	Premières récoltes fragiles à la pourriture apicale tout comme Carmen. Performe bien, tant en abri froid qu'en serre trois saisons.
Oranos (F1)	Orange	3  2 	nd	nd	12-15 cm	Plus hâtif, plant plus court et fruit moins sensible à la pourriture apicale que Carmen et Escamillo. Recommandé tant en abri froid que chauffé.
Gatherer's Gold (OP)	Jaune doré	1 	nd	nd		Hâtif. Variété de champ.
Lively Italian Yellow (OP)	Jaune doré	1 			20-25 cm	Hâtif. Exclusivité de High Mowing Seeds. Variété de champ.

CHAPITRE 4

Variété	Couleur	Enquête 2019 (valeurs sûres des entreprises)	Essais 2013-2014		Grosseur du fruit ⁶	Commentaires, type d'abri suggéré par les grainetiers si différent de l'enquête
		Nb d'entreprises par type d'abris	Note ⁵ (/10)	Fruits/ plant		
Mini poivron						
Cupid (F1)	Rouge	2  1 	8,6	29	41 g	Mini carré allongé (5 cm), goûteux, sucré. Hâtif à mi-saison. Plant vigoureux et très productif. Prévoir des tuteurs de 4,5 pieds. Semble attirer la pyrale. 35-45 g. Pour les abris froids ou la serre trois saisons.
Doe Hill (OP)	Orange	3 	8,3	nd	66 g	Petit poivron à l'allure de kaki, forme de citrouille, très productif. 60-70 g. Chair épaisse très parfumée et sucrée. Hâtif et rustique. Dans les dernières années. (2016-2018), on remarque une baisse de vigueur. Variété de champ.
Eros (F1)	Jaune orangé	1  1 	nd	nd	5 cm	Carré. Variété de champ.
Violet Sparkle (OP)	Couleur variée	1 			10 cm	Fruit pointu. Hâtif. Mauve violacé à jaune tournant au rouge. Variété de champ.
Lunch Box orange (OP)	Orange	0	8,9	nd	40 g	Mini-conique, goûteux, sucré. Mi-saison et productif. Plant vigoureux. Recommandée par grainetiers pour abris froid. 
Poivron conique						
Glow (F1)	Orange	1 	nd	nd	10 cm	2-3 lobes. Variété de champ.
Trirosso, Triyello, Triola (F1)	Trio rouge, jaune et orange	1 	nd	nd	90-110 g	2-3 lobes. Plus gros que les autres petits poivrons. Variétés développées pour la serre.

CHAPITRE 5. Transplants et greffage

INTRODUCTION	78
AVANT DE DÉMARRER	78
Qualité de l'eau	78
Infrastructures	78
Contenants et semoirs.....	79
Terreaux et fertilisants d'appoint.....	80
ÉTAPES DE PRODUCTION	82
Semis et germination.....	82
Cotylédon à repiquage.....	83
Fin de production et endurcissement	84
GREFFAGE.....	85
Greffage de la tomate en serre trois saisons.....	85
Porte-greffes	86
Greffage de la tomate en abri froid	88
Technique	89
Greffage du poivron	89
ÉTAT PHYTOSANITAIRE DES TRANSPLANTS.....	90
Prévention	90

INTRODUCTION

Les cultures de tomates et de poivrons sont démarrées à l'aide de transplants. Il est primordial de favoriser des plants homogènes et de grandes qualités afin d'atteindre les objectifs de rendements dans les structures abritées. Certaines entreprises préfèrent sous-contracter cette étape, pour des raisons économiques ou pratiques. En régie biologique, il faut s'assurer que la production de transplants respecte les normes de certification biologique canadienne.

Les conditions optimales de croissance des jeunes plants diffèrent selon l'espèce légumière. Par exemple, les tomates et les poivrons préfèrent la chaleur, tant pour la germination des semences que pour la croissance des plantules. Certains légumes comme la laitue, l'oignon, le brocoli et le céleri vont germer de façon optimale à des températures modérées ou fraîches. Les infrastructures doivent répondre aux besoins de deux régimes de germination et de croissance des plantules. La production de plants de légumes diversifiés est abordée plus en détail dans le chapitre *Production des transplants* du guide *Maraîchage biologique diversifié* ([Weill et Duval, 2011](#)) ainsi que dans Vallée et Bilodeau (1999).

Ⓢ À noter que, selon le type d'abri et la densité de plantation, les frais liés à l'approvisionnement en transplants correspondent à environ 4 % des charges d'opérations pour la tomate de serre, 8 % pour la tomate en tunnel froid, 23 % pour le poivron en tunnel froid et 8 % pour le poivron de serre. Pour plus d'informations sur les coûts de production, se référer au chapitre 11 et aux annexes.

AVANT DE DÉMARRER

Qualité de l'eau

La qualité de l'eau disponible doit être vérifiée avant même de prévoir une activité de production de transplants. L'eau d'irrigation peut avoir un pH inadéquat ou contenir des sels ou des éléments indésirables. En raison du peu de volume de terreau, les transplants sont particulièrement vulnérables aux problèmes engendrés par une eau de mauvaise qualité. Par ailleurs, les normes de qualité pour l'irrigation des transplants sont les mêmes que pour l'eau d'irrigation en plein sol. Le chapitre sur l'irrigation fournit plus de précisions sur les qualités physiques et biologiques recherchées d'une eau d'irrigation.

Infrastructures

La production de plants nécessite des infrastructures permettant de s'adapter aux différentes phases de croissance. Il est possible de débiter la germination des plants dans un local chauffé et aménagé avec de l'éclairage artificiel (chambre de germination) qui est assuré par des néons (fluorescents) à spectre lumineux naturel (exemple : Gro-lux de Sylvania, Gro-lite, etc.). Les plantes ont besoin d'un spectre lumineux composé de lumière active pour la photosynthèse (PAR ou *Photosynthetically active radiation*, c.-à-d. rayonnement photosynthétiquement actif).

La durée d'éclairage conseillée est de 16 à 18 heures par jour. L'éclairage fluorescent dégage peu de chaleur et, de ce fait, n'assèchera pas la surface du substrat, ce qui est bénéfique pendant la phase d'imbibition de la graine.

Les plants semés après le 15 février ne nécessitent pas de lumière d'appoint, car la lumière naturelle est suffisante en serre. Il est toutefois possible d'effectuer tout le cycle de production de plants sous éclairage artificiel avec l'aide de lampes à haute pression de vapeur au sodium (HPS) ou, depuis peu, avec de l'éclairage DEL. Les lampes HPS dégagent énormément de chaleur, ce qui complique la gestion de la température et de l'humidité. Les lampes horticoles de type DEL sont efficaces pour la croissance des plants et dégagent très peu de chaleur. Leur prix est toutefois très élevé. Il faut être très soucieux de la quantité et de la qualité de la lumière reçue sous éclairage artificiel afin de produire des plants de qualité.

Tableau 5.1. Luminosité et infrastructures selon le stade de développement des plantules de tomates et de poivrons

Stade de développement	Luminosité ¹	Infrastructures recommandées
Germination	Faible à moyenne 18 W/m ² min. dans le PAR, 16 à 18 h	La tomate et le poivron peuvent germer à la noirceur. L'éclairage devient essentiel dès l'apparition de la racine afin d'éviter l'étiollement des plantules. – Chambre de germination ou local chauffé avec lampe fluorescente ou DEL. – Section de serre dédiée à la germination, dôme pour maintenir l'humidité, tapis chauffant ou chauffage sous les tables.
Cotylédons	Moyenne à élevée 35 W/m ² dans le PAR, 16 à 18 h	Augmenter l'éclairage en local fermé. En serre, maintenir l'humidité et la chaleur avec des couvertures flottantes ou dômes. Chauffage sous les tables avantageux ou utilisation de tapis chauffant.
1 à 5 feuilles	Élevée 35 W/m ² dans le PAR, 16 à 18 h	Avoir un éclairage élevé en local fermé chauffé. En serre, retirer les dômes et couvertures utilisés au stade cotylédon. Au stade 3-5 feuilles, augmenter la ventilation et réduire la température de nuit pour des plants plus compacts et solides.
Plants prêts à l'endurcissement (endurcissement sur une période de 3 à 5 jours)	Élevé 35 W/m ² dans le PAR, 16 à 18 h	Espacer les plants au besoin afin d'assurer une bonne exposition à la lumière. Réduire la température, ventiler de façon maximale.

¹Source : adapté de Vallée et Bilodeau (1999) et [Turcotte \(2004\)](#)

Contenants et semoirs

Les semis sont habituellement réalisés en multicellules, car cette technique permet une meilleure reprise après la transplantation tout en réduisant le temps de travail pour le repiquage et la plantation. Il existe aussi une technique de production de plants en mottes pressées. Cette technique utilise des équipements et des terreaux différents de ceux utilisés pour les multicellules. La production de plants en mottes est décrite par Elliott Colman dans l'ouvrage *The New Organic Grower* (Coleman, 1995).

Les semis de tomates et de poivrons se font en général dans des plateaux de 72 à 128 cellules avant d'être repiqués dans des plateaux de 24 à 50 cellules ou des pots de 10 cm. Les plantules de tomates et de poivrons destinées à la serre chauffée sont souvent repiquées dans des pots de 10 à 15 cm afin d'obtenir des plants de 7 à 9 feuilles à la plantation.



Figure 5.1. Transplants de tomates dans des plateaux de 24 cellules

Chez les entreprises biologiques diversifiées, les semis sont réalisés à la main ou à l'aide d'un semoir manuel. Pour une production plus importante, les semoirs à plaques pneumatiques permettent de semer plusieurs plateaux par minute. Un vidéo réalisé par l'Université Cornell démontre l'utilisation d'un semoir pneumatique ([Cornell Small Farms, 2011](#)).

Terreux et fertilisants d'appoint

Plusieurs terreux commerciaux sont disponibles sur le marché. D'autre part, certains producteurs préparent leurs propres substrats. Dans ce dernier cas, il est important de faire des essais à petite échelle et d'assurer un bon suivi en cours de culture. Plusieurs ajustements sont souvent nécessaires avant la conception d'un mélange de terreux adéquat. Le substrat de culture utilisé pour la germination et la croissance des plantules sert de réserve en eau, en air et en éléments nutritifs (Tableau 5.2). Les terreux biologiques sont fabriqués généralement avec de la mousse de tourbe et/ou de la fibre de coco, de la perlite et/ou de la vermiculite et des engrais organiques comme du compost et/ou autre fertilisant organique.

Les terreux doivent avoir un pH équilibré (entre 5,5 et 6,5) et une faible salinité. Une salinité élevée est particulièrement néfaste pour les graines en germination, c'est pourquoi les terreux à semis contiennent généralement moins de 5 % de compost. Les terreux commerciaux à repiquage peuvent contenir jusqu'à 15-20 % de compost. Les producteurs y ajoutent parfois une dose supplémentaire de compost (25 à 45 % du volume du mélange), ce qui demande un suivi plus serré de la conductivité.

Si la salinité est trop élevée, les plantules dépérissent, les premières feuilles sont nécrosées à la marge et les racines brunissent. Le poivron est une plante moyennement sensible à la salinité et la tomate est peu sensible à la salinité. Toutefois, plusieurs espèces de légumes sont très sensibles à la salinité des terreaux comme les laitues, les melons, les oignons et les poireaux. À l'inverse, une salinité trop faible est en général un indice d'un manque de fertilité, ce qui ralentit la croissance et cause le jaunissement du feuillage.

Plusieurs fertilisants commerciaux sont à base d'émulsion de poisson, d'algues, d'extraits végétaux ou de sous-produits animaux. Certains producteurs effectuent des macérations d'engrais organiques solides avec du compost ou des granules de fiente de poule pour réduire les coûts de la fertilisation d'appoint. Les engrais organiques contiennent souvent une forte concentration de sodium, il faut donc les utiliser à de faibles doses.

Il est important d'analyser les solutions nutritives et les terreaux afin d'éviter les problèmes de salinité élevée causés par la libération excessive d'ammonium (NH_4) ou de sodium (Na). La salinité des solutions nutritives devrait être dans la fourchette de 0,8 à 1,2 mS/cm selon le stade de croissance. Quant à la salinité du terreau, elle devrait être testée chaque semaine à l'aide d'un conductivimètre/pH-mètre. Les techniques de suivi de la salinité et du pH sont bien expliquées dans le *Bulletin No 3 - 2007 du Réseau d'avertissements phytosanitaires cultures en serre* ([Lambert, 2007](#)).

Tableau 5.2. Caractéristiques recherchées des terreaux à semis et à repiquage pour la tomate et le poivron

	Terreau à semis	Terreau à repiquage
Diamètre des matériaux	Fin	Moyen à grossier
Exemples de matériaux	Tourbe à particules fines (mais pas poussiéreuse), perlite fine, vermiculite de taille moyenne	Tourbe et/ou fibre de coco, perlite grossière, vermiculite grossière
Aération	Bonne	Bonne
pH	5,5 à 6,5	5,5 à 6,5
Salinité/conductivité de l'analyse SSE faite en laboratoire (mS/cm) en cours de culture	0,5 à 1,5 Cotylédons jusqu'à 2 feuilles	1,5 à 2,5 2 feuilles et plus
Salinité/conductivité prise avec un conductivimètre avec la méthode 2:1 (mS/cm) en cours de culture	0,25 à 0,75 Cotylédons jusqu'à 2 feuilles	0,75 à 1,20 2 feuilles et plus
Volume de compost	5 à 15 %	15 à 25 %

Adapté de : gouvernement du Nouveau-Brunswick, 2015 ; Vallée et Bilodeau, 1999 ; Weill et Duval, 2011 ; Beaulieu et al., 2002. Pour la Méthode PourThru décrite dans [Gagnon \(2003\)](#), une salinité entre 2,7 à 4,6 est adéquate.

La microflore présente dans les terreaux organiques à base de compost et d'engrais organique va activer la minéralisation de l'azote. Afin de synchroniser la libération des éléments nutritifs et les besoins de la plante, il est possible de « conditionner » le terreau une à deux semaines avant son usage en le plaçant sous des conditions de température de 20 °C et à une humidité d'environ 80 % (Gagnon, 2019). Un même terreau peut libérer les éléments nutritifs différemment d'une entreprise à l'autre selon, par exemple, les régions de production, les températures d'opération et la gestion de l'irrigation.

ÉTAPES DE PRODUCTION

Semis et germination

Il est recommandé de semer entre 15 à 30 % en semences de plus que nécessaire. Les quantités supplémentaires varient selon le savoir-faire du maraîcher, l'origine des semences, ainsi que de la vigueur et du taux de germination des lots. Seuls les plus beaux plants seront conservés au repiquage puis à la plantation en plein sol. Avant les semis, le terreau doit être mouillé suffisamment sans être détrempé. Ceci permet aux fibres de tourbe de gonfler, ce qui augmente le volume d'air disponible pour le plant dans la cellule. Un remplissage avec du substrat trop mouillé cause souvent la non-uniformité des plants. De plus, il sera difficile à humidifier de façon homogène par la suite. Les multicellules doivent être remplies suffisamment sans presser le terreau à l'intérieur.

Un document vidéo de l'Université Cornell ([Cornell Small Farms, 2011](#)) illustre les étapes de préparation du terreau et des plateaux. Les semences sont placées, à raison d'une par cellule, à la surface ou dans de petits trous formés préalablement. Suite au semis, les graines de poivrons et tomates, qui sont relativement grosses, sont recouvertes de substrat. Le recouvrement de vermiculite est davantage utilisé pour les petites graines.

Les plateaux sont bien irrigués avec des gouttelettes fines afin de bien imbiber tout le terreau sans déloger la graine. Par la suite, les plateaux sont placés dans la chambre de germination ou dans la section de germination sur table dans la serre. Une chambre de germination ou des tapis chauffants et des dômes peuvent être utilisés pendant cette période. L'humidité du terreau doit être la plus constante possible et sera corrigée au besoin par de petites irrigations de surface.



Figure 5.2. Table de germination avec tapis chauffant et plastique de recouvrement
Steve Lamothe, CRAM

La germination des semences de tomate nécessite de 5 à 6 jours et celles de poivron de 6 à 8 jours. Un plant de tomate non greffé est prêt en 35 à 50 jours alors qu'un plant de poivron nécessite 42 à 56 jours. La production de plants de tomates greffées nécessite 3 semaines supplémentaires. Par conséquent, les semis des plants de poivrons ainsi que des porte-greffes et des greffons de tomates sont généralement réalisés du début à la mi-mars et les semis des tomates non greffées du début à la mi-avril (Tableau 5.3).

Cotylédon à repiquage

Dès la sortie des cotylédons et lorsque 75 % des plants ont germé, une source suffisante de lumière permet d'éviter l'étiollement des hypocotyles. L'humidité du substrat doit être constante à ce stade jusqu'à la sortie de la première vraie feuille. Par la suite, il est préférable d'assécher le terreau graduellement entre les arrosages.

Au départ, il faut laisser le terreau s'assécher en surface, puis l'assèchement peut être plus en profondeur à partir du stade 2 feuilles pour favoriser un enracinement en profondeur. Les tomates et poivrons sont tolérants à l'assèchement plus sévère du substrat contrairement à d'autres espèces légumières comme la laitue. Au stade 1 à 2 feuilles des tomates et poivrons, les plants sont repiqués dans des contenants plus gros avec du nouveau terreau enrichi en compost et en fertilisants organiques (Tableau 5.3). Selon la grosseur des contenants choisis au repiquage, la fertilité peut être suffisante jusqu'à la fin de la production. Il est toutefois fréquent que des apports de fertilisants d'appoint soient nécessaires au cours des dernières semaines précédant la plantation.

Tableau 5.3. Étapes et contenants utilisés pour la production de plants de tomates et poivrons

Culture	Nombre de jours de croissance	Contenant des semis	Stade de repiquage	Contenant de repiquage
Tomate	35 à 50 jours	Multicellules 72 à 128	Stade 2 feuilles	Plateaux de 24 à 50 cavités, pots 10 cm et 15 cm
Non greffée	5 à 7 semaines		(2 à 3 semaines après le semis)	
Greffée	8 à 10 semaines			
Poivron	42 à 56 jours (6 à 8 semaines)	Multicellules 72 à 128	Stade 2 à 4 feuilles (3 à 4 semaines après le semis)	Plateaux de 24 à 50 cavités, pots 10 cm et 15 cm

Tableau 5.4. Stades de développement des plantules de tomates (T) et poivrons (P), températures et humidité du substrat recommandées

Stade de développement	Températures	Humidité du substrat
Germination	24-27 °C (T) T° optimale du substrat 29 °C	Élevée et constante
Cotylédons	24-25 °C (P) 21-24 °C (T)	Élevée et constante
1 à 5 feuilles	21-24 °C (P) 18-21 °C (T) Au stade 3-5 feuilles : viser autour de 16-17 °C la nuit	Laisser sécher la partie supérieure du substrat entre les arrosages
Plants prêts à l'endurcissement (endurcissement pendant 3 à 5 jours)	20-21 °C (P) 17-18 °C (T) Nuit : 15-16 °C	Laisser sécher davantage le substrat entre les arrosages

Adapté de : Vallée et Bilodeau (1999)

Fin de production et endurcissement

Juste avant la plantation et selon le contenant utilisé, les plantules ont entre 5 et 7 feuilles, lorsqu'ils sont destinés aux abris froids, et entre 7 à 9 feuilles pour les serres chauffées. À ce stade de croissance et lorsque les plants sont dans des pots de 10 à 15 cm sur des tables en serre, les feuilles ne devraient pas se toucher, ce qui correspond à un espacement adéquat pour éviter l'étiollement des tiges.

Avant de procéder à la plantation finale, la température du sol devrait atteindre 15 °C. Une température de sol de moins de 13 °C accentue les risques de maladies et de stress racinaire tout en affectant la reprise des plants. Le plant ne doit pas être maintenu trop longtemps dans un pot trop petit afin de favoriser une bonne reprise après la plantation ainsi que l'établissement d'un système racinaire vigoureux. Des racines qui tournent en spirale signifient que l'espace est insuffisant depuis déjà un certain temps. Les contenants carrés et pyramidaux inversés avec rainures, comparativement à un contenant rond, réduiront cette tendance. Un plant prêt pour la plantation est trapu et doté d'un système racinaire qui supporte le substrat lorsqu'il est retiré du contenant.

L'endurcissement ou l'acclimatation des plants consiste à les mettre graduellement dans des conditions environnementales qui s'apparentent le plus possible à celles qui se retrouvent sous abri. La réduction de la température, l'augmentation de la ventilation, l'augmentation de la luminosité et l'assèchement plus prononcé du substrat sont des paramètres qui doivent être introduits graduellement. Les plants qui ont poussé avec de l'éclairage artificiel doivent être soumis aux radiations solaires graduellement en débutant par des journées nuageuses. Un endurcissement trop rapide peut donner un choc aux plants, entraînant des arrêts de croissance et des problèmes de reprise lors de la plantation.

L'endurcissement débute dans les installations courantes et peut se poursuivre dans des installations conçues à cet effet. Dans le cas des plants produits pour l'implantation sous tunnel, donc plus tardif, il est possible de déménager les plants dans une section de serre non chauffée ou dans des abris extérieurs tout en évitant les températures inférieures à 10°C. Des couvertures flottantes avec arceaux, avec ou sans chauffage d'appoint, peuvent être utilisées en cas de nuits plus fraîches.

GREFFAGE

Greffage de la tomate en serre trois saisons

Au Québec, dans les **serres chauffées**, le greffage des plants de tomates est intégré depuis plusieurs années dans la routine de production. L'utilisation de porte-greffes a pour objectif de favoriser un meilleur système racinaire, d'obtenir des plants plus vigoureux et de protéger les plants des maladies de sol comme la racine liégeuse, la fusariose, la verticilliose et des problématiques de nématodes. Cette technique permet d'augmenter significativement les rendements en soutenant la production des fruits sur une plus longue période de croissance.

Le greffage consiste à combiner sur un même plant le système racinaire d'une variété, le porte-greffe (PG), avec la partie aérienne d'une variété de tomate indéterminée choisie pour ses fruits, le greffon. Cette opération s'effectue au stade 2 feuilles des jeunes plants et ajoute 3 semaines supplémentaires pour produire des plants de tomates. Les plants greffés sont destinés à être taillés en continu, sur une ou deux têtes, afin de mieux balancer l'équilibre végétatif et génératif des plants.



Figures 5.3 et 5.4. Plant greffé et chambre de guérison après le greffage
Steve Lamothe, CRAM



Greffage de la tomate en serre trois saisons

Témoignage : Johanne Breton

Ferme Les Jardins Naturlutte, Ulverton (Estrie)

J'ai essayé plusieurs porte-greffes (PG) dont Multifort, Estamino, Kaiser et Beaufort, mais je suis revenue à Maxifort qui est vigoureux et intéressant pour l'ensemble de mes variétés. Dans un contexte de production d'avril à octobre, avec plusieurs variétés de tomates cultivées sur une petite surface et avec une régie uniforme pour l'ensemble, il est parfois difficile d'aller chercher le plein potentiel d'un PG (peut demander des températures plus chaudes la nuit par exemple). Pour mon type d'entreprise, la régie et la gestion du climat demeurent prioritaires par rapport aux essais de variétés de PG, qui peuvent davantage exprimer leurs potentiels dans une serre de grande superficie qui produit à l'année et qui a la possibilité de calculer de façon précise la performance (kg/m²) des divers PG.

Porte-greffes

Historiquement, les producteurs utilisent surtout Maxifort et également Beaufort et Estamino comme porte-greffes dans la tomate, mais il en existe d'autres, présentés dans le tableau 5.5. Pour un producteur biologique, l'exigence d'utiliser des semences biologiques ou non traitées limite un peu le choix.

Tableau 5.5. Exemples de quelques porte-greffes les plus utilisés pour le greffage de la tomate

Porte-greffe*	Hybrideur	Comportement	Caractéristiques	Disponibilité Certifié bio
Maxifort (tomates, Aubergines*)	De Ruiters	– Très vigoureux – Génératif	Haute résistance : fusariose (2)**, verticilliose (2), virus de la mosaïque de la tomate, racines liégeuses ; nématodes Ma/Mi/Mj***	Non traité
Beaufort (tomates, aubergines)	De Ruiters	– Vigoureux – Plutôt végétatif	Haute résistance : Fusariose (2), verticilliose (2), virus de la mosaïque de la tomate, racines liégeuses ; nématodes Ma/Mi/Mj	Non traité
Multifort (Tomates)	De Ruiters	– Très vigoureux – Plus génératif que Maxifort	Haute résistance : virus de la mosaïque de la tomate, fusariose (3), verticilliose, racines liégeuses ; nématodes Ma/Mi/Mj	Non traité
Emperador (Tomates, aubergines)	Rijk Zwaan	– Vigoureux – Équilibré	Haute résistance : virus de la mosaïque de la tomate, fusariose (2), racines liégeuses, verticilliose (2) Résistance intermédiaire : nématodes Ma/Mi/Mj	Certifié bio
Estamino (Tomates)	Enza Zaden	– Vigoureux – Génératif – Développement uniforme	Haute résistance : virus de la mosaïque de la tomate, fusariose (2), verticilliose (2), cladosporiose, racines liégeuses Résistance intermédiaire : nématodes Ma/Mi/Mj	Certifié bio
Fortamino (Tomates, aubergines)	Enza Zaden	– Intermédiaire	Haute résistance à : virus de la mosaïque de la tomate et virus de la tache bronzée de la tomate, fusariose (2), verticilliose (2), cladosporiose, racines liégeuses Résistance intermédiaire : nématodes Ma/Mi/Mj	Certifié bio
DRO141TX (remplace DRO138TX) (Tomates, aubergines)	De Ruiters	– Vigoureux – Très génératif – Intéressant si chaud et peu d'humidité	Haute résistance : virus de la mosaïque de la tomate, fusariose (2), verticilliose (2), cladosporiose, racines liégeuses ; Résistance intermédiaire : nématodes Ma/Mi/Mj	Non traité

* Les porte-greffes utilisés pour les tomates sont généralement compatibles avec l'aubergine.

** Le chiffre entre parenthèses indique le nombre de races de la maladie concernée pour lesquelles le PG offre de la résistance.

*** *Meloidojyne arenaria* (Ma), *Meloidojyne incognita* (Mi), *Meloidojyne javanica* (Mj).

Le porte-greffe influence l'équilibre génératif et végétatif des plants. Un plant végétatif met la plus grande partie de son énergie à produire des racines, des feuilles et des tiges alors qu'un plant génératif se concentre surtout sur la mise à fleurs, la nouaison et le grossissement des fruits. Par ailleurs, sur le plan de la vigueur, les porte-greffes Multifort et Maxifort sont les plus vigoureux, tandis qu'Estamino l'est beaucoup moins. Selon le greffon ou la variété cultivée, il peut être pertinent d'essayer différentes combinaisons afin d'identifier le PG le plus approprié dans le but d'obtenir un plant assez vigoureux, mais équilibré. Tout est une question de compatibilité en fonction de différents environnements et systèmes de production !

Dans le cas d'une maladie causée par un phytopathogène de sol, il est essentiel d'obtenir un diagnostic par un [laboratoire spécialisé](#). Ceci permettra de tenir compte des caractéristiques de résistance souhaitées lors du choix du porte-greffe. Sous abris non chauffés et en plein sol, il est possible de retrouver des pathogènes ou des races d'un même pathogène pour lesquels il n'existe pas de PG spécifiques. Ceci peut être le cas par exemple de *Pythium*, *Colletotrichum* et de *Plectosporium* d'où l'importance, lorsque les tests de laboratoires le permettent, de bien identifier la problématique de départ.

Greffage de la tomate en abri froid

Les avantages du greffage sont mis en évidence sous tunnel et en serre froides, lorsqu'il y a une pression de pathogène de sol spécifique pour lequel des porte-greffes ont été développés. Ceci a été démontré selon des études conduites au centre et sur la côte est des États-Unis ([Groff, 2015](#)) ([Reid et coll. 2012](#)) ainsi qu'au Nouveau-Brunswick ([Barthélémy, 2014](#)).

En absence de pathogénies de sol spécifiques, l'avantage est moins clair, surtout lorsque la plantation est tardive, soit de la fin mai au début juin. Ainsi, un essai du Centre de recherche agroalimentaire de Mirabel (CRAM) en 2014-2015, mené sur les variétés de tomates Macarena, Granadero et Marguerite n'a pas démontré d'avantages à utiliser le PG Maxifort ([Lamothe et Provost, 2016](#)).

Dans les abris froids, le greffage ne revêt pas d'intérêt particulier lorsque :

- l'abri permet de réaliser de bonnes rotations pour limiter les pathogènes de sol,
- la taille des plants est minimale ou intermédiaire (cf. chapitre 6),
- la plantation est tardive sans chauffage d'appoint.

Sous certaines conditions, le greffage est à considérer pour :

- des variétés moins vigoureuses (ex : certaines variétés patrimoniales dites « Heirloom ») ;
- des plantations hâtives avec un chauffage minimal d'appoint en début et en fin de saison. Plus la saison de récolte sera étalée et plus le greffage aura un intérêt.
- Des problèmes de maladies de sol pour lesquelles il existe des PG qui démontrent une bonne résistance.

Étant donné que le greffage favorise des plants plus vigoureux, les plants devront être conduits de façon continue sur deux têtes afin de ne pas nuire à la précocité des récoltes et permettre une meilleure aération des plants. Ainsi, il faudra planifier la main-d'œuvre en conséquence.

Technique

La technique du greffage n'est pas difficile en soi, mais il faut être méticuleux et bien organisé. Quelques bons documents décrivent bien la technique, notamment ceux-ci :

- *Guide de production de la tomate de serre au Québec* ([Turcotte et coll., 2015](#))
- *Grafting Guide : A Pictorial Guide to the Cleft and SpliceGraft Method as Applied to Tomato and Pepper.* ([Hu et coll., 2017](#)) .

Deux vidéos de l'Université du Kansas démontrent visuellement les étapes du greffage :

- *Grafting Tomatoes: Healing Chamber* ([Kansas State University, 2013a](#))
- *Tomato Grafting: the Process* ([Kansas State University, 2013b](#))

Rappelons cependant quelques grands principes, car une bonne technique de greffage n'est pas une garantie de succès. Les précautions prises avant et après le greffage sont tout aussi importantes.

Avant tout, il faut bien planifier les séquences de semis, car au moment du greffage, le porte-greffe et le greffon doivent présenter des tiges de même diamètre. Il est d'ailleurs recommandé de semer environ 30 % de plus que ce qui est nécessaire, afin de s'assurer d'avoir assez de plantules possédant le même diamètre. Les plantules utilisées pour le greffage ne doivent pas être étiolées ou croches. Aussi, un plant plus jeune cicatrise plus rapidement.

Une fois la greffe effectuée, les plants doivent être placés sous des conditions environnementales particulières au niveau de l'humidité relative, des températures, de la luminosité et des caractéristiques du substrat. Il est recommandé de pincer les plants greffés soit au-dessus des cotylédons ou à la seconde feuille pour obtenir deux têtes (cf. Chapitre 6). Ceci permet d'obtenir des plants moins végétatifs et mieux équilibrés.

Greffage du poivron

La pertinence du greffage des plants de poivron sous tunnel et en serre trois saisons n'a pas encore été démontrée au Québec et il existe peu d'information à ce sujet. La technique y est plus délicate que pour la tomate et les résultats sont mitigés même en serre chauffée. Le greffage est parfois pratiqué en complexe de serre chauffée où des experts possèdent les compétences pour optimiser la technique et gérer adéquatement la conduite des plants par la suite. Dans le cas d'une problématique de nématodes, l'essai de porte-greffes adapté au type de nématode pourrait être considéré.

ÉTAT PHYTOSANITAIRE DES TRANSPLANTS

Prévention

Le nettoyage et la désinfection de la serre, des espaces de propagation et des réservoirs d'eau permettent de réduire les infestations de maladies, d'algues et d'insectes. Les zones humides, l'eau libre et les amoncellements de vieux terreaux sont autant de sources où peuvent proliférer certains organismes nuisibles et mauvaises herbes. La désinfection du matériel est une pratique essentielle qui permet de réduire l'incidence des maladies, particulièrement la fonte des semis. Certaines maladies comme le chancre bactérien de la tomate peuvent être transmises par les semences. La désinfection des équipements et les traitements de semence sont abordés au chapitre 9.

Une bonne régie de l'irrigation (terreau qui s'assèche correctement), l'usage d'une eau de qualité et une gestion adéquate de l'humidité relative peuvent prévenir la majorité des problématiques causées par la fonte des semis, les sciarides (mouche du terreau) et les algues (Tableau 5.6). Les prévisions météorologiques, aussi imparfaites soient-elles, contribuent à prendre de meilleures décisions sur l'arrosage. Ainsi, lorsque du temps humide, nuageux et frais est prévu sur quelques jours, l'arrosage doit être planifié pour faire en sorte que le terreau soit sec juste avant cette période problématique. Un terreau qui demeure humide sous des conditions d'ensoleillement réduites favorise l'étiollement des plants et les problèmes phytosanitaires.

Tableau 5.6. Principales problématiques phytosanitaires rencontrées sur les transplants, méthodes de prévention et de lutte.

Principales problématiques phytosanitaires	Méthodes de prévention	Méthodes de lutte biologique ou biopesticides
Fonte des semis	Utilisation d'une table chauffante ou température adéquate du sol. Désinfecter l'équipement et les plateaux usagés. Avoir une bonne qualité de terreau (léger et avec une certaine quantité de compost). Gérer l'arrosage adéquatement. Bonne ventilation.	Biostimulants Biofongicides
Sciarides et mouches du rivage (mouches noires)	Éviter l'eau libre au sol. Laisser le substrat s'assécher entre les arrosages. Contrôler l'humidité de l'air. Dépister avec des pièges collants jaunes. Contrôler les algues sur la surface des plateaux.	Lutte biologique : acariens prédateurs, nématodes, coléoptères prédateurs (<i>Dalotia coriaria</i>).
Algues	Traiter l'eau d'irrigation contaminée. Abaisser le pH de l'eau sous 7,6. Nettoyer et désinfecter les réservoirs d'eau et la plomberie périodiquement. Désinfecter les infrastructures avec de la chaux hydratée. Avoir des réservoirs d'eau étanches à la lumière. Utiliser des filtres à l'entrée d'eau et à la sortie vers les serres. Améliorer la porosité du terreau. Contrôler l'humidité de l'air.	Utilisation d'hypochlorite de sodium (eau de javel) ou de calcium, à certaines concentrations. Utilisation de peroxyde.
Pucerons Aleurodes (mouches blanches)	Désinfecter et nettoyer la serre entre deux saisons de culture. Éviter le transport de plants d'un producteur à l'autre. Mettre en quarantaine les plants infestés. Dépistage visuel 3 fois par semaine (pucerons) ou avec des pièges collants jaunes (aleurodes).	Savons <i>Beauveria</i> (pucerons ciblés) Lutte bio (cf. chapitre 9)

CHAPITRE 6. Conduite de la culture

INTRODUCTION	93
DISPOSITIFS DE PLANTATIONS.....	93
APERÇU DES SYSTÈMES DE PALISSAGE	96
Palissage horizontal.....	96
Palissage vertical	97
TOMATE : CONDUITE DES PLANTS	99
Palissage horizontal.....	100
Palissage vertical	102
Taille des plants	106
Règles de base	106
Taille minimale.....	106
Taille sur deux têtes.....	108
Taille intermédiaire.....	110
Effeillage	111
Taille des grappes	113
Étêtage.....	113
POIVRON : CONDUITE DES PLANTS.....	113
Palissage horizontal.....	114
Palissage horizontal en abri froid	114
Palissage horizontal en serre trois saisons	117
Palissage vertical en serre trois saisons	118
Taille des plants	121
Règles de base pour la taille du poivron sous abris.....	121
Taille en palissage horizontal.....	124
Taille en palissage vertical	125
Étêtage.....	127
Équilibre végétatif et génératif.....	127
Choix du type de taille : témoignages.....	128
POLLINISATION	132

INTRODUCTION

Les plants de poivrons et de tomates poussent vite sous abri et cette croissance active nécessite des soins quotidiens, peu importe la météo, qu'il pleuve ou qu'il fasse beau. Ces tâches répétitives et spécialisées sont souvent effectuées par le même personnel, ce qui améliore l'efficacité et la qualité du travail.

Ⓢ Le temps qui devra être consacré au palissage, à la taille des feuilles et des drageons, peut varier énormément selon le type de conduite et la plante cultivée. Voici des exemples (cf. Chapitre 11) du nombre total d'heures nécessaires pour réaliser la conduite des plants sur une longueur de **30 m de rang** durant la saison de production :

- *Serre chauffée (début avril à fin octobre)*
Tomate charnue, palissage vertical, conduite sur 2 têtes : 65 heures
Poivron, palissage horizontal, taillé sur 2 nœuds : 5,5 heures
- *Tunnel chenille (mi-mai à fin septembre)*
Tomate charnue, palissage horizontal, multitêtes (taille minimale) : 6,8 heures
Poivron, palissage horizontal, taillé sur 1 nœud (rangs doubles) : 3,3 heures

Dans ce chapitre, il sera fait mention de plants végétatifs ou génératifs. Un plant végétatif met la plus grande partie de son énergie à produire des racines, des feuilles et des tiges alors qu'un plant génératif se concentre surtout sur la mise à fleurs, la nouaison et le grossissement des fruits. Le guide électronique *Production de la tomate de serre au Québec* (Turcotte et coll. 2015) en pages 14 et 15 contient des illustrations et des explications sur les principales caractéristiques de plants de tomates à caractère génératif et végétatif.

DISPOSITIFS DE PLANTATIONS

Dans les serres et les tunnels fixes, le travail du sol est habituellement réalisé avec de la petite machinerie, comme un motoculteur. Cela donne plus de flexibilité dans le choix des largeurs et des espacements entre les plates-bandes. Étant donné que les tunnels chenille sont déplacés chaque année, le travail du sol et les buttes sont réalisés grâce à de la machinerie tirée par un tracteur.

De façon générale la largeur des plates-bandes varie de 0,75 à 1 m alors que la distance centre à centre est souvent de 1,5 à 1,6 m pour les tunnels chenilles et de 1,6 à 1,8 m (Figure 6.4) pour les serres. Les dispositifs de plantation, présentés dans les Tableaux 6.1 et 6.2 et illustrés dans la Figure 6.1, sont en monoculture de poivrons et de tomates. En réalité, on peut retrouver dans un même abri des tomates, des poivrons, des concombres, des aubergines ou d'autres cultures.

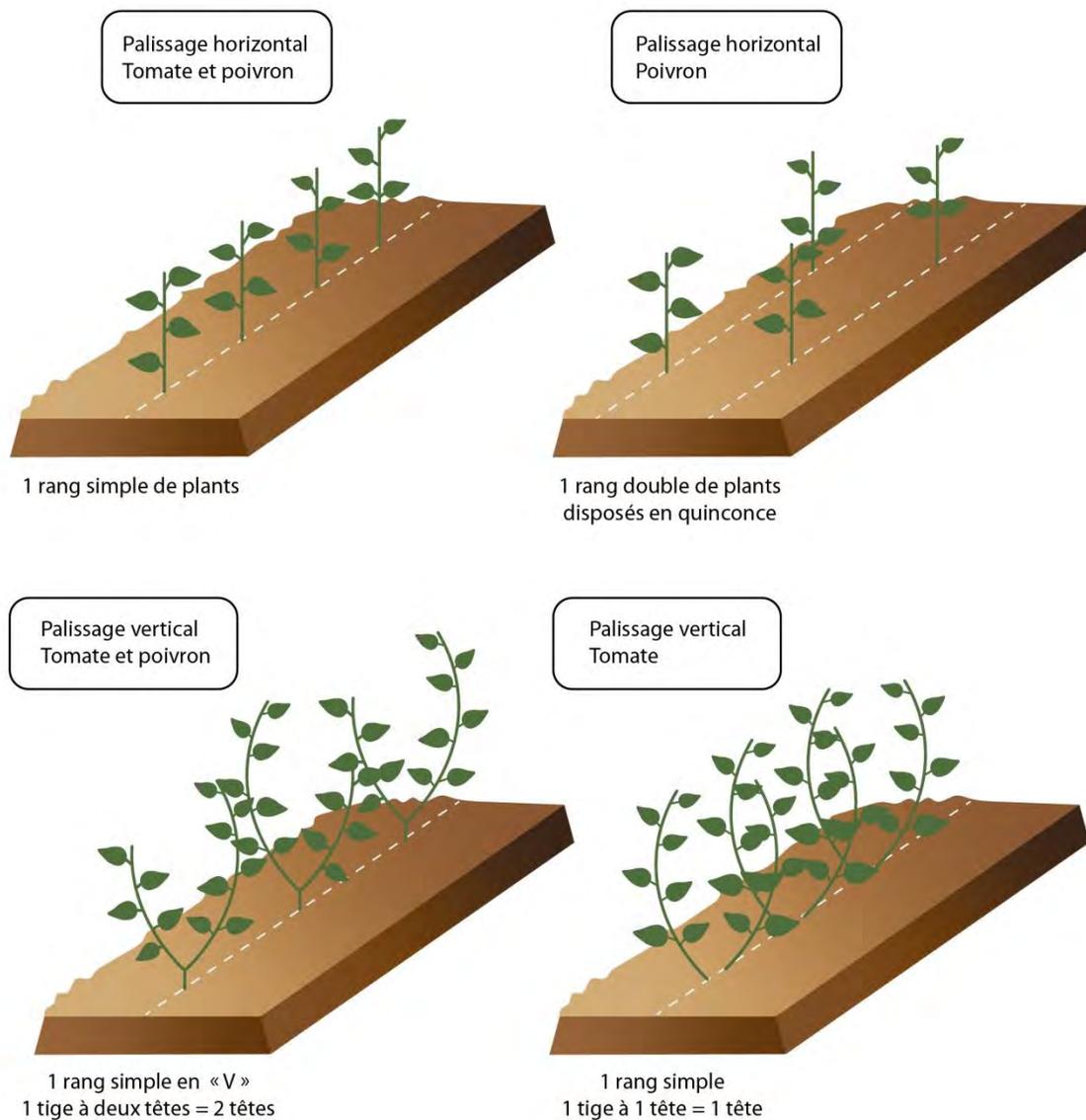


Figure 6.1. Schémas illustrant des plantations adaptées au palissage horizontal et vertical.

Vocabulaire concernant la population de plants ou de têtes/m² et le type d’abri

En serre froide et chauffée, lorsque le palissage est sur corde verticale, on utilise un système de culture en V avec une ou deux têtes par plant. On utilise la terminologie employée en serre chauffée. Par exemple, un plant à deux têtes est équivalent à deux plants. Ceci reflète mieux le concept de la répartition de la lumière sur la canopée des plants conduits en vertical. Lorsque la culture est palissée de façon horizontale, on utilise le même vocabulaire qu’en plein champ. Ainsi, la densité de population est exprimée en nombre de plants/m², même si la tomate peut être taillée sur deux têtes. Dans tous les cas, la surface exprimée en mètre carré correspond à la surface de l’abri, incluant les plates-bandes et les allées.

Tableau 6.1. Exemples de dispositifs de plantation de la tomate

Type d’abri	Taille ¹	Palissage	Distance sur le rang	Densité de plantation ²
Tunnel chenille, Tunnel et serre froide	Tomate charnue déterminée et indéterminée			
	Minimale	Horizontal, rang simple	45 à 56 cm	1,3 à 1,6 plant/m ²
	Tomate charnue indéterminée			
	Minimale, Intermédiaire, Deux têtes	Horizontal, rang simple	45 à 56 cm	1,3 à 1,6 plant/m ²
	Tomate cerise			
	Minimale, Intermédiaire, Deux têtes	Horizontal, rang simple	30 à 35 cm	2,0 à 2,5 plants/m ²
Tunnel et serre froide	Tomate charnue indéterminée			
	Deux têtes	Vertical, deux têtes, culture en « V », rang simple	39 à 48 cm	2,6 à 3,2 têtes/m ²
	Tomate cerise indéterminée			
	Deux têtes	Vertical, deux têtes, culture en « V », rang simple	25 à 35 cm	3,6 à 5 têtes/m ²
Serre trois saisons	Tomate « beef » indéterminée			
	Deux têtes	Vertical, deux têtes, culture en « V », rang simple	24 à 26 cm 48 à 52 cm	2,4 à 2,7 têtes/m ²
	Tomate cerise			
	Deux têtes	Vertical, deux têtes, culture en « V », rang simple	25 à 35 cm	3,6 à 5 têtes/m ²

¹ Les techniques de taille sont décrites plus loin dans ce chapitre.

² Dans les abris froids, plus la taille du feuillage est importante, plus les plants pourront être rapprochés sur le rang.

Dans les serres trois saisons, la densité de plantation des tomates de type charnue est légèrement inférieure à celle retrouvée dans les abris froids. Ceci s'explique par le fait que dans les serres chauffées, les plants sont greffés, plus vigoureux, et que l'aération doit être optimisée afin de limiter les maladies foliaires, principalement la moisissure olive.

En 2013-2014, des essais de densités ont été réalisés dans le Bas-Saint-Laurent en tunnel froid sur la variété « Big Beef », une tomate charnue indéterminée, non greffée et conduite sur deux têtes ([Avenue Bio de l'est, 2015](#)). Les densités comparées étaient de 2,8 têtes et 3,8 têtes/m². La densité de 2,8 têtes a produit les meilleurs rendements par mètre carré cultivé tout en offrant des récoltes plus hâtives sur le cumul des trois premières cueillettes.

Tableau 6.2. Exemples de dispositifs de plantation du poivron

Type d'abri	Taille	Palissage	Distance sur le rang	Densité de plantation
Tunnel chenille, Tunnel et serre froide	Minimale	Horizontal, rang double	35 à 43 cm 45 à 50 cm (entre les deux rangs)	3,2 à 4 plants/m ²
Serre trois saisons	Intermédiaire	Horizontal, rang simple	23 à 30 cm	2,6 à 4 plants/m ²
		Vertical, deux têtes, culture en « V », rang simple	23 à 30 cm	5,2 à 6,6 têtes/m ²

APERÇU DES SYSTÈMES DE PALISSAGE

Les plantes sous abri sont plus développées, plus productives et plus lourdes qu'en plein champ. Il devient alors essentiel de leur fournir un support de croissance adéquat afin de réaliser une conduite en palissage. En général, les maraîchers qui débutent la production sous abri sous-estiment cet aspect.

Les variétés et les légumes à croissance plus rapide seront positionnés sur le côté nord des serres et des tunnels afin de limiter l'ombrage sur les rangs adjacents. C'est le cas des tomates cerise, par exemple. Étant donné que les plants de poivron se développent lentement, ils seront positionnés sur le côté le plus lumineux de l'abri lorsqu'ils côtoient d'autres plants palissés à croissance plus rapide, comme la tomate, le concombre ou l'aubergine.

Palissage horizontal

En règle générale, les structures qui ne sont pas conçues pour supporter les charges de neige ne permettent pas de soutenir des plants chargés en fruits. Donc, pour les tunnels chenille et certains modèles de tunnels et de serres froides, le palissage des poivrons et des tomates doit être horizontal et indépendant de la structure.

Dans les serres trois saisons, les poivrons peuvent être palissés à l'horizontale ou à la verticale. Le palissage en horizontal n'est pas adapté à la tomate dans la serre chauffée étant donné le potentiel de croissance en hauteur des plants.

Le palissage horizontal est réalisé à l'aide de tuteurs plantés dans le sol et de cordes résistantes aux rayons ultra-violet (Figure 6.2). Des tiges de métal cannelées ou « rods » utilisées pour la construction constituent un choix durable de tuteurs par rapport au bois, même si l'investissement initial est plus élevé. Les aciéries sont compétitives au niveau des prix et peuvent réaliser les coupes, car les tiges d'acier sont souvent offertes en longueur standard (ex. : 6,1 m).



Figure 6.2. Palissage horizontal du poivron et de la tomate dans un tunnel chenille

Palissage vertical

Le poivron et la tomate peuvent être palissés de façon verticale dans les serres trois saisons et les tunnels froids qui sont dotés d'une structure assez solide pour supporter la charge des plants. Les plants sont taillés et accrochés à des cordes verticales résistantes aux rayons ultra-violet (Figure 6.3).

Dans les serres trois saisons, ce type de palissage nécessite une hauteur libre minimale de 2,7 m. Cette dimension permet de retarder l'abaissement des plants de tomate à des moments opportuns pour la récolte des fruits tout en libérant une hauteur adaptée à la croissance des plants de poivron durant la période s'étalant d'avril à octobre. Le palissage se fait avec deux lignes de fil d'acier (broches) de [9 gauges](#) ou 3,65 mm de diamètre et qui sont parallèles aux

planches de cultures. Ces broches sont espacées de 60 à 70 cm selon l'espacement des rangs (Figure 6.4). Le respect de ces distances permet une bonne distribution de la luminosité sur l'ensemble des plants. Les lignes d'acier doivent être déposées ou suspendues sur les poutrelles (ou raidisseur) et non pas enroulées. Des tendeurs ou écrous tendeurs seront utilisés d'un côté de la broche alors que des écrous vissés seront utilisés de l'autre côté. Une fois les plants accrochés et ayant acquis un certain poids, la ligne d'acier devrait être légèrement concave, tout juste assez pour répartir le poids sur les raidisseurs/appuis et soulager ainsi la traction sur les murs de la structure.



Figure 6.3. Tomate palissée à la verticale en serre froide

- Distance entre les rangs :
– 160 cm à 180 cm
- Distance entre les broches :
– 60 à 70 cm*
• * 70 cm si les rangs sont espacés de 180 cm
- Espace de travail :
– 100 cm

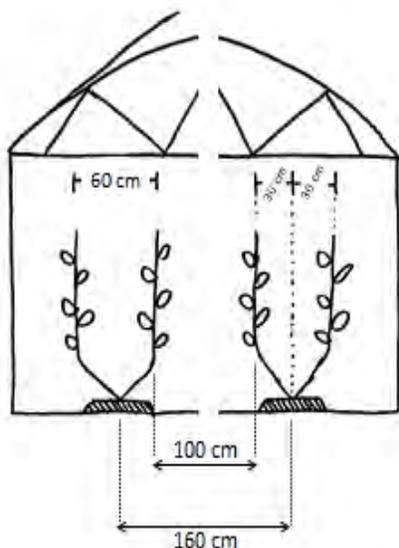


Figure 6.4. Palissage vertical de tomates en rang simple à deux têtes en « V » en serre trois saisons
Philippe-Antoine Taillon, MAPAQ

TOMATE : CONDUITE DES PLANTS

Un plant de tomates se développe sur des tiges souples en produisant six à dix feuilles suivies d'une grappe florale (bouquet). Par la suite, il y a toujours trois feuilles entre chaque bouquet. Le plant produit de 0,7 à 1 bouquet par semaine. À la jonction de la tige et de chaque feuille, il y a formation d'un drageon qui forme une nouvelle tête s'il n'est pas taillé. Un plant en santé et productif a un diamètre de tige au point de croissance hebdomadaire d'environ 10 à 12 mm et porte des fleurs jaunes foncées. Le point de croissance hebdomadaire se mesure à environ 20 à 25 cm sous l'apex de la tête des plants. Les têtes d'un plant bien équilibré présentent une teinte pourpre et vont friser en fin de journée.

L'entretien des plants, la taille et le palissage doivent se faire aux cinq à dix jours selon le moment de la saison, le type d'abri et la variété. Il est plus pratique de réaliser les travaux à jour fixe. Le plant grandit en moyenne de 20 à 30 cm par semaine. En abri froid et durant le mois de mai, la croissance est souvent moindre. La croissance végétative est accélérée lors des nuits chaudes. Les variétés de tomates en grappe, raisin et cerise ont une croissance plus rapide que les charnues.

Palissage horizontal

Dans les abris froids, les tomates peuvent être palissées en système horizontal. Les tuteurs doivent être bien costauds pour supporter de lourdes charges en fruit pouvant aller jusqu'à 15 kg/m², et par conséquent rien ne sert de lésiner sur le nombre et le diamètre des tuteurs (Tableau 6.3). Pour les tomates indéterminées, mieux vaut prévoir des renforcements (Figure 6.5) ou des tuteurs plus solides dans les bouts d'allées. Il faut aussi planifier un espace sans plantation à chaque 30 m de rang, afin de faciliter le déplacement du personnel au travers des rangs.

À la pose des cordes, chaque tuteur est entouré à l'aller et au retour, de façon à coincer les plants entre deux cordes (Figure 6.6). Le premier étage est passé à environ 15 cm du sol et les subséquents sont espacés de 15 à 20 cm. Ces opérations se répètent aux sept à dix jours. Les cordes doivent être très bien tendues. Ce point est majeur afin de bien soutenir les plants tout au long de leur croissance. Avec cette technique, un petit nombre de fruits coincés par les cordes peuvent être légèrement déformés.

Tableau 6.3. Besoin en tuteurs pour le palissage horizontal de la tomate

Type d'abris	Plantation	Plants entre chaque tuteur	TUTEURS « rods » de métal			CORDE
			Nombre de tuteurs pour 10 m ¹	Diamètre tuteur	Longueur totale : hors sol + dans sol	Étage de corde, espacé aux 15-20 cm.
Tunnel chenille, Tunnel, Serre froide	Tomate « beef » indéterminée					
	Rang simple	2	9 à 11	20 mm	2,4 m : 1,8 + 0,6	10 à 12 étages
	Tomate « beef » déterminée					
	Rang simple	2	9 à 11	15 mm	1,5 m : 1,1 + 0,4	5 à 6 étages
Tomate cerise indéterminée						
Rang simple	2	10 à 16	15 mm	2,4 m : 1,8 + 0,6	10 à 12 étages	

¹ Le nombre de tuteurs va varier selon le dispositif de plantation (voir le tableau 6.2)



Figure 6.5. Corde installée en hauban en bout d'allée



Figure 6.6. Détail des étages de cordes

Palissage vertical

Les tomates sont palissées en conduite verticale dans les serres trois saisons et dans les tunnels ou serres froides assez solides pour cet usage. La corde est attachée à la base du plant soit avec une attache à tomate (Figure 6.7) ou avec un nœud simple (Figure 6.8), puis fixée par des crochets aux fils d'acier (Figures 6.9-6.10). Une attache trop serrée va étrangler le plant lors de sa croissance et une attache trop lâche risque de ne pas fournir un support assez robuste. Il faut prévoir une longueur de corde supplémentaire d'environ 5 à 10 cm sous le nœud simple, dans le bas des plants, afin d'orienter les tiges dans le sens de « l'abaissage ».

Au fur et à mesure de leur croissance, les plants de tomates sont enroulés ou attachés sur les cordes. Les attaches sont toujours situées sous une feuille pleinement développée, jamais au-dessus (Figure 6.11). Entre chaque bouquet floral, un ou deux tours « d'enroulage » de tige à tous les 25 cm sont suffisants. Pour ce faire, le plant est maintenu avec la main gauche et avec la droite, on tourne la corde autour de la tige, toujours dans le sens horaire. Autour du stade de la 4^e ou 5^e grappe, si les plants ont été seulement enroulés, il devient alors préférable d'utiliser aussi des attaches espacées de 30 à 40 cm, car les plants seront plus lourds. Tout au long des récoltes, une fois les fruits récoltés et les feuilles enlevées, la tige des tomates pourra être rabaissée en déroulant la corde des crochets.

Astuce de Richard Favreau, Ferme Val-aux-vents :

Pour le palissage vertical de la tomate, procéder à l'enroulement avant le drageonnage, particulièrement quand les têtes sont très vigoureuses. Ainsi, en cas de bris de tête, on conserve un drageon pouvant la remplacer.

Pour faire descendre les plants, au fur et à mesure des récoltes, on utilise des cordes enroulées sur des crochets conçus à cet effet. Par exemple, un tour de 180° d'un crochet de 20 cm de long libère 20 cm de corde. Afin de déterminer la longueur nécessaire de corde pour palisser les plants de tomates, il faudra multiplier la longueur de croissance hebdomadaire par le nombre de semaines en production. Comme référence, dans une serre chauffée, les plants grandissent de 20 à 30 cm par semaine. Dans un abri froid, la croissance sera plus lente, en début et en fin de saison. La réserve des crochets correspond à la longueur de corde nécessaire à la croissance du plant selon la hauteur des serres et le calendrier de production. La tombée est la longueur de corde nécessaire pour atteindre le sol et poser la première attache. Ainsi, la longueur totale de corde nécessaire au développement des plants durant la saison de croissance correspond à la somme de la réserve et de la tombée. Voici un exemple pour une serre en particulier (longueur de réserve 10 m + tombée 2,5 m = longueur totale pour la saison 12,5 m).

Durant la descente des tiges de tomate, on se sert aussi des crochets pour déplacer la tête des plants sur les fils de fer, de façon à pouvoir coucher et enrouler la base des plants sur des supports de tiges, ce qui va éviter le contact des tiges et des grappes de fruits avec le sol (Figure 6.12).

Les opérations « d'enroulage » et de descente des plants se font aux sept à dix jours alors que la pose d'attaches peut être étirée sur dix à quatorze jours.



Figure 6.7. Plant enroulé avec une attache de plastique ou biodégradable
Sébastien Couture, Climax Conseils



Figure 6.8. Démonstration de la technique du nœud simple
qui sera noué à la base du plant.
Sébastien Couture, Climax Conseils



Figure 6.9. Tomate palissée à la verticale en rang simple sur deux têtes en « V »



Figure 6.10. Crochet double : tombée à gauche et réserve à droite



Figure 6.11. Attache positionnée sous une feuille mature

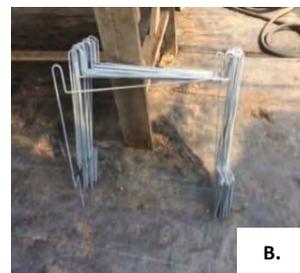


Figure 6.12ab. Support de tige

Taille des plants

La taille ou le drageonnage consiste à enlever manuellement les drageons qui poussent à l'aisselle de chaque feuille le long de la tige (Figure 6.13). Les têtes des plants doivent toujours être conservées. La taille des drageons de tomate favorise des récoltes plus hâtives, une meilleure aération dans l'abri, diminue les risques de maladies fongiques, facilite les récoltes et régularise la production de fruits, permettant ainsi une meilleure planification des ventes.

Règles de base

Selon le moment de la saison et les variétés, la taille se fait aux cinq à sept jours. La coupe est plus nette le matin, car les plants sont davantage gorgés d'eau, ce qui assure aussi une cicatrisation de l'épiderme avant l'arrivée de la nuit. La désinfection des mains et des outils est recommandée à chaque rang afin de prévenir la transmission de maladies vasculaires et bactériennes.

Lorsque le drageon est tendre et jeune et mesure de 5 à 10 cm, il faut le saisir à sa base et le casser d'un geste sec. Si le drageon est plus avancé, ce qui n'est pas l'idéal, il est recommandé d'utiliser un sécateur avec les inconvénients suivants : temps de taille plus long, risque de blessure aux plants et retard des récoltes, car on favorise un développement végétatif au lieu du reproductif.



Figure 6.13. Drageon de bonne longueur (6 cm) pour réaliser la taille

Taille minimale

La taille minimale dans la tomate est pratiquée sur des variétés déterminées ou indéterminées non greffées en palissage horizontal sous abris froids. C'est le type de taille le plus rapide et celui qui utilise le moins de main-d'œuvre. Par contre, les fruits seront de plus petits calibres, les récoltes plus tardives, et moins bien réparties dans le temps, avec des pics de récolte en août et septembre. En outre, l'abondance de feuillage nuit à la ventilation naturelle, ce qui génère des conditions propices aux maladies foliaires. Pour les variétés de tomates **semi-déterminées** ou

déterminées qui sont plantées en bordure des tunnels chenille, il faut conserver deux à trois drageons sous le premier bouquet selon les variétés et retirer les autres drageons jusqu'à la base du plant (Figure 6.14). En ce qui concerne les **variétés indéterminées**, il faut conserver le drageon vigoureux situé sous le premier bouquet et enlever tous les autres drageons situés plus bas jusqu'à la base du plant (Figure 6.15). Par la suite, il s'agit de gérer le mieux possible la végétation en pinçant de temps en temps les têtes qui débordent dans l'allée.



Figure 6.14. Taille minimale de tomate déterminée en conservant la tête et trois drageons situés sous le premier bouquet

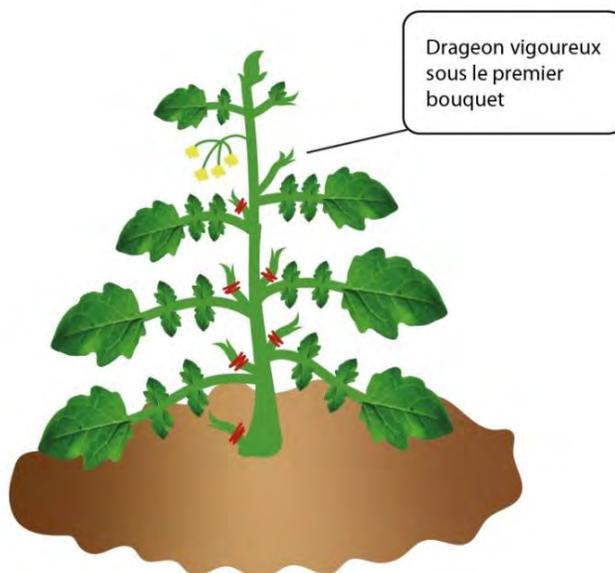


Figure 6.15. Taille minimale de tomate indéterminée en conservant la tête et le drageon vigoureux situé sous le premier bouquet



Figure 6.16. Tomate italienne indéterminée en taille minimale

Taille sur deux têtes

Cette taille est utilisée pour les variétés de **tomates indéterminées greffées ou non greffées**, en palissage **horizontal ou vertical, en tunnel et serre froide ainsi qu'en serre trois saisons**. La taille sur deux têtes est incontournable lorsque les plants sont greffés, sinon les plants seront trop végétatifs. La conduite sur deux têtes favorise des récoltes plus hâtives avec un calibre de fruit plus régulier ainsi que des mises à fruit mieux réparties dans le temps. Par ailleurs, en diminuant la masse foliaire dans l'abri, la ventilation s'en trouve améliorée. Cette conduite plus intensive des plants augmente la charge en main-d'œuvre pour la taille tout en diminuant le temps de récolte. Les variétés de tomates raisins, cerises et en grappe auront tendance à former plus de drageons dans la partie intermédiaire des plants et nécessiteront plus de travail que la tomate charnue.

La taille sur une tête est aussi envisageable, mais est moins pratiquée, car elle nécessite le double de transplants pour une même population cultivée au mètre carré. Aussi, lorsque les plants sont greffés sur un porte-greffe vigoureux comme Maxifort, la conduite sur une tête confère trop de force végétative. Bref dans la majorité des cas, on préfère la taille sur deux têtes.

En **tunnel et en serre froide**, la deuxième tête est obtenue en conservant le drageon vigoureux situé sous le premier bouquet. En **serre trois saisons**, on peut utiliser la même technique ou partir la deuxième tête en pépinière après la greffe, ce qui favorise une première récolte plus abondante. Les techniques, les avantages et les inconvénients des plants greffés à deux têtes en pépinière sont détaillés dans le *Guide de production de la tomate de serre* ([Turcotte et coll., 2015](#)). Ainsi en pépinière, on peut couper la tête du plant greffée de deux manières :

- Au-dessus des cotylédons et en laissant les drageons pousser à l'aisselle des cotylédons (Figure 6.17a).
- Au-dessus de la deuxième feuille et en laissant les drageons pousser à l'aisselle de la première et de la deuxième feuille (Figure 6.17 b).

Dans tous les cas, les drageons sont enlevés systématiquement chaque semaine afin de maintenir le plant sur deux têtes.



Figure 6.17a. Coupe au-dessus des cotylédons
 Figure 6.17 b. Coupe au-dessus de la deuxième feuille
 Gilles Turcotte, Innovagro

Taille intermédiaire

Cette taille est pratiquée sur **des variétés de tomates indéterminées non greffées en palissage horizontal sous abris froids**. Il s'agit de réaliser la taille sur deux têtes jusqu'à la première récolte, de la mi-mai à la fin juillet selon les régions. Par la suite, il faut gérer le mieux possible la végétation en pinçant de temps en temps les têtes qui débordent dans l'allée. Comme son nom l'indique, cette taille se situe entre la taille minimale et celle sur deux têtes en ce qui concerne les avantages et les inconvénients. Les premières récoltes seront plus hâtives qu'avec une taille minimale. Par contre, il y aura dès la fin août et en septembre des pics de récolte avec un calibre de fruits plus petit.

Les résultats d'un essai réalisé en 2016-2017 par le Centre de recherche de Cornell dans l'état de New York ([Ivy, 2017](#)) rendent compte de l'impact de différentes techniques de taille sur la tomate cerise dans un tunnel froid. Trois techniques ont été comparées sur des plants de **tomates cerises** conduits en palissage horizontal : A : une tête, B : deux têtes et C : une taille intermédiaire menée sur deux têtes jusqu'à la première récolte puis à partir du 20 juillet aucune taille. Les rendements obtenus ont été de : A : 5,1 kg/plant, B : 7,2 kg/plant, C : 6,4 kg/plant. Ainsi, la taille sur deux têtes a un meilleur bilan tant agronomique qu'économique. Les rendements sont plus élevés et les heures supplémentaires consacrées à la taille des plants sont largement compensées par les économies en main-d'œuvre lors de la récolte, celle-ci étant facilitée dans la conduite à deux têtes.



Témoignage : Richard Favreau

Ferme Val-aux-Vents, Saint-Valérien (Bas-Saint-Laurent)

La tomate répond très bien aux améliorations de régie même sous tunnel froid (17 x 7,6 m) avec raidisseur à 2,1 m, plastique simple retiré et reposé chaque année. Le rendement de 10 kg/m² (2009-2010) en taille minimale a été porté à 12 kg avec la conduite sur deux têtes (2011-2012) sur treillis vertical et une meilleure stratégie de fertilisation. Le rendement a ensuite atteint 15 kg/m² par l'adoption de conduite sur cordes (2013-2014). En 2017, l'amélioration de la fertilisation, le préchauffage du sol avec un plastique transparent, la diminution de la densité de 3,8 à 3,5 têtes/m² par un interligne porté de 114 cm à 127 cm, l'introduction de bâches en début de saison et la taille des bouquets ont permis d'atteindre un rendement de 18,5 (sans taille) à 21,6 kg/m² (taille de bouquets selon le gain de charge). Le cultivar était Big Beef, sans greffage, et le cycle de production relativement court (plantation à récolte finale 130 jours, fin mai à fin septembre).

Effeillage

Les feuilles qui se retrouvent à l'ombre consomment plus de sucres qu'elles n'en produisent entrant ainsi en compétition avec les fruits. Le fait de retirer ces feuilles permet une meilleure répartition de la lumière, ce qui accélère le mûrissement des fruits. L'effeuillage favorise aussi une meilleure circulation d'air et facilite la descente et le couchage des tiges en conduite verticale.

La procédure d'effeuillage qui est présentée dans les prochains paragraphes a été développée en serre chauffée et est adaptée du *Guide de production de la tomate de serre* ([Turcotte et coll. 2015](#)). **Cet effeuillage peut très bien se réaliser, tant en abri froid qu'en serre trois saisons, dans la mesure où les plants de tomate sont taillés de façon continue, soit sur une ou deux têtes.** La technique ne s'applique pas à la taille minimale ou intermédiaire des plants de tomates. L'accompagnement par un agronome spécialisé permettra de bien comprendre les concepts et d'intégrer les techniques.

D'autre part, la méthode Tom'Pousse sera utile pour juger de la sévérité de l'effeuillage. Cette méthode, développée par Gilles Turcotte et Liette Lambert ([Lambert, 2003](#)) propose un suivi hebdomadaire du développement phénologique sur des plants témoins. Un bon effeuillage vise à maintenir les plants productifs, vigoureux et équilibrés (végétatif versus reproductif) en fonction de l'énergie lumineuse globale reçue, en Joules/cm² pendant une semaine. L'effeuillage est raisonné selon une surface foliaire à conserver par mètre carré et en fonction de la lumière solaire reçue exprimée en Joules (J), qui varie selon le moment de l'année et la latitude. La règle du pouce consiste à calculer le nombre de feuilles matures à conserver par tête en fonction de l'énergie solaire reçue exprimée en Joules (J). Pour obtenir des estimations et des normales de la luminosité, vous pouvez soit faire affaire avec une entreprise qui offre des services-conseils ou consulter le [Réseau d'Avertissement Phytosanitaire \(RAP\) des légumes en serre](#).

À partir du moment où une bonne surface foliaire est acquise (de 18 à 20 feuilles matures) l'effeuillage consiste à enlever une fois par semaine manuellement, avec un couteau ou un sécateur, des feuilles matures situées en premier lieu dans le bas des plants et aussi plus haut dans la canopée. Les feuilles matures se retrouvent sous la première grappe qui porte au moins un fruit noué, à partir du haut du plant. Chaque semaine, on enlève un maximum d'une à trois feuilles par plant ou par tête. Si on effeuille avec un outil, ce doit être au ras de la tige sans laisser de moignon afin d'éviter l'entrée de pathogènes.

Plus la surface foliaire et la densité de plants/m² seront importantes plus l'effeuillage sera sévère et vice-versa. Ainsi, l'effeuillage pourra être adapté aux variétés, à la vigueur des plants et au dispositif de plantation. Pour des feuilles mesurant 45 cm de long, et pour chaque tranche de 1000 J/cm² de lumière reçue par semaine, on conservera quatre feuilles/m². Pour des feuilles plus courtes, de 30 cm, on ajoute deux feuilles/plant et pour des feuilles plus longues, de 55 cm, on soustrait deux feuilles/plant.

Voici un exemple en juin [pour une luminosité de 13 000 J/sem./cm²](#). Il s'agira alors de conserver 52 feuilles par m².

- Densité de 2,5 têtes/m², feuille 45 à 50 cm (plant à tendance végétative) : on conserve 21 feuilles/tête (52 feuilles ÷ 2,5 têtes).
- Densité de 2,5 têtes/m², feuille 30 cm : on conserve 23 feuilles/tête, car on ajoute deux feuilles pour compenser pour les feuilles plus courtes.
- Tomate cerise densité de 4,5 têtes/m², feuille 45 cm : on conserve 12 feuilles/tête (52 feuilles ÷ 4,5 têtes).

En règle générale, à partir de juin et jusqu'à la fin août, il faut conserver de 18 à 22 feuilles par plant ou par tête pour la tomate charnue et entre 12 à 16 feuilles pour la tomate cerise ou raisin. On effeuille en découvrant une à deux grappes dans le bas. Dans le haut des plants, on peut conserver deux feuilles entre chaque bouquet. Si le [mois d'août](#) s'avère plus sombre que la normale, il peut alors être intéressant de garder moins de feuilles, 16 à 18 feuilles par plant vont suffire.

Attention à ne pas effeuiller trop sévèrement en période estivale ensoleillée, car cela peut entraîner une coloration inégale des fruits et une perte de vigueur des racines. La transpiration des feuilles déclenche le signal aux racines de pomper de l'eau, ce qui aide au maintien d'un système racinaire vigoureux. Des feuilles stressées qui ne transpirent pas assez deviennent courtes et épaisses. Par temps caniculaire, la canopée foliaire contribue à maintenir une humidité de l'air optimale de l'ordre de 65 à 80 % dans l'abri.

À partir du **début septembre**, on conserve seulement deux feuilles par grappe. Par exemple, pour sept grappes nouées, on conserve quatorze feuilles par tête. Ceci permet de découvrir jusqu'à trois grappes afin de favoriser le mûrissement des fruits. Aussi, en enlevant plus de feuilles, on diminue la transpiration des plants et l'humidité relative dans l'abri, ce qui est bénéfique à ce moment de l'année.

Taille d'une « feuille Alfredo »

Une « feuille Alfredo » est positionnée entre les deux grappes florales terminales de la tête des plants. Lorsque les plants sont trop végétatifs ou vigoureux, la taille d'une feuille Alfredo permet de favoriser le côté reproductif des plants. Des plants trop vigoureux vont présenter les caractéristiques suivantes : têtes frisées ou violacées, feuilles droites ; tendres et longues > 45 cm, nouaison inégale avec des fruits de petits calibres ainsi qu'une floraison loin de la tête. La taille d'une feuille « Alfredo » consiste à enlever une feuille située dans le haut des plants et qui se situe sous la grappe de la tête. Plus la feuille sera petite, plus la blessure causée par la taille sèchera rapidement et plus l'effet génératif sera marqué. Cette taille peut être réalisée à partir du moment où le plant porte une grappe de fruit. Selon les situations, il est possible que cette taille doive être répétée pendant quelques semaines pour obtenir l'effet escompté, c'est-à-dire des plants génératifs. La supervision du personnel responsable de la taille est cruciale afin d'éviter que la pousse terminale des plants ne soit supprimée.

L'effeuillage sur des plants **conduits en taille minimale ou intermédiaire** n'est pas documenté du point de vue agronomique. S'il est réalisé, il faut néanmoins veiller à ne pas retirer plus de 15 % du feuillage par semaine durant la période allant de la mi-juin à la mi-août. Après cette période, on pourra retirer jusqu'à 30 % du feuillage, car les risques d'insolation diminuent.

Taille des grappes

La taille des grappes de fruits de tomate peut être pratiquée dans tous les types d'abris lorsque les plants sont conduits sur une ou deux têtes. Cette technique est particulièrement intéressante durant les canicules et pour des variétés charnues qui ont tendance à produire de cinq à sept gros fruits par grappe. La taille des fruits permet à la plante de mieux supporter cette période de stress climatique et de conserver sa vigueur. Elle diminue l'incidence des défauts de mûrissements tout en régularisant les récoltes. Par exemple, en début juillet, on peut tailler les trois ou quatre grappes à venir. On taille alors les grappes en conservant les trois ou quatre petits fruits récemment noués.

Un essai, réalisé dans le Bas-Saint-Laurent en tunnel froid pour la variété Big Beef, gros fruits de plus de 300 g, a démontré les avantages de la taille des grappes de fruits ([Favreau, 2018](#)). Les grainetiers spécifient parfois les variétés de tomates qui bénéficient davantage de la taille des fruits.

Étêtage

Dans la tomate charnue « beef », l'étêtage de fin de saison permet de favoriser le grossissement et le mûrissement des derniers fruits lorsque la luminosité diminue. La tête des plants est coupée en conservant trois feuilles au-dessus de la dernière grappe nouée. Lorsque les plants ont plusieurs têtes comme en palissage horizontal, le taille-bordure permet de faire une taille rapide, mais moins précise. Dans la **serre trois saisons, qui sera en production jusque vers le début novembre**, l'étêtage se réalise quelques semaines avant la fin des récoltes soit 6 semaines pour la tomate cerise et huit semaines pour la tomate charnue. Dans les **tunnels et serres froides**, l'étêtage se fait 4 semaines avant la fin des récoltes de tomates cerises et six semaines pour la tomate charnue.

POIVRON : CONDUITE DES PLANTS

Au départ, un plant de poivron se développe sur une tige unique qui porte de sept à douze feuilles, selon la variété. Cette tige va se diviser en deux tiges, parfois trois, formant ainsi une fourche. À chaque nœud, une tête plus forte se dégage, et un drageon, nommé aussi axillaire, apparaît en second. Lorsque la plante n'est pas taillée, elle prend la forme d'un buisson. Un plant de poivron en santé et productif au niveau de la mise à fruit, donc plus génératif que végétatif, aura un diamètre de tige d'environ 6-7 mm, des teintes violacées aux nœuds et des fleurs courbées et fortes (Couture, 2019). Les plants de poivron poussent lentement, de 6 à 10 cm et à raison d'un nœud par tige par semaine. Leur croissance sera encore plus lente en abris froids au printemps. Selon la période de l'année et le type d'abri, l'entretien des plants, la taille et le palissage se réalisent aux 14 à 21 jours. Les plants de poivron ont tendance à produire des fruits par vague, c'est-à-dire plusieurs fruits initiés au même moment. En anglais, on utilise

le terme « *set* » pour l’initiation des vagues de fruits. L’avortement spontané de fleurs et de jeunes fruits est normal lorsque le plant porte déjà plusieurs fruits en croissance.

Palissage horizontal

Le palissage horizontal du poivron est réalisé pour une saison de croissance courte comme dans les **tunnels et les serres froides**. Il est aussi adapté aux **serres trois saisons** basses et permettrait des économies de l’ordre de 23 à 66 % sur les coûts en main-d’œuvre affectée à la taille des plants et au palissage par rapport à la conduite verticale ([Brossard et coll., 2008](#)). Par contre, il faut s’attendre à consacrer un peu plus de temps à la récolte. En **serre trois saisons**, le palissage horizontal convient particulièrement bien à des variétés de poivron allongé, dont la taille des plants n’a pas à être aussi intense que celle pratiquée sur les variétés carrées. Aussi, le fait que des fruits puissent être déformés par les cordes et coincés dans les fourches des plantes, est plus préoccupant pour l’apparence des poivrons carrés.

Le palissage doit être très solide et les cordes, bien tendues, car dans le cas contraire les plants de poivron auront tendance à être plus végétatifs que génératifs. Il faut éviter de passer la corde sur des fruits en plein développement.

Tableau 6.4. Besoins en matériel pour le palissage horizontal du poivron¹

Type d’abris	Plantation/espacement sur le rang	Plants entre chaque tuteur ²	TUTEURS « rods » de métal			CORDE
			Nbre de tuteurs pour 10 m	Diamètre tuteur	Longueur totale : hors sol + dans sol	Étage de corde espacé aux 25 à 30 cm.
Tunnel chenille, Tunnel, Serre froide	Rang double/ 35-43 cm	4 à 5	Rang double 12	15 mm	1,5 m : 1 + 0,5	3 à 4 étages
Serre chauffée (avril à octobre)	Rang simple/ 23-30 cm	6 à 7	Rang simple 6	20 mm	2,4 m : 1,8 + 0,6	8 à 10 étages

¹ La longueur de tuteurs correspond aux besoins de variétés vigoureuses et productives comme le Carmen et Sprinter.

² Le nombre de plant et de tuteur va varier selon le dispositif de plantation (voir le tableau 6.1).

Palissage horizontal en abri froid

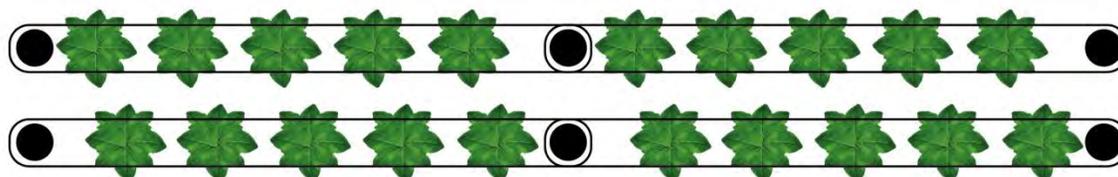
Dans les abris froids, les poivrons sont plantés en rang double et ne dépassent pas en général 1 m de hauteur. Dans les tunnels, il faut prévoir un espace libre pour circuler à chaque 30 m de rang. Tel que mentionné dans le tableau 6.4, il faut prévoir des tuteurs pour chaque rang du rang double. Deux techniques de palissage horizontal sont suggérées (Figure 6.18).

Technique 1

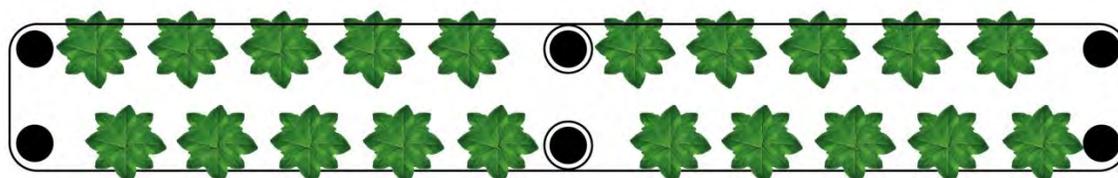
Lorsqu’on procède à la pose des cordes, chaque tuteur est entouré à l’aller et au retour, de façon à coincer les plants entre les deux cordes. Ainsi, on retrouve deux cordes bien tendues, qui entourent chaque rang de la plate-bande (Figures 6.18- 6.19).

Technique 2

Contrairement à la technique 1, lorsque les plants atteignent 30 à 40 cm, on installe une attache à tomate sous la fourche du plant lors de la pose du premier étage de corde. (Figures 6.18-6.20). Pour chaque étage de corde, qui est bien tendu, faire un seul aller-retour par plate-bande afin d'entourer seulement l'extérieur des deux rangs. Cette technique sauve du temps et permet aussi de bien soutenir les plants.



Technique 1 : Corde entoure chaque rang de la plate-bande



Technique 2 : Corde entoure l'extérieur des 2 rangs
1 clip est installé à chaque plant



Plant de poivron



Tige de métal

Plants espacés aux 35 à 43 cm
3 à 4 étages de corde

Fig. 6.18. Techniques 1 et 2 de palissage horizontal pour le poivron sous abris froid



Figure 6.19. Technique 1 : détail du passage de corde sur une des deux rangées de la plate-bande



Figure 6.20. Technique 2 de palissage horizontal sous abris froids

Palissage horizontal en serre trois saisons

Dans les serres trois saisons, le palissage horizontal des poivrons est pratiqué en rang simple afin de faciliter la récolte et d'optimiser la répartition de la lumière sur les plants. Planifier un étage de corde chaque 2,5 à 3 semaines à partir de la mi-juin. L'espacement entre les étages de corde est d'environ 25 à 30 cm. Les bouts des allées pourront être renforcés avec des tuteurs plus solides (Figure 6.23). La longueur de la saison de croissance, d'avril à octobre, offre un potentiel de croissance qui permet aux plants de poivron d'atteindre une hauteur de 2 à 2,4 m. Au 1^{er} étage de corde, installer une attache à tomate (Figure 6.22). Faire un aller-retour de cordage par rang en encerclant chaque tuteur et en tendant très bien les cordes (Figure 6.21).

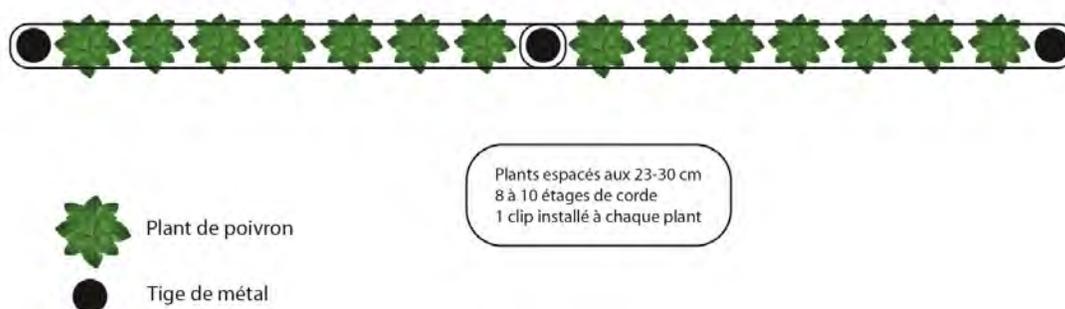


Figure 6.21. Palissage horizontal du poivron en serre trois saisons



Figure 6.22. Attache à tomate au 1^{er} étage de corde



Figure 6.23. Rang simple de poivron palissé en horizontal en serre trois saisons

Palissage vertical

Le palissage vertical sur deux têtes est réalisé dans les **serres trois saisons** pour le poivron carré et allongé. Le palissage et la taille des plants sont réalisés chaque 2 à 3 semaines environ et nécessitent plus de main-d'œuvre que le palissage horizontal, tout en permettant de mieux répartir les cueillettes dans le temps. Ce palissage est adapté à des systèmes culturaux dont la récolte s'étale sur une période minimale de deux mois. Le palissage sur corde permet d'obtenir des fruits de poivron très bien formés par rapport à la conduite horizontale.

Se référer à la Figure 6.29 pour bien visualiser le positionnement des drageons et des nœuds. Les cordes sont attachées aux broches de culture, mais sans crochet, comme c'est le cas pour la tomate, car les plants ne seront pas rabaissés. Lorsque la fourche (N0) du plant est solide, il est temps d'attacher la première corde sous cette fourche à l'aide d'une « attache à tomate ». Si cette opération est faite trop tôt, l'attache pourrait remonter dans la tête des plants. La deuxième tête sera attachée un peu plus tard sur une seconde corde, sous le N1 le plus fort. Il est important de très bien tendre les cordes lors de ces opérations. Par la suite, toutes les trois semaines, les tiges auront poussé de 20 à 30 cm et elles seront enroulées ou fixées avec des « attaches à tomate » sur les cordes. (Figure 6.24ab) Les tailles se font à la même fréquence. Les « attaches à tomate » sont toujours positionnées sous un nœud. En tout temps, les cordes

doivent être très bien tendues afin que la tige du poivron demeure droite. Lorsque le fil est trop lâche, le plant retombe, provoquant un ralentissement de la croissance et une baisse de production. Au fil des récoltes, étant donné que les tiges du poivron sont rigides et cassantes, les plantes peuvent être déplacées sur les fils d'acier, mais sans être abaissées comme c'est le cas pour la tomate.



Figure 6.24a. Palissage vertical avec des « attaches à tomate » en serre trois saisons



Figure 6.24 b. Palissage vertical avec corde enroulée en serre trois saisons



Figure 6.25. Poivron en serre trois saisons : palissage vertical (à gauche) et horizontal (à droite)

Taille des plants

L'objectif de la taille des organes reproductifs (jeunes fruits et fleurs) ainsi que des drageons vise à mieux répartir la charge en fruits dans le temps, tout en permettant au système racinaire de bien s'établir et de maintenir sa vigueur. Sans taille, les poivrons vont produire des fruits de façon plus concentrée : c'est ce qui se produit en plein champ. Si le plant devient trop chargé en fruits, la croissance végétative s'interrompt jusqu'à ce que les fruits atteignent leur taille maximale. La taille va également limiter les fruits difformes qui se retrouvent coincés dans les fourches tout en diminuant l'incidence de la pourriture apicale (ex. : Carmen).

La sévérité de la taille qui sera réalisée sur les plants de poivron va dépendre principalement de la durée de production donc du type d'abris. Ensuite, la variété et le système de palissage seront d'autres éléments à considérer. La conférence de Sébastien Couture, présentée aux Journées Horticoles de Saint Rémi en décembre 2019, permet de bien approfondir le sujet (Couture, 2019). En fin de chapitre, trois entreprises présentent des techniques de taille différentes, adaptées à chaque contexte de production (zone climatique, structures disponibles) ainsi qu'au type de mise en marché.

Ⓢ Le chapitre 11 qui traite des aspects économiques, met en lumière des informations pertinentes sur la rentabilité plus élevée du poivron taillé minimalement et produit sous abri froid par rapport à la serre trois saisons où les plants sont davantage taillés et palissés en vertical.

Règles de base pour la taille du poivron sous abris

Drageons situés sous la fourche

Ces drageons seront enlevés lorsqu'ils porteront environ deux feuilles. Si on les enlève trop tôt, ils peuvent repousser et s'ils sont retirés trop tard, cela va retarder les récoltes et favoriser des plants trop végétatifs.

Drageons situés au-dessus de la fourche

À chaque fois qu'il est fait mention de tailler les drageons, ceci comprend la taille des fleurs et des jeunes fruits qu'ils portent (Figure 6.26 b-c), à l'exception des tailles minimales réalisées en abri froid. Voici des éléments à considérer pour réaliser la taille des drageons :

- Laisser pousser les têtes suffisamment et tailler les drageons dont l'origine se situe sous les 15-20 cm de la tête des plants (Figure 6.26a-6.30)
- Les drageons à tailler doivent avoir atteint une longueur de 15 cm.
- Conserver deux à trois feuilles par drageon (Figures 6.26b-6.26c). Ce feuillage aura un effet protecteur sur les fruits qu'il ombrage. Une taille plus sévère peut favoriser l'insolation des poivrons durant la saison estivale (Figure 6.28).

Attendre que les risques d'avortement des fruits qu'on désire conserver soient passés avant de tailler les jeunes fruits excédentaires portés sur les drageons. Ainsi, si le fruit du nœud qu'on désire conserver avorte, le premier fruit du drageon pourra être préservé au lieu d'être taillé. Un jeune poivron peut avorter jusqu'à ce qu'il atteigne une taille d'environ 2 cm.



Figure 6.26a. Drageon à tailler dont l'origine se situe 15 à 20 cm sous la tête du plant. Figure 6.26b. Drageon avant la taille
Figure 6.26c. Drageon après la taille



Figure 6.27. Il est trop tôt pour tailler les drageons, la tête est dégagée d'à peine 10 cm.

Gilles Turcotte, Innovagro



À NE PAS FAIRE : les drageons ont été coupés nets sans feuilles.

Figure 6.28. Drageons taillés trop tôt et trop sévèrement.

Lucie Caron, MAPAQ

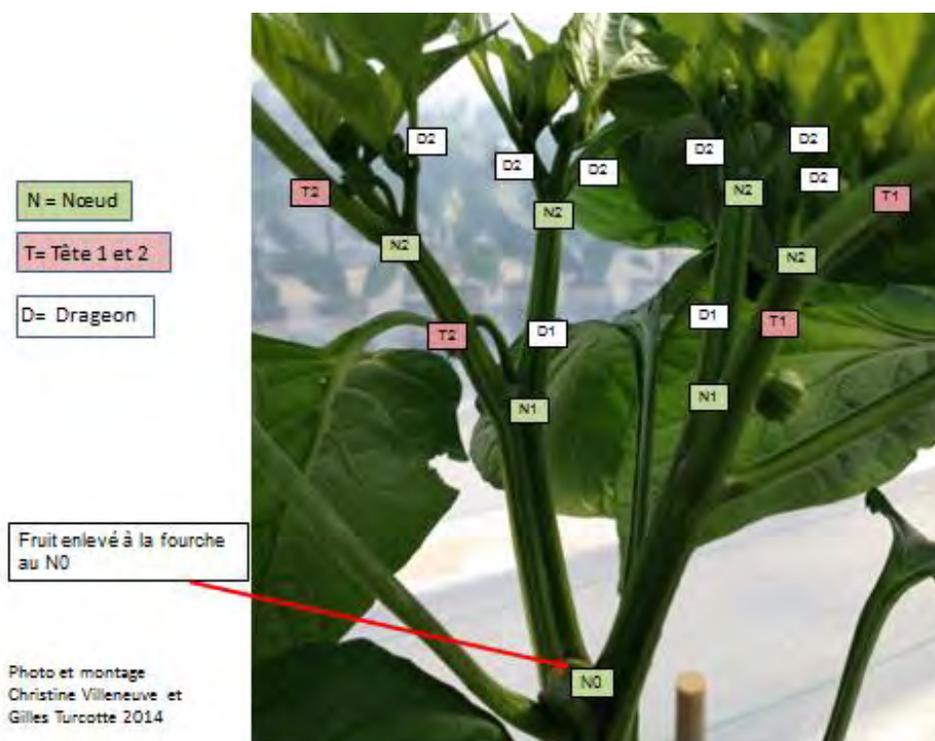


Figure 6.29. Illustration du mode de croissance d'un plant de poivron

Taille en palissage horizontal

La taille en palissage horizontal peut se pratiquer en abri **froid** pour les **poivrons carrés et allongés** alors qu'en serre **chauffée** trois saisons elle est mieux adapté aux **variétés allongées**. En serre chauffée, le poivron carré répond mieux à une taille conduite sur deux têtes en vertical. Les mini poivrons n'ont pas besoin d'être taillés.

En palissage horizontal, la taille consiste à enlever les fruits sur un à deux nœuds en **abri froid** et sur deux à quatre nœuds en **serre chauffée**. Les drageons ou les têtes pourront être plus ou moins taillés, comme décrits plus bas. En **abri froid**, les poivrons carrés se taillent moins sévèrement que les allongés, dont les fruits plus légers poussent rapidement avec de premières récoltes fragiles à la pourriture apicale. Ainsi, en déchargeant la première vague de fruit, les plants dont le feuillage n'est pas encore bien développé, pourront mieux répondre aux besoins en calcium d'un nombre plus limité de jeunes fruits en croissance.

En serre trois saisons, plus la saison de production sera longue avec des températures de croissance optimales, plus la taille pourra être sévère. Une taille plus poussée ne permet pas nécessairement d'augmenter les rendements, mais vise à mieux répartir les récoltes dans le temps en limitant les périodes de surabondance en fruits, suivies de creux de production.

Les techniques de taille qui sont présentées dans le guide ne sont pas limitatives. Des variantes sont possibles en fonction des structures disponibles, de la saison de croissance, des variétés et

de la mise en marché ([Couture, 2019](#)). On peut référer à la Figure 6.29 pour la numérotation des nœuds et des drageons.

Abri froid

- Variante 1 (**poivron carré et allongé**)
Tailler seulement le fruit à la fourche (N0). À noter que certains producteurs préfèrent laisser le fruit à la fourche lorsque les jeunes plants sont très bien développés, ce qui favorise une récolte plus précoce.
- Variante 2 (**poivron carré et allongé**)
Tailler le fruit à la fourche (N0). Conserver les deux fruits aux nœuds 1 (N1) et tailler deux drageons (D1), ce qui revient à tailler deux têtes sur quatre, **mais** en laissant un jeune fruit sur chacun des deux drageons taillés.
- Variante 3 (**poivron allongé**)
Tailler le fruit à la fourche (N0). Conserver les deux fruits aux nœuds 1 (N1) et tailler deux drageons (D1).

Serre chauffée (Plusieurs variantes sont possibles pour le **poivron allongé**):

- Tailler les fruits à la fourche (N0) et aux Nœuds 1 (N1). La taille peut être terminée.
- Si on poursuit la taille, tailler les deux drageons (D1), ce qui revient à tailler deux têtes sur quatre. La taille peut être terminée.
- Si on poursuit la taille, conserver les deux fruits et les quatre têtes du nœud 2 (N2). Aux nœuds 3 (N3) : tailler deux fruits sur quatre et tailler quatre drageons (D2) sur huit, ce qui revient à tailler quatre têtes sur huit.

Taille en palissage vertical

La taille en palissage vertical sur deux têtes est bien adaptée au **poivron carré** cultivé en **serre trois saisons**, le but étant d'étaler les récoltes afin de limiter la production de fruits en « vagues » sans complètement l'éviter. La Figure 6.30 illustre en détail ce type de conduite. Le poivron allongé peut être palissé à la verticale, mais en pratiquant une taille moins intensive étant donné la capacité du plant à produire plus de fruits en même temps. À cet effet, veuillez consulter la conférence de Sébastien Couture de Climax Conseils, présentée le 3 décembre 2019 à Saint-Rémi : *Poivron, savoir lire pour bien conduire* ([Couture, 2019](#)).

Serre chauffée d'avril à octobre (poivron carré)

Tailler jusqu'aux 5^e (N5) ou 6^e nœuds (N6). Les fruits sont taillés en alternant un nœud sur deux. Par exemple, on enlève les fruits à la fourche et aux nœuds 1-3-5 et on conserve un fruit par tête aux nœuds 2-4-6. Lorsqu'on taille les fruits, on taille aussi les drageons pour ne conserver que les deux têtes les plus fortes. Lors de la taille des drageons, couper où c'est facile en laissant un minimum de 2 à 3 feuilles. Enlever aussi les fleurs et fruits excédentaires (Figure 6.30-④). On doit aussi enlever les drageons des drageons (Figure 6.30-⑥). Par la suite, on peut laisser aller en ne conservant qu'un maximum de trois fruits de la même taille tout en taillant les drageons pour conserver deux têtes. Ceci permet une meilleure mise à fruit ultérieurement.

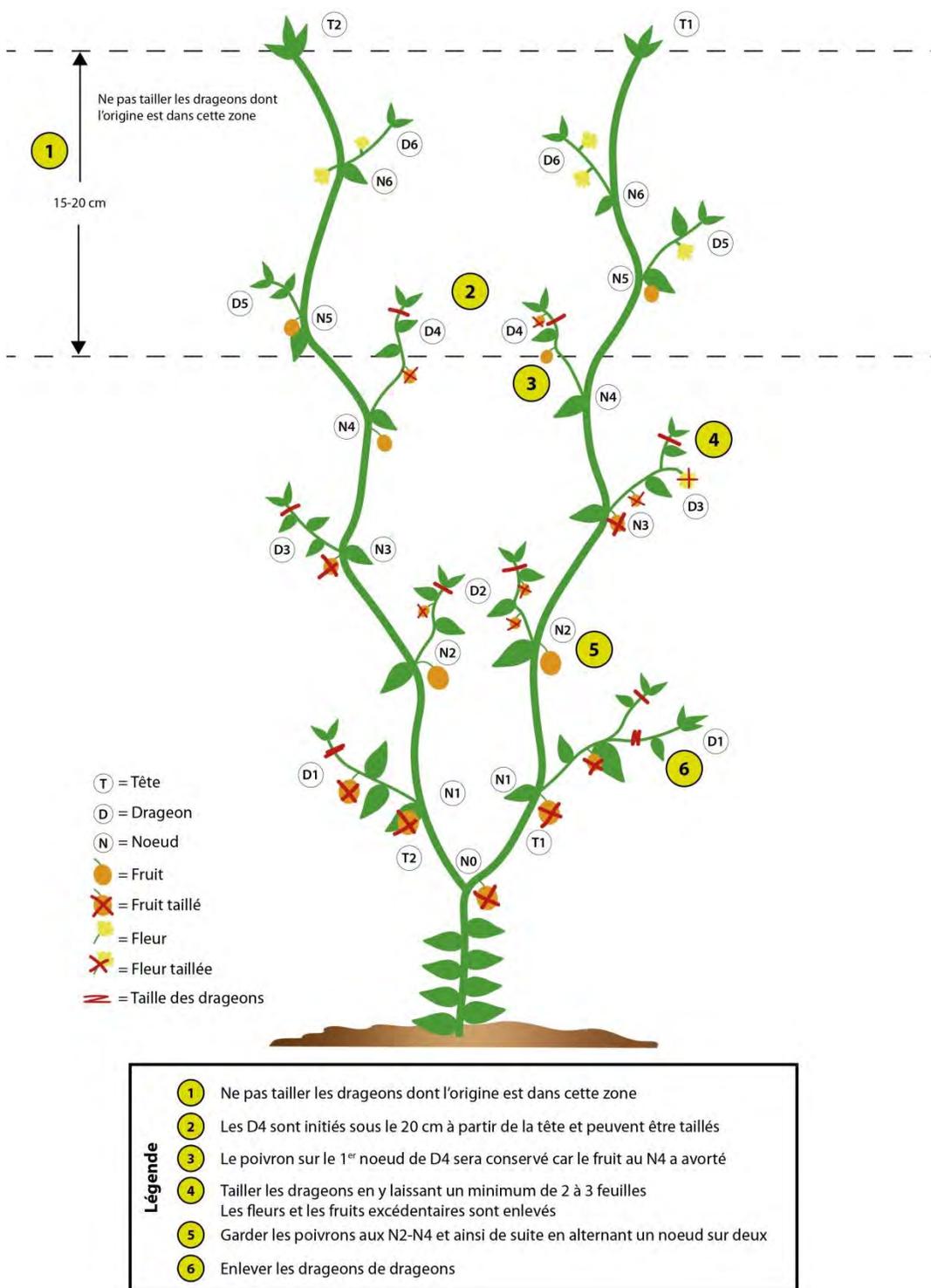


Figure 6.30. Taille du poivron carré en conduite verticale sur deux têtes, en serre trois saisons, étape par étape.

Sébastien Couture, Climax Conseils et Christine Villeneuve, MAPAQ

Étêtage

L'étêtage des plants de poivron est une technique mieux adaptée au palissage vertical en serre trois saisons. Cette taille de fin de saison permet de favoriser le grossissement et le mûrissement des derniers fruits lorsque la luminosité diminue. Dans les systèmes de taille minimale et en palissage horizontal, la chute naturelle des jeunes fruits et des fleurs produit le même effet qu'un étêtage.

En serre trois saisons et pour de dernières récoltes prévues à la fin octobre, le poivron carré est étêté vers la fin août et le poivron de type « Carmen » vers la mi-septembre. Il faut conserver le plus de feuilles possible au-dessus du dernier fruit noué.

Équilibre végétatif et génératif

Les techniques de taille ainsi que la maîtrise d'autres éléments de régulation en serre chauffée vont permettre de mieux balancer l'équilibre végétatif et génératif des plants de poivrons (Figure 6.31).

Rappel : un plant végétatif met la plus grande partie de son énergie à produire des racines, des feuilles et des tiges alors qu'un plant génératif se concentre surtout sur la mise à fleurs, la nouaison et le grossissement des fruits.

Les causes d'un plant trop génératif

- Charge en fruits trop grande ;
- Poivrons conservés trop tôt sur le plant (avant le nœud 2) ;
- Taille des drageons trop hauts dans les têtes du plant (taille dans les derniers 15-20 cm) ;
- Irrigation insuffisante ;
- Salinité trop élevée ;
- Manque de feuillage ;
- Écart de température trop grand entre le jour et la nuit.

Comment rendre un plant plus végétatif

- Enlever les fruits excédentaires ;
- Conserver plus de feuilles ;
- Tailler les drageons dont l'origine est sous le 15-20 cm de la tête ;
- Rectifier l'irrigation ;
- Éviter les pics de température le plus possible.



Figure 6.31. Poivron Sprinter bien équilibré et conduit sur deux têtes en vertical, deux fruits conservés aux nœuds 2 (N2), aucun fruit aux nœuds 1 (N1) et à la fourche (NO).
Sébastien Couture, Climax Conseils

Choix du type de taille : témoignages

Les trois témoignages qui suivent mettent en lumière des variations sur la taille et le palissage du poivron dans des régions climatiques différentes. Les techniques reflètent aussi les abris ou les infrastructures disponibles à la ferme. Le but étant d'optimiser la rentabilité par unité de surface cultivée tout en faisant jouer les fenêtres de récolte selon les besoins des fermes maraîchères.



Poivron : Palissage horizontal et plantations successives

**Témoignage : Vincent Marcoux, Le Jardin des Funambules,
Saint-François-Xavier-de-Brompton (Estrie)**

Nous produisons des poivrons de type allongé comme le Carmen, Escamillo et Oranos pour desservir notre clientèle de restaurateurs et de paniers hebdomadaires. Trois séquences de plantations sont réalisées dans deux serres chauffées et en plein champ afin de se compléter dans leurs périodes de récolte. Notre objectif est de maximiser la culture (rendement/semaine) tout en réduisant la charge de travail. Nous conduisons la culture en palissage horizontal. Seul le fruit à la fourche est enlevé et nous posons une hauteur de corde à chaque 12'' environ. Notre période de récolte est de 8-10 semaines maximum après quoi nous arrachons les plants et procédons à une culture suivante.

Tableau : Les séquences de plantations du poivron

	Séquence 1 : Serre A	Séquence 2 : Champ	Séquence 3 : Serre B
Plantation	9 avril	20 mai	10 juin
Première récolte	18 juin	30 juillet	19 août
Fin des récoltes	20 août	1 ^{er} octobre	28 octobre
Rendement (kg/m ²)	8 kg/m ²	5,5 - 6 kg/m ²	8 kg/m ²
Culture subséquente	Après : laitue Salanova	Après : Engrais vert d'avoine	Avant : Oignons verts et fenouil

**Poivron : Taille et palissage**

**Capsule : François Handfield et Véronique Bouchard,
Ferme aux petits oignons, Mont-Tremblant (Laurentides)**

Dans les serres chauffées, les poivrons allongés Carmen et Oranos sont plantés à la fin avril et récoltés jusqu'à la fin octobre. Le palissage est horizontal avec une taille des fruits à la fourche et aux nœuds 1. Ensuite, il n'y a plus de taille à part les axillaires qui débordent. La récolte est de l'ordre de 7 à 10 kg/m².

Dans les tunnels chenilles, les poivrons en mélange, carrés et allongés, sont plantés vers le 20 mai et sont protégés durant deux à trois semaines avec des bâches P-19 parfois doublées. La taille consiste à enlever les drageons qui poussent sous la fourche lorsqu'ils atteignent 3 à 10 cm et le fruit qui pousse à cette fourche. Les récoltes oscillent entre 4 à 7 kg/m² avec une moyenne 5,3 kg.



Poivron : Taille et palissage

**Témoignage : Les Jardins Naturlutte, Johanne Breton,
Ulverton (Estrie)**

Les poivrons carrés comme le Sprinter et Sympathy sont plantés au début avril dans une serre chauffée et conduits sur corde verticale en « V » sur deux têtes. Les fruits sont taillés en alternant un nœud sur deux. On enlève les fruits à la fourche et aux nœuds 1-3-5, on conserve les deux fruits aux nœuds 2-4-6. Lorsqu'on taille les fruits, on taille aussi les têtes pour n'en conserver que deux. Par la suite, on laisse aller le plant. La taille est réalisée aux trois semaines. La récolte est de 8,5 kg/m² étalés de début juin à fin octobre.

Les mini-poivrons Cupid et Éros sont plantés aussi au début avril dans la serre chauffée. Ils sont palissés en horizontal, en rangs doubles, espacés aux 40 cm (trois plants/m²). Il faut prévoir des tuteurs d'une longueur totale de 1,8 m entrés de 0,5 m dans le sol. Aucune taille n'est réalisée, car, malgré les avortements spontanés des fleurs, les petits poivrons poussent rapidement avec des récoltes continues. Les rendements atteignent 8 kg/m².

Le poivron allongé Carmen est planté vers le 20 juin dans la serre qui a servi à la production de transplants. Ainsi, un chauffage est possible au besoin pour éviter les gels de fin de saison, car la récolte se poursuit jusque vers la fin octobre. Le palissage est horizontal en rang double, espacé aux 40 cm. Les fruits sont taillés à la fourche (N0). Au nœud 1, aucun fruit n'est conservé et quatre têtes sur quatre sont conservées. Au nœud 2, deux fruits sur quatre et quatre têtes sur huit sont conservés. Au nœud 3, quatre fruits sur quatre et quatre têtes sur huit sont conservés. Ensuite, on laisse aller les plants. Cette régie permet d'obtenir un rendement de 8 kg/m² avec des récoltes mieux réparties dans le temps. Auparavant, seuls les fruits à la fourche (Nœud 0) étaient enlevés. Il y avait deux mégas récoltes pour un rendement total identique.

POLLINISATION

Les fleurs de tomate et de poivron sont hermaphrodites, c'est-à-dire que les étamines (partie mâle) et le pistil (organe femelle) se retrouvent sur la même fleur.

Les poivrons en serre trois saisons et sous abris froids, sont autofertiles et n'ont pas besoin de pollinisation complémentaire. Le succès de la fécondation est davantage relié aux températures, l'idéal se situant entre 20 et 30 °C. En deçà de 10 °C, le pollen est inactif et au-delà de 30 °C, il devient stérile.

La morphologie d'une fleur de **tomate** la rend plus capricieuse à une bonne pollinisation. En champ et dans les **abris froids** bien ventilés, le brassage naturel de l'air fait suffisamment vibrer les plants pour assurer la pollinisation.

En **serre**, l'air circule moins bien, surtout lorsqu'il y a des filets moustiquaires. Il faudra alors imiter l'effet du vent sur la vibration des plants, sinon plusieurs fleurs peuvent être mal pollinisées, avec comme conséquences de brunir, avorter et tomber. Il est possible de réaliser une pollinisation manuelle chaque jour entre 11 h et 15 h, soit avec un vibreur électrique, en frappant sur les broches de cultures, en frappant la tige avec la main au niveau de la grappe ou encore avec un souffleur. Certains producteurs ont remarqué que le déclenchement régulier de la ventilation suffit à agiter assez les bouquets de tomates pour que la nouaison soit très régulière.

La pollinisation par les bourdons est une méthode très répandue dans la tomate de serre (Figures 6.32-6.33). Elle nécessite peu de main-d'œuvre et favorise des fruits de calibre plus uniforme. Présentement, la plus petite ruche offerte sur le marché, le type B, contient suffisamment de bourdons (ouvrières actives) pour assurer la pollinisation des fleurs de tomate sur 500 à 1000 m². Pour les plus petites serres, une telle quantité de bourdons peut entraîner un risque élevé de pollinisation excessive des fleurs (Figure 6.34). Lorsque les visites des bourdons sont trop nombreuses sur une même fleur, la base du tube pollinique est complètement marquée de brun foncé et les fleurs avortent. Pour remédier à cette situation, les ruches doivent être fermées pendant un ou deux jours et il peut être nécessaire de fournir du pollen frais aux bourdons. Un bulletin du RAP – Cultures en serre ([Lambert, 2017](#)) fait le point sur les facteurs de succès d'une bonne pollinisation par les bourdons.

Attention de ne pas confondre l'excès de pollinisation avec la chute des fleurs causée par un manque de vigueur des plants ou une pollinisation insuffisante. Dans ce dernier cas, le pédoncule de la fleur avortée est jaune plutôt que brun.

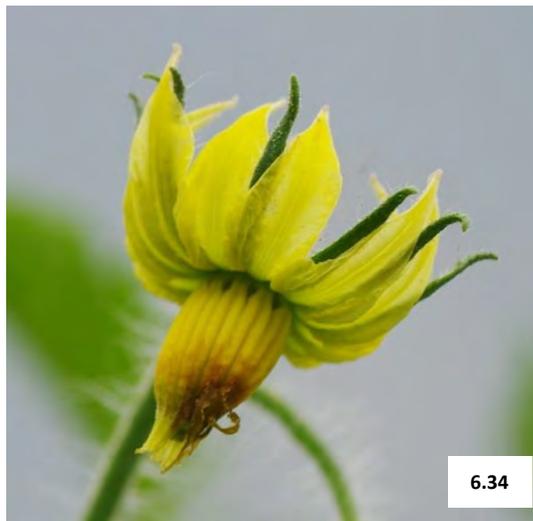


Figure 6.32. Bourdon au travail.

Figure 6.33. Fleur bien marquée par les visites de bourdons

Figure 6.34. Fleur trop pollinisée par les bourdons

Liette Lambert, MAPAQ

CHAPITRE 7. Fertilisation

INTRODUCTION	135
PRINCIPES DE FERTILISATION ORGANIQUE	135
Disponibilité des éléments fertilisants.....	135
Gestion du pH	136
Matière organique	137
Engrais vert et compost	137
BESOINS EN ÉLÉMENTS NUTRITIFS	138
Azote	138
Phosphore.....	138
Potassium	139
Calcium.....	139
Magnésium	140
Éléments mineurs.....	141
FERTILISATION	141
Tunnel et serre froide	141
Serre trois saisons	145
Tomates	146
Poivron.....	147
Fractionnement	147
MÉTHODOLOGIE POUR LE SUIVI DE LA FERTILITÉ.....	148
Analyse standard.....	148
Analyse SSE en laboratoire et test de conductivité électrique (CE)	148
SALINITÉ ET ÉQUILIBRE DES ÉLÉMENTS NUTRITIFS	151
SOURCES D'ENGRAIS EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE	152

INTRODUCTION

La fertilisation biologique des tomates et des poivrons sous abri présente plusieurs défis. En 2015 et 2016, l'Université de Cornell a recueilli et analysé les pratiques de 40 fermes certifiées biologiques ou conventionnelles produisant de la tomate de serre en plein sol ([Judson et coll., 2016](#)).

Six points importants ont été mis en évidence :

1. Des doses élevées d'intrants organiques comme le compost et le fumier font augmenter les niveaux de calcium, phosphore et magnésium du sol ;
2. Le pH de l'eau et son alcalinité sont souvent élevés et très rarement gérés ou pris en compte ;
3. Le pH du sol tend à être trop élevé en raison des apports réguliers en compost combiné à une eau d'irrigation alcaline ;
4. Les éléments essentiels majeurs comme l'azote et le potassium deviennent déficients à partir du milieu de la saison ;
5. Une perte de rendement est causée par la chute des fleurs ;
6. Une mauvaise qualité de fruits cause un fort taux de déclassement.

Les mêmes constats se retrouvent chez bon nombre de fermes biologiques du Québec qui cultivent sous tunnels et serres permanents depuis plusieurs années. Une gestion adéquate de la fertilisation pourrait limiter ces problématiques. D'autre part, lorsque la fertilisation est déséquilibrée ou excessive, les plantes peuvent devenir plus vulnérables à certains insectes, maladies et désordres physiologiques. Étant donné que sous abris, le lessivage des sels minéraux par la pluie est limité, ceci peut contribuer à aggraver la situation.

À l'inverse, une sous-fertilisation limite le potentiel de rendement des récoltes et fragilise la rentabilité économique des abris. L'irrigation, la structure de sol, la régie climatique, la phytoprotection et la conduite des plants sont tout aussi importantes que la fertilisation afin d'optimiser les récoltes. Trouver l'équilibre de chaque système : voilà le challenge de la production sous abris !

PRINCIPES DE FERTILISATION ORGANIQUE

Disponibilité des éléments fertilisants

Le principal défi en fertilisation biologique consiste à synchroniser les besoins des cultures et la disponibilité des éléments fertilisants. Une bonne régie de fertilisation biologique s'acquiert au fil du temps. Il faut observer, ajuster et faire les liens entre les pratiques et leur impact sur les cultures.

L'azote des engrais organiques devient disponible pour les plantes suite à leur minéralisation par les microorganismes du sol. Une partie de l'azote peut être libérée sous forme ammoniacale.

Cette proportion varie selon le type d'engrais utilisé. La majorité de l'azote est libérée sous forme de nitrate, la forme d'azote privilégiée par la plupart des plantes. La vitesse de minéralisation de l'azote varie énormément selon le niveau d'humidité, la température, la structure et la texture du sol, le drainage et la compaction.

La gestion de l'irrigation en cultures abritées doit viser à maintenir une humidité minimale et constante du sol, nécessaire pour activer et maintenir le processus de minéralisation. Lorsque le sol est trop humide, les conditions anaérobiques transforment les nitrates en oxyde nitreux (N_2O) et en azote atmosphérique (N_2). Une bonne porosité du sol est essentielle pour préserver un milieu aérobique essentiel à la minéralisation. La réalisation d'un profil de sol environ une heure après la fin de l'irrigation est une bonne façon de vérifier si l'eau rejoint adéquatement le système racinaire de la plante (pour plus de détails, voir le chapitre sur l'irrigation). Cet exercice, souvent négligé, est très pertinent afin d'optimiser la minéralisation et la disponibilité des éléments fertilisants dans la zone racinaire.

La température optimale pour favoriser l'activité des microorganismes du sol se situe entre 25 et 35 °C. Une température non optimale ralentit la minéralisation.

Gestion du pH

La disponibilité des éléments minéraux varie également en fonction du pH du sol, certains éléments devenant trop ou peu assimilables hors des zones optimales (Figure 7.1). Le pH du sol devrait être mesuré et ajusté au besoin, à chaque année pour les serres chauffées trois saisons, entre 1 à 3 ans pour les serres froides et aux 3 à 5 ans pour les tunnels dont les films plastiques sont enlevés l'hiver. Pour la culture de la tomate et du poivron en sol minéral, le pH visé se situe autour de 6,5 (Parent et Gagné, 2010).

En culture abritée, le pH du sol est habituellement corrigé lors de l'implantation de la serre. Ensuite, il a tendance à augmenter avec les apports en fertilisants organiques et par l'usage d'une eau d'irrigation alcaline. Le pH du sol peut être abaissé grâce à l'ajout de mousse de tourbe ou par des applications répétées de soufre. Dans ce dernier cas, le suivi de l'évolution du pH doit être fait régulièrement afin d'ajuster les amendements. Sur le marché, on retrouve différentes formulations de soufre élémentaire qui sont permises selon les normes de production biologique. Quant aux apports en chaux, ils sont destinés à faire remonter un pH trop acide.

La Figure 7.1 à la page suivante illustre l'influence du pH du sol sur la disponibilité des éléments fertilisants et sur l'activité des microorganismes en sol minéral.

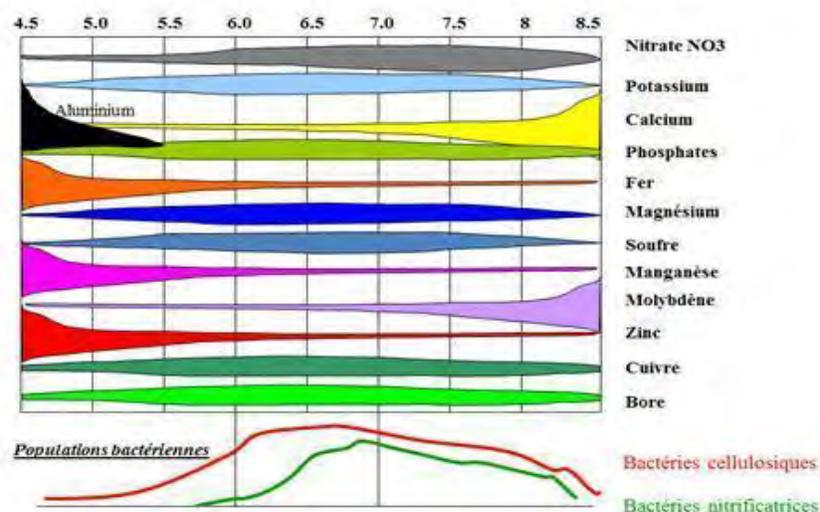


Diagramme d'assimilabilité des éléments minéraux en fonction du pH du sol et niveau des populations bactériennes (d'après Truog et Bachelier).

Figure 7.1. Influence du pH du sol sur la disponibilité des éléments fertilisants et sur l'activité des microorganismes en sol minéral
 Source : Aurea-Agrosciences (2016), consulté le 5 novembre 2019.

Matière organique

Lorsqu'on évalue les besoins en éléments azotés des cultures, il est important de tenir compte de l'azote potentiellement fourni par la matière organique. En effet, lorsque le sol est riche en matière organique et que le pH est adéquat (entre 6 et 7), une quantité importante d'azote peut être minéralisée. En champ, la minéralisation de la matière organique est estimée à 15 kg de N/ha pour chaque tranche de 1 % de matière organique du sol compris entre 4 et 7 %, et pour un total possible de 45 kg de N/ha par an (Parent et Gagné, 2010).

Cette règle n'est pas absolue. Il faudra aussi considérer la santé globale du sol ainsi que l'impact des températures. À cet effet, la minéralisation de l'azote du sol sera moindre dans certaines régions plus froides du Québec. Cependant, sous abri et particulièrement en serre chauffée trois saisons, les températures et les taux de matière organique sont élevés, ce qui porte à croire que l'apport en azote du sol est souvent sous-estimé.

Engrais vert et compost

L'implantation d'un engrais vert est facilitée par les structures mobiles telles que le tunnel chenille et les serres amovibles. Les entreprises qui disposent de plusieurs serres peuvent plus facilement profiter de la fin de l'automne ou du début de printemps pour planter un engrais vert. Autrement, c'est une pratique moins courante en serre où l'optimisation des revenus générés au m² est priorisée. Les engrais verts sont particulièrement utiles pour recycler une partie des éléments nutritifs, améliorer la structure du sol et apporter de la matière organique (variable selon le C/N de l'engrais vert lors de son incorporation).

L'application de compost augmente également la matière organique tout en ajoutant des éléments fertilisants, tels que des oligo-éléments. Attention toutefois à la qualité et aux quantités de compost ajoutées afin d'éviter les excès de nutriments et de sels solubles. Les engrais verts et les composts permettent également de diversifier et d'augmenter l'activité de la vie microbienne du sol, un élément important à prendre en considération.

Il est vraiment plus compliqué de corriger un problème de salinité sous abri qu'à l'extérieur étant donné que l'eau de pluie et la fonte des neiges ne peuvent pas diluer les excès de sels accumulés dans les sols.

BESOINS EN ÉLÉMENTS NUTRITIFS

Azote

La fertilisation azotée est essentielle à l'obtention de bonnes récoltes en production légumière. Les premiers symptômes d'une carence en azote sont : une croissance ralentie, un feuillage vert pâle, une faible nouaison ainsi qu'un faible calibre des fruits. Un excès d'azote peut aussi affecter négativement les rendements en entraînant un ratio végétation/fruit trop élevé, un développement lent du système racinaire ainsi qu'une sensibilité accrue aux maladies.

L'objectif de la fertilisation consiste à trouver l'équilibre entre les apports en éléments fertilisants et les exportations des cultures à l'intérieur de chaque système de production. Un principe fondamental en agriculture biologique est de nourrir le sol plutôt que de nourrir la plante. Un sol en santé, bien structuré et avec un bon taux de matière organique aura des effets bénéfiques sur l'apport en azote fourni par le sol et sur la santé des cultures. À l'inverse, un sol en mauvaise santé ne pourra pas remplir ses fonctions nourricières et demandera des apports plus importants en fertilisants azotés et en amendements.

Phosphore

Le phosphore est important pour le bon développement du système racinaire, surtout en début de culture ainsi que lors de la floraison et de la mise à fruit. Dans les sols naturellement très pauvres en phosphore, des apports seront à considérer. Toutefois, il est rarement l'élément limitant pour la croissance des cultures maraîchères. Les carences en phosphore sont souvent induites par le froid au printemps ou par des sols saturés en eau sur une trop longue période.

Dans les sols ayant reçu des apports importants et réguliers en fumier et en compost, le problème inverse est plus courant : des niveaux de phosphore élevés et une hausse de l'indice de saturation en phosphore (ISP_1) exprimé par le ratio du phosphore/aluminium (% P/Al). En serre, les apports fréquents en fertilisants composés (NPK) tels les granules de fumier de poule qui sont utilisés pour combler des besoins importants en azote peuvent contribuer à la problématique.

Au Québec, des seuils environnementaux ont été déterminés et intégrés dans le règlement sur les exploitations agricoles ([Québec, 2019](#)) afin de minimiser la saturation des sols en phosphore et réduire les risques de pertes de phosphore dans l'environnement. Ainsi, un sol ayant une teneur en argile supérieure à 30 % est considéré comme saturé en phosphore si le rapport ISP_1 est supérieur à 7,6 %. Pour un sol ayant une teneur en argile égale ou inférieure à 30 %, il est considéré comme saturé en phosphore si le rapport ISP_1 est supérieur à 13,1 %. Au-delà de ces seuils, les apports en phosphore doivent être restreints afin de minimiser les pertes de phosphore dans l'environnement.

Potassium

Les tomates et les poivrons sont des cultures exigeantes en potassium. Dès la floraison, et jusqu'à la dernière récolte, l'apport en potassium doit être adéquat afin d'assurer une floraison abondante et maximiser la fermeté et le goût des fruits. Le pic de la demande en potassium se situe environ deux semaines avant la première récolte et ne diminuera pas jusqu'à la fin des récoltes.

Les conséquences les plus courantes d'une carence en potassium sont la maturation inégale de la tomate et le manque de fermeté des fruits. Toutefois, la maturation inégale et les épaules jaunes dans la tomate peuvent relever d'autres causes, telles que : la variété, une chaleur excessive, un ratio feuilles/fruits insuffisant, un déficit hydrique ou un effet antagoniste du potassium avec le magnésium ou le calcium. Des fruits trop exposés aux rayons du soleil à cause d'un manque de feuillage peuvent aussi mûrir de façon inégale.

Des niveaux excessifs de potassium dans le sol peuvent limiter l'absorption du magnésium et du calcium par la plante. Ces trois éléments sont étroitement liés. Il est important de ne pas apporter trop de potassium par rapport à la disponibilité du calcium et du magnésium du sol. La teneur du sol en potassium et le potentiel de rendement permettent de déterminer les besoins en potassium pendant la saison de culture.

Calcium

La présence d'une zone nécrosée à l'apex des fruits de tomate et de poivron indique une carence en calcium. Pour plus de détails, se référer au chapitre 9. Dans le poivron, cette carence est courante et affecte surtout les premiers fruits lorsque le feuillage des plants est peu développé. Une carence en calcium dans la plante affecte aussi la fermeté des fruits.

Il arrive fréquemment que le calcium soit présent en quantité suffisante dans le sol sans que la plante soit en mesure de l'absorber. Une irrigation insuffisante ou excessive, une croissance rapide (chaleur, apport en azote excessif), un système racinaire peu développé, un excès en certains éléments minéraux (K, NH_4 , Mg, Na), un stress physiologique (surtout dans le poivron) ainsi qu'une faible transpiration, sont autant de causes possibles d'une mauvaise absorption du calcium. Dans ces cas, aucun apport en calcium ne sera aussi efficace que l'optimisation de l'ensemble de ces paramètres.

Certaines variétés de poivron populaires telles que Carmen, Escamillo et Camelot sont très sensibles aux carences en calcium. Il est possible de réduire les risques de carence en calcium par une bonne régie de taille du feuillage et des fruits (cf. chapitre 6).

En serre, les paramètres climatiques tels que l'humidité relative et la température doivent être bien équilibrés, afin que la plante transpire bien. Pour plus d'information à ce sujet, consulter le chapitre 3. Pour les variétés sensibles et lors de fortes poussées de croissance comme les périodes de canicule ou lors de nuits chaudes, on recommande d'apporter de 4 à 8 kg/ha de calcium à chaque semaine, par le système de goutte-à-goutte. Le chlorure de calcium est permis en production biologique. Toutefois, mieux vaut vérifier l'acceptabilité de la formulation auprès des organismes de certification. L'avertissement *RAP cultures en serre n° 20 de juin 2017* fait le point sur les causes et les solutions possibles de la carence en calcium pour la tomate de serre ([Lambert, 2017](#)).

Si, en dépit d'une bonne régie de conduite des plants et de l'irrigation, on observe des carences en calcium sur les jeunes fruits, il est recommandé de faire des applications foliaires de chlorure de calcium. Les pulvérisations doivent être dirigées sur les fruits de moins de 3 cm de diamètre.

En fin de saison, il sera pertinent faire le point sur les éléments de régie pouvant être à l'origine des problèmes de pourriture apicale des fruits.

Tableau 7.1. Dose recommandée pour les apports foliaires en calcium dans les tomates et poivrons.

Produit recommandé	Dose/1000 L/ha	Moment d'application – périodes critiques
Chlorure de calcium 36 %	9 kg de chlorure de calcium 36 %/1000 litres/ha. Soit 3 kg/ha de calcium.	À l'apparition des premiers fruits ou en cas de sécheresse. Lors de périodes de nuits chaudes ou de stress physiologique (surtout pour le poivron).

Source : Adapté de Weill et Duval (2009)

Magnésium

Les carences en magnésium sont assez courantes et se reconnaissent facilement par des chloroses internervaires débutant dans les feuilles du bas. Pour la tomate, cette carence est tolérée si les symptômes demeurent dans la moitié inférieure du plant. Dans ce cas, ceci est plutôt un bon signe, car cela indique une plante vigoureuse qui est en mesure d'utiliser ses réserves en magnésium pour alimenter ses fruits. Par contre, lorsque les symptômes progressent sur plus de la moitié du plant, des apports en magnésium seront à considérer.

Comme mentionné précédemment, la disponibilité du magnésium est étroitement liée à la teneur en potassium et en calcium du sol. Selon les analyses de sol, le choix de l'engrais se portera, soit sur du sulfate de potassium, ou sur du Sul-Po-Mag qui contient à la fois du potassium et du magnésium. Il est également possible d'apporter du magnésium sous forme de sels d'Epsom en application foliaire ou au sol. Afin d'augmenter la disponibilité du magnésium, une réduction de l'apport en calcium sera également à considérer.

Éléments mineurs

Les carences les plus fréquentes en éléments mineurs ou oligo-éléments sont les carences en fer, manganèse et zinc. Un feuillage chlorotique est caractéristique de ces carences. La plupart du temps, elles apparaissent soudainement et sont visibles lorsque le pH du sol est au-dessus de 6,8-7. À noter qu'un tel pH n'est pas rare en culture sous abri lorsque du compost est appliqué annuellement. Si c'est le cas, des apports en soufre ou de mousse de tourbe entre deux saisons de culture, permettent de diminuer graduellement le pH et réduire les carences en oligo-éléments.

D'autres facteurs peuvent également être à l'origine d'un déséquilibre en éléments mineurs. C'est le cas par exemple d'une température élevée ou d'une charge en fruit trop importante par rapport à la luminosité. Généralement, lorsque des apports en compost sont réalisés annuellement et que le pH est adéquat, les besoins en oligo-éléments sont comblés.

Les normes biologiques canadiennes permettent les apports en éléments mineurs lorsque les carences sont visibles sur les plants ou en usage préventif lorsqu'un historique de la problématique est documenté. Toutefois, certaines formulations sont interdites et ceci sera à valider avec les organismes de certification biologique.

FERTILISATION

Le potentiel de rendement des cultures sous tunnel, en serre froide et en serre chauffée est influencé par différents éléments de régulation tels que : l'irrigation, le chauffage, la luminosité, la ventilation, la structure du sol, la conduite des plants, le choix du cultivar, la pollinisation, le greffage et la fertilisation. Les besoins en éléments fertilisants des plantes cultivées sous abris sont importants et devront être évalués le mieux possible selon l'historique de la ferme. Les recommandations de fertilisation proposées dans ce guide serviront aussi de balises. Elles sont regroupées selon les différents types d'abris, chacun offrant un potentiel de rendement distinctif.

Note

Avant l'utilisation d'un produit ou d'un intrant, il faut valider sa conformité vis-à-vis des normes biologiques canadiennes auprès des organismes de certification concernés. De plus, tout exploitant d'une entreprise agricole est tenu de respecter le règlement sur les exploitations agricoles (REA) ([Québec, 2019](#)).

Tunnel et serre froide

Pour une même fertilisation, le rendement observé en entreprise maraîchère biologique est supérieur sous abri froid qu'en champ. Une meilleure gestion de l'eau d'irrigation et un climat plus sec réduisent l'incidence de plusieurs maladies, ce qui explique, en partie, le gain de rendement. Dans certains cas, la santé des sols, la richesse de la vie microbienne ainsi que la minéralisation de la matière organique en régulation biologique permettent l'obtention de très bons

rendements comparativement à la régie conventionnelle ou lorsque le sol est en mauvaise condition. À noter que les tomates à croissance indéterminée offrent un potentiel de rendement supérieur par rapport aux variétés déterminées et semi-déterminées qui produisent de façon plus concentrée dans le temps, ce qui nécessite moins de fractionnement au niveau de l'azote.

Lorsque les conditions climatiques et les rendements sous abris froids se rapprochent de ce qui est obtenu au champ, les recommandations en fertilisation sont celles proposées par le Guide de référence en fertilisation du CRAAQ et résumées dans le tableau 7.2.

Tableau 7.2. Recommandations en fertilisation des poivrons et des tomates en plein champ en régie conventionnelle (CRAAQ 2010).

Culture	Apport en azote	Apport en phosphore	Apport en potassium
Tomate	135 kg/ha ¹	Entre 20 et 240 kg/ha, selon l'analyse de sol	Entre 20 et 240 kg/ha, selon l'analyse de sol
Poivron	140 kg/ha ²	Entre 40 et 240 kg/ha, selon l'analyse de sol	Entre 30 et 240 kg/ha, selon l'analyse de sol

¹ 100 kg/ha à la volée avant la plantation et 35 kg/ha pour des variétés semi-déterminées et indéterminées, lorsque les fruits ont 2,5 cm de diamètre

² 70 kg/ha à la volée avant la plantation, 35 kg/ha à la plantation et 35 kg/ha à l'apparition des fruits

Source : Parent et Gagné (2010)

Ces chiffres seront mis à jour par le CRAAQ à la suite d'essais réalisés au Québec sur des stations de recherche et en champ. Selon les informations préliminaires, les nouvelles recommandations seront plus élevées pour l'azote et le potassium et plus faibles pour le phosphore, et ceci en fonction d'un potentiel de rendement plus élevé par rapport à 2010.

Sous **tunnel chenille**, étant donné l'environnement climatique retrouvé sous ce type de structure, les recommandations en fertilisation proposées par le CRAAQ pour les cultures en champ (Tableau 7.2) sont suffisantes dans la majorité des cas. Par ailleurs, en agriculture biologique, la totalité de l'azote, du phosphore et de la potasse est habituellement apportée au printemps, juste avant la pose du paillis de plastique qui recouvre complètement la plate-bande. La fertilisation d'appoint par le système de goutte-à-goutte avec des engrais azotés liquides est coûteuse et peu utilisée en agriculture biologique. Un couvre-sol de géotextile ou en polyéthylène épais, qui laisse libre la ligne de plantation (cf. chapitre 8), permet de fractionner en plusieurs doses les fertilisants, ce qui est recommandé surtout dans le cas des variétés indéterminées qui produisent sur une plus longue période.

Bien que le **grand tunnel multichapelles** ne fasse pas partie des structures proposées dans ce guide, les essais réalisés dans ce type d'abri permettent de documenter les pratiques de fertilisation dans les abris froids. À cet effet, un projet réalisé par le CETAB+ (Weill et coll., 2014), de 2011 à 2013 sur deux fermes biologiques, démontre que lorsque des variétés de tomates déterminées et semi déterminées sont cultivées en grand tunnel multichapelles, il n'apparaît pas avantageux d'augmenter la dose de fertilisation par rapport à celle recommandée en plein champ. Ces résultats corroborent les observations faites sous tunnel chenille. Dans le cadre du

projet, les doses à l'essai étaient de 135, 165 et 195 kg N/ha. Les rendements observés ont varié entre 5 et 11 kg/ha. Dans quatre sites sur cinq, une augmentation de la dose d'azote n'a pas engendré de gain de rendement. Il faut toutefois noter qu'au-delà de la fertilisation, de nombreux facteurs peuvent affecter le potentiel de rendement des tomates cultivées sous abri froid :

- Le type de structure : les grands tunnels ne sont pas fermés ce qui cause des pertes de chaleur, surtout au mois de mai ;
- Le potentiel de rendement d'une variété : les variétés indéterminées produisent sur une plus longue période et offrent un potentiel de rendement supérieur ;
- L'historique d'un champ en ce qui concerne : santé du sol, structure, drainage, vie microbienne, pH, matière organique.

En **serre froide**, les recommandations en éléments fertilisants et leur fractionnement varient beaucoup en fonction des gains possibles en rendements et selon la capacité d'optimiser les éléments de régie. La structure permet de créer un environnement climatique plus performant que celui d'un tunnel chenille par exemple. Ainsi, il sera possible d'optimiser la ventilation naturelle par une bonne gestion des ouvertures (*roll up*) et des ventilateurs à pression positive. Le double polyéthylène et le volume d'air plus imposant dans ce type d'abri favorisent la conservation de la chaleur solaire et limitent les pics de chaleur excessifs. En serre froide, étant donné que le paillis ne recouvre pas entièrement la plate-bande et que les apports en fertilisants sont importants, il sera possible et recommandé de fractionner les apports de la plantation à la mi-récolte. Selon un document publié par l'Université Cornell ([Machanoff et Reid, 2017](#)), les recommandations en azote pour les tomates en **serre froide** varient de 140 kg/ha à 168 kg/ha. Les conditions climatiques de cet essai, soit au nord de l'état de New York, se rapprochent de celles du sud du Québec.

D'autre part, le projet de suivi de la fertilité des sols en serres et en tunnel dans le Bas-Saint-Laurent réalisé par Gilles Turcotte en 2010 et 2011 ([Turcotte et coll., 2012](#)) permet de dégager certains constats pour la tomate indéterminée cultivée dans cette région. Il s'agit d'un contexte de production de la mi-mai au début octobre, dans des **abris froids ou chauffés de façon minimale et non optimale** :

- La température de croissance est souvent sous les minimums recommandés, surtout en mai, juin et septembre.
- En été, de grands écarts thermiques sont observés dans ces abris entre la température de jour et de nuit.
- Les importations de nutriments par les plants de tomate sont inférieures à celles recommandées dans les serres chauffées, qui sont calculées en fonction d'un potentiel de rendement (cf. section suivante sur les serres trois saisons).

Dans les **abris froids**, l'augmentation de la productivité et la capacité des plants à prélever les éléments minéraux passent en premier lieu par l'optimisation du taux de croissance des plantes. Il existe une très forte corrélation entre la température moyenne sur une période de 24 heures et le taux de croissance. Pour la tomate et le poivron, les différents abris froids ainsi que les zones climatiques de production vont permettre de réaliser différents gains de température. La température de sol optimale pour favoriser l'activité des microorganismes, et par conséquent la minéralisation, se situe entre 25 et 35 °C. Les températures optimales moyennes de l'air pour la tomate varient entre 18 et 24 °C le jour et de 16 à 20 °C la nuit. Le poivron quant à lui préfère un environnement légèrement plus chaud avec des optimums de 20 à 23 °C le jour et entre 18 à 20 °C la nuit.

Pour l'instant, l'état des connaissances ne permet pas de recommander des doses de fertilisants pour la tomate et le poivron cultivés dans les différentes structures d'abris froids. Les dosages vont se situer entre les recommandations de champ et celle des serres chauffées. Outre, la régie climatique, plusieurs autres facteurs peuvent influencer la décision d'augmenter les doses de nutriments comme recommandé par le CRAAQ pour la culture en plein champ. Il s'agit de facteurs tels que : la variété, la conduite des plants, le potentiel de rendement, la santé des sols, l'irrigation, la qualité de l'enracinement ainsi que l'observation en cours de saison de la vigueur des plants et l'apparition de symptômes de carence. Attention cependant aux fertilisations azotées trop généreuses et non fractionnées, car elles favorisent une croissance végétative au détriment de la mise à fruit, surtout si la taille du feuillage est minimale. De plus, le coût relié à une fertilisation excessive et mal fractionnée aura un impact négatif sur la rentabilité financière de la production.



Influences des éléments de régie et de la fertilisation sur la production de tomate sous tunnel froid

**Témoignage : Richard Favreau, Ferme Val-aux-Vents
Saint-Valérien (Bas-Saint-Laurent)**

Je fais de la tomate Big Beef non greffée en tunnel non chauffé depuis 2009. Au fil des ans, l'augmentation des rendements a plafonné à 14-15 kg/m² (potentiel de rendement estimé à 20 kg/m²). Les principales causes de rejets sont le mûrissement inégal (épaules jaunes) et la présence de plusieurs bouquets avortés. Ces problématiques ont été considérablement réduites lorsque l'engrais a été fractionné en cinq apports (à la plantation et aux semaines 4, 6, 8, 10) et de façon à ce que l'apport en potassium soit important dès la nouaison du premier bouquet. Mes sources de fertilisants azotés sont principalement le compost et les fientes de poulet en début de saison, avec une proportion croissante en farine de sang. Ce nouveau régime de fertilisation a été accompagné d'autres améliorations : réchauffement printanier du sol avec un paillis transparent, protection nocturne avec des bâches jusqu'à la mi-juin et une taille sélective des bouquets. Il est donc difficile d'attribuer l'augmentation du rendement à la seule augmentation des doses de fertilisants ou au fractionnement. L'augmentation du rendement et de la qualité de la tomate est le fruit d'interventions sur de multiples éléments de régie et il est difficile de trouver une cause unique... C'est ce qui rend ce métier si passionnant !

Serre trois saisons

Dans les serres trois saisons, lorsque la régie de culture et le climat sont optimisés (chauffage, ventilation, conduite des plants, irrigation, greffage, etc.), les besoins en fertilisation des cultures sont proportionnels au rendement et à la durée de production. Encore plus qu'en serre froide, le suivi avec un agronome, les observations et la prise de données à la ferme deviennent indispensables afin d'ajuster précisément les besoins des cultures sur un site donné et en fonction du potentiel de rendement.

Tomates

Les informations contenues dans le *Guide de production de la tomate de serre au Québec* (Turcotte et coll., 2015) servent de référence en fertilisation au Québec dans la serre chauffée. Ces recommandations, basées sur le prélèvement de base des éléments majeurs, permettent d'établir les besoins en fertilisation pour chaque kg/m² de tomate produite. Toutefois, si les sols sont déjà bien enrichis ou que les rendements sont moindres que prévu, certains éléments peuvent être en excès. Le suivi en cours de saison est donc important, mais les chiffres ci-dessous sont un bon point de départ pour planifier son programme de fertilisation pour les tomates produites en serre chauffée entre les mois d'avril à octobre/novembre.

Ainsi pour chaque kg de tomate produit par m², on apportera :

- 0,3 kg de N/100 m²
- 0,1 kg de P₂O₅/100 m²
- 0,4 kg de K₂O/100 m²
- 0,3 kg de Ca/100 m²
- 0,1 kg de Mg/100 m²

Par exemple, pour un rendement de 20 kg de tomates/m², les besoins sont de : 0,3 kg de N/100 m² par kg de tomates/m² x 20 kg de tomates/m² = 6 kg/100 m², soit 600 kg/ha d'azote disponible.

Dans le calcul des quantités d'engrais organiques à apporter, il faudra tenir compte des coefficients de disponibilité qui sont très variables en fonction du potentiel de minéralisation.

Les besoins en fertilisation des cultures en serre doivent être réévalués annuellement en considérant l'impact potentiel de chaque élément de régie agronomique sur la performance globale des récoltes obtenues. À titre indicatif, les rendements en tomates de serre obtenus avec un même programme de fertilisation et sous des conditions similaires peuvent varier de 10 à 30 kg/m² pour une période de production d'avril à la fin octobre selon la régie de culture. Le suivi pointu de chaque élément de régie est tout aussi important que les apports en fertilisants.

Le tableau suivant (Tableau 7.3) présente un exemple de programme de fertilisation pour la tomate en serre trois saisons avec des apports prévus aux deux semaines pour un potentiel de rendement de 30 kg/m². Il est toutefois important de faire le suivi de la CE (conductivité électrique) environ aux deux semaines et d'ajuster les apports au besoin. Concernant les apports en phosphore, une analyse de sol servira à justifier et quantifier les besoins en cet élément, qui est souvent en excès dans les sols. Dans le cas où des apports en compost seraient réalisés, ils devront être pris en considération dans ce programme de fertilisation. À noter qu'en période caniculaire, les apports en fertilisants devront être augmentés afin de tenir compte de la croissance accélérée des plants.

Tableau 7.3. Exemple de programme de fertilisation pour la tomate en serre trois saisons (avril à fin octobre) en fonction des apports prévus aux deux semaines pour un potentiel de rendement de 30 kg/m².

	Apports aux deux semaines	
	Farine de sang ou de plume	Sulfate de potassium (0-0-50)
De la plantation jusqu'à deux semaines après le début des récoltes.	45 g/m ²	10 g/m ²
Deux semaines après le début des récoltes jusqu'à 3-4 semaines avant la fin des récoltes.	70 g/m ²	25 g/m ²

Poivron

La littérature et les observations terrain démontrent que les besoins du poivron de serre trois saisons sont similaires à ceux de la tomate si on les ajuste en fonction du rendement et de la durée de production. Les densités de plantation et les rendements par m² de production peuvent varier beaucoup selon la conduite des plants (palissage, taille, etc.). De plus, comme la croissance du poivron est plus lente que celle de la tomate en début de culture, et que la période de mise à fleurs est plus longue, les besoins sont moindres avant les premières fleurs. C'est à partir de la nouaison des premiers jeunes fruits que la demande en fertilisation pour le poivron est la plus élevée.

L'exemple de programme de fertilisation proposé plus haut pour la tomate (Tableau 7.3) est une façon d'estimer les apports en fertilisants aux deux semaines pour le poivron. Toutefois, il est incontournable de faire le suivi de la conductivité (CE) régulièrement en cours de culture afin d'ajuster les doses ou les fréquences d'application. Idéalement, ce suivi devrait être réalisé aux 2 à 3 semaines afin d'ajuster le programme de fertilisation en conséquence. Les prélèvements en éléments nutritifs par les cultures sont importants en serre trois saisons. Des ajustements par rapport à ce qui était prévu au départ peuvent être nécessaires, surtout lorsque le potentiel de rendement est ajusté en cours de saison. À cet effet, voir la section suivante : Méthodologie pour le suivi de la fertilité.

Fractionnement

Tant pour la production du poivron, que de la tomate, il est fortement recommandé de fractionner le plus possible les apports en fertilisants (idéalement des apports hebdomadaires ou aux deux semaines) étant donné les besoins élevés des cultures et la longue période de production. Le fractionnement des apports assure une bonne disponibilité des éléments dans le temps, réduit les risques de lessivage des nutriments et les risques de salinité élevée lors des applications.

MÉTHODOLOGIE POUR LE SUIVI DE LA FERTILITÉ

Analyse standard

L'analyse standard permet de connaître la réserve du sol en éléments fertilisants, le taux de matière organique, le pH et la capacité d'échange cationique (CEC). Elle ne renseigne pas sur le niveau d'azote disponible, car ce dernier varie dans le temps, selon le taux de matière organique et les différents paramètres influençant la vitesse de minéralisation.

L'analyse standard sert au suivi de l'équilibre des bases (K, Mg, Ca). Elle permet de choisir adéquatement les types d'engrais à utiliser et de vérifier l'accumulation des éléments en excès et des éléments indésirables tels que le sodium ou le chlore. Dans le cas de l'utilisation d'une eau d'irrigation avec une forte teneur en éléments indésirables ou d'une eau ayant un pH inadéquat, cette analyse permet de faire un bon suivi de l'évolution du sol sur une base annuelle.

Dans le cas des cultures en champs, sous tunnel chenille et en serre amovible, l'analyse de sol peut être faite à tous les 3 à 5 ans. En raison du lessivage par la pluie, il ne devrait pas y avoir d'accumulation excessive et rapide des éléments nutritifs. En serre froide, l'analyse de sol sera réalisée à une fréquence de 1 à 3 ans, cette période étant variable en fonction des apports et des prélèvements. Toutefois, en serre chauffée trois saisons, l'analyse de sol sera annuelle, car il y a un risque d'augmentation et de déséquilibre des éléments nutritifs à cause de la fertilisation plus importante.

Analyse SSE en laboratoire et test de conductivité électrique (CE)

En plus de l'analyse de sol standard, les laboratoires offrent une analyse de sol saturé à l'eau, c'est l'analyse SSE (*Soil Saturated Extract*). Cette analyse donne la teneur en nitrates et en ammonium du sol, la conductivité électrique (CE), le pH ainsi que la disponibilité du P, K, Ca, Mg, Al, B, Cu, Fe, Mn, Na, S, Zn.

L'analyse SSE nous informe de la disponibilité des éléments dans la solution en date de l'échantillonnage. La CE est liée à la salinité, car elle représente la somme des éléments dissous dans la solution de l'échantillon. Les résultats de l'analyse SSE et la CE peuvent varier grandement d'une semaine à l'autre, selon les apports, les prélèvements des cultures et les paramètres climatiques de la serre. Le tableau 7.5 présente la teneur recherchée des différents éléments dans l'analyse SSE. Ces valeurs ne sont pas absolues, car la teneur en matière organique et d'autres facteurs peuvent influencer ces barèmes.

De façon pratique, c'est davantage la CE qui est utilisée pour faire le suivi de la fertilité en serre froide et trois saisons. Cette mesure peut se faire sur le terrain à l'aide d'un petit appareil nommé conductivimètre ou en laboratoire à partir de l'analyse SSE. Certains laboratoires peuvent livrer les résultats dans un délai de 24 à 48 heures. Étant donné que la CE peut varier grandement dans le temps, la rapidité du service est un facteur à prendre en considération. La prise de la CE à l'aide d'un conductivimètre, quant à elle, ne prend qu'une heure et requiert une extraction faite à partir de deux parties d'eau distillée pour une partie de sol (méthode 2 : 1).

Méthode 2 : 1 pour la mesure de la CE de la solution d'un sol

Prélever plusieurs échantillons de sol à différents endroits dans la serre, toujours dans la zone racinaire active des plants. Ne pas échantillonner à la surface ou dans les premiers cm de sol afin d'éviter les résidus de fertilisants. Mélanger bien dans une chaudière. Dans un contenant gradué, verser 200 ml d'eau distillée puis ajouter le sol prélevé jusqu'à atteindre 300 ml. Brasser vigoureusement et laisser reposer 30 à 60 minutes. Prendre la lecture à l'aide du conductivimètre dans le liquide (surnageant) au-dessus de la zone de sol déposé au fond du contenant.

Différents travaux ont tenté d'établir un lien entre la CE (méthode 2 : 1) et la CE obtenue en laboratoire par la méthode SSE (CE_{SSE}). Selon les essais réalisés par Gilles Turcotte en serres et tunnel froid dans le Bas-Saint-Laurent ([Turcotte et coll. 2012](#)), la corrélation entre la CE (méthode 2 : 1) et la CE_{SSE} se traduit par l'équation suivante :

- $1,70 \times CE_{(\text{méthode 2 : 1})} + 0,22 = CE_{SSE}$

Avec la méthode 2 : 1, il est important de faire un minimum de validation avec des analyses SSE en laboratoire. Les résultats et l'interprétation peuvent varier d'une ferme à l'autre. Par exemple, l'équation de conversion et les résultats ne sont pas toujours exacts et fiables.

De plus, l'essai d'optimisation de la fertilisation pour la tomate en grands tunnels ([Weill et coll., 2014](#)) a démontré que les résultats des analyses CE (méthode 2 : 1) par rapport à la CE_{SSE} n'étaient pas toujours corrélés par la même équation d'un site à l'autre ni d'une année à l'autre. Au Club Bio Action, des suivis en serre trois saisons visant à comparer les valeurs de CE (méthode 2 : 1) et de CE_{SSE} n'ont pas non plus permis de démontrer avec précision la corrélation entre ces deux types de mesures. Il apparaît donc difficile de substituer complètement l'analyse SSE en laboratoire à la méthode 2 : 1. La méthode 2 : 1 peut être utilisée pour faire un suivi plus fréquent, mais deux à trois analyses SSE en laboratoire sont recommandées en cours de saison afin de mieux évaluer les apports en fertilisants en serre trois saisons. De plus, étant donné que la valeur de conductivité électrique (CE) représente la somme des éléments dissous dans la solution du sol en date de l'analyse, ceci inclut les éléments désirables (éléments fertilisants) tout comme les indésirables (Na, S, Cl, etc.). Ainsi, en cas de problématique en cours de culture, une analyse SSE permettra de mieux documenter les résultats d'une CE. Les apports en fertilisants, tout comme l'eau d'irrigation, peuvent être responsables d'une augmentation de la CE du sol. Ainsi, une CE du sol élevée dans un contexte où l'eau d'irrigation possède une forte teneur en sodium ne signifie pas nécessairement que le sol est fertile.

Il est important de mentionner que l'aspect visuel global des plants fournit des points de repère tout aussi essentiels qu'une analyse de la CE, surtout en plein sol et sous régie biologique. Ainsi, la couleur du feuillage, l'équilibre entre la vigueur végétative et reproductive des plants apporteront des informations à considérer pour ajuster la fertilisation.

La CE de la solution de sol recommandée pour les cultures en serre varie d'une référence à l'autre. En voici quelques exemples :

Tableau 7.4. Références pour la conductivité (CE) des cultures en serre selon l'analyse SSE (*saturated soil extract*).

CE (conductivité)	Acceptable (mS/cm)	Optimal (mS/cm)
Source : <i>Maîtrise de l'irrigation fertilisante : tomate sous serre et abris en sol et hors sol</i> (Letard et coll., 1995)	2,5 – 3,5	3,0
Source : <i>Légumes de serre, culture sur film nutritif (NFT) sur laine de roche et en milieux tourbeux</i> (Bégin, 1990)	0,75 – 1,49	1,5 – 2,24
Source : <i>Guide de production des annuelles en caissettes</i> (Beaulieu et coll., 2002)	1,5 – 2,0	2,0 – 2,5

Dans l'ouvrage *Qualité de la tomate de serre* (Dorais, 2001), on retrouve une revue de littérature sur les impacts de la CE sur la tomate de serre. L'optimum serait compris entre 2,9 mS/cm à 5,6 mS/cm de CE_{sse} . La qualité, le goût, le calibre et le rendement des fruits sont influencés par la CE. La tomate aura meilleur goût avec une CE plus élevée, mais au-delà de 4-5 mS/cm, la productivité peut être affectée.

Ainsi, l'augmentation du niveau de CE favorise l'augmentation du taux de sucre tout en diminuant le calibre des fruits. Une CE trop élevée augmente aussi les risques de pourriture apicale, surtout chez le poivron. Il faut noter que les niveaux optimaux varient selon le stade de la culture et doivent être augmentés graduellement en cours de production. Ces résultats corroborent les observations réalisées sur le terrain avec une CE_{sse} optimale de 3 à 5 mS/cm pour la tomate de serre en plein sol et en pleine production. Pour le poivron, la CE optimale semble plutôt se situer entre 2,5 mS/cm et 3,5 mS/cm, le poivron étant plus sensible à la salinité.

Le tableau 7.5 à la page suivante permet d'interpréter les niveaux des différents éléments minéraux obtenus par l'analyse SSE. Ces valeurs ne sont pas absolues, car la teneur en matière organique et d'autres facteurs peuvent influencer ces barèmes.

Tableau 7.5. Tableau d'interprétation des analyses SSE pour les légumes de serre.

Élément mesuré	Bas	Acceptable	Optimal	Haut	Très haut
CE (mS/cm)	0 – 0,75	0,75 – 1,49	1,5 – 2,24	2,25 – 3,49	3,5 et +
N-NO3 (ppm)	0 – 39	40 – 79	80 – 139	140 – 199	200 et +
N-NH4 (ppm)		20-30	100		
Phosphore (ppm)	0 – 3	4 – 7	8 – 13	14 – 19	20 et +
Potassium (ppm)	0 – 49	50 – 109	110 – 179	180 – 259	260 et +
Calcium (ppm)	0 – 69	70 – 139	140 – 219	220 – 324	325 et +
Magnésium (ppm)	0 – 29	30 – 59	60 – 99	100 – 149	150 et +
Fer (ppm)	0 – 0,75	0,75 – 1	1,0 – 2,0	2,0 – 3,0	3,0 et +
Manganèse (ppm)	0 – 0,5	0,5 – 0,75	0,75 – 1,25	1,25 – 2,0	2,0 et +
Zinc (ppm)	0 – 0,5	0,5 – 0,75	0,75 – 1,25	1,25 – 2,0	2,0 et +
Cuivre (ppm)	0 – 0,1	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3	0,3 – 0,5	0,5 et +
Bore (ppm)	0 – 0,1	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3	0,3 – 0,5	0,5 et +

Adapté de : Bégin, 1990, Beaulieu et coll., 2002, Parent et Gagné, 2010, pour les éléments mineurs et oligo-éléments.

SALINITÉ ET ÉQUILIBRE DES ÉLÉMENTS NUTRITIFS

La salinité se définit comme la teneur en sels dissous d'un soluté. On peut l'évaluer en mesurant la conductivité électrique (CE). Comme mentionné précédemment, en serre trois saisons, les apports en fertilisants sont importants et l'absence d'eau de pluie ne permet pas un lessivage des éléments nutritifs en excès. Les risques de problématique liés à une salinité excessive sont élevés. La CE des sols provient des éléments minéraux fournis par les composts, les fumiers, les différentes sources d'engrais et l'eau d'irrigation.

Nous avons vu qu'une CE élevée est la plupart du temps l'indice d'une fertilité élevée, mais qu'elle peut également indiquer la présence importante d'éléments indésirables comme le sodium, le chlore ou le soufre. Le rapport d'absorption du sodium (RAS) va permettre d'évaluer si l'eau d'irrigation présente des risques de salinité excessive pour les plantes. Le RAS indique la quantité de sodium en excès par rapport aux cations de calcium et de magnésium qui peuvent être tolérés en relativement grande quantité dans l'eau d'irrigation (cf. chapitre 8).

Une salinité élevée peut affecter la vitesse d'infiltration de l'eau et augmenter le stress hydrique par un effet d'osmose aux racines, particulièrement quand le sodium est en cause. Les études indiquent des niveaux variables quant à la tolérance des plantes à la salinité. La tomate a une

tolérance à la salinité moyenne à élevée. Le poivron est moins tolérant à la salinité que la tomate.

Afin de réduire les problématiques liées aux salinités excessives au fil des ans, plusieurs pratiques sont encouragées, dont l'analyse d'eau d'irrigation une fois par an, l'optimisation de l'irrigation, l'usage d'un couvre-sol sur la plate-bande et un bon drainage du sol. Il est aussi recommandé d'éviter les apports excessifs de compost (surtout marins), de chlorure de potassium, d'émulsions de poisson et d'engrais sulfatés.

Lorsqu'une augmentation de la salinité devient problématique ou inquiétante et qu'on désire cultiver des plantes plus sensibles (par exemple des légumes) à la suite d'une production de tomates ou de poivrons, il est recommandé de diminuer la salinité du sol. Pour cela, il faut effectuer un bon lessivage du sol par une abondante irrigation par aspersion de façon à dissoudre et déloger les sels. À titre de référence, 15 cm d'eau lessivent 50 % et 30 cm d'eau lessivent 80 % des sels accumulés ([Duval et coll. 2013](#)).

Une eau de puits saline accroît l'incidence et la gravité d'une problématique de salinité dans le sol. Il est possible d'exposer le sol à l'eau de pluie à l'automne, en déplaçant une structure amovible ou en enlevant le matériel de recouvrement de l'abri. Autrement, il faudra explorer d'autres sources possibles d'approvisionnement en eau, tels un puits de surface ou un étang d'irrigation.

SOURCES D'ENGRAIS EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE

Les sources d'azote les plus couramment utilisées en agriculture biologique sont les fumiers, les composts, les fientes de poules granulées (compostées ou ayant subi un traitement thermique), les farines d'origine animale (plume, sang, etc.) ou les farines d'origine végétale (soya, luzerne, etc.).

Le rapport C/N est un bon indicateur afin d'estimer la disponibilité des éléments durant la saison de croissance. Il est important de travailler avec des engrais organiques à faible ratio C/N (inférieur à 20) afin que l'azote puisse être minéralisé assez rapidement à l'intérieur d'une saison de culture. Les fientes de poules granulées et les farines d'origine animale ont généralement un faible rapport C/N et par conséquent libèrent l'azote rapidement. À noter, cependant, que les connaissances relatives à la disponibilité de l'azote des engrais organiques évoluent et que plusieurs autres facteurs, dont le carbone labile, peuvent influencer la rapidité de minéralisation.

Lorsque le sol est très riche en phosphore, il est préférable d'utiliser des engrais organiques à prédominance azotée. En ce qui concerne les sources de potassium, le sulfate de potassium est préférable au chlorure de potassium étant donné que le chlore est un élément indésirable qui fait augmenter la salinité. Si le sol est pauvre en magnésium, on peut aussi utiliser le Sul-Po-Mag. Un apport de fumier ou de compost permet en général de combler les besoins en phosphore lorsque le sol est faible en cet élément.

Le choix de la source de fertilisants dépend de différents facteurs dont le prix, la disponibilité du produit sur le marché, la composition, la facilité d'utilisation, la teneur et la disponibilité des éléments fertilisants, la présence d'éléments indésirables (sodium) et la vitesse de libération ou de minéralisation. Une présentation de Jean Duval, agronome au CETAB+, fait le point sur les amendements disponibles et les stratégies de fertilisation en horticulture biologique ([Duval, 2016](#)).

La liste des produits fertilisants solides disponibles en agriculture biologique, ainsi que leurs avantages et inconvénients, est présentée dans les Tableaux 7.6, 7.7, 7.8.

Tableau 7.6. Produits à base de compost ou de fumier.

Compost de ferme (mélange fumier + végétaux)	
Avantages	Défis et inconvénients
Coût faible. Contrôle sur les composants. Apport en microorganismes bénéfiques et en humus.	Nécessite des équipements, des techniques et de la manutention. Variabilité du produit, qui sera à caractériser. Disponibilité de l'azote moyenne à faible selon le niveau de maturité du compost (10 à 30 %). Procédures et suivis (normes bio, réglementation)
Compost commercial	
Produit standardisé et normalisé (BNQ). Apport en microorganismes bénéfiques et en humus.	Prix élevé. Disponibilité de l'azote faible (10 à 30 %). Disponibilité et frais de livraison.
Compost de vers de terre	
Apport en microorganismes bénéfiques et en humus. Bonne disponibilité des éléments nutritifs.	Prix élevé. Disponibilité du produit.
Fumier frais	
Vitesse de minéralisation de l'azote variable.	Conformité aux normes biologiques. Transport, manutention et application. Délais avant la récolte à respecter pour les fumiers selon les normes bio (application 90 à 120 jours avant la récolte). Pourrait nécessiter un PAEF (Plan agroenvironnemental de fertilisation) et un bilan de phosphore.
Fiente de poule granulée (traitement thermique ou composté) (Exemples de produits : Actisol 5-3-2, Ecolo-nature 5-6-3, Nutri-Wave Organic 4-1-2)	
Économique (9 à 12 \$ kg/N). Azote disponible rapidement. Contenu en calcium 7 à 9 %. Manutention et application facile.	Contenu en sodium élevé : risque de brûlure sur les jeunes plants. Aucun apport en microorganisme bénéfique ni de précurseur d'humus.

Adapté de [Legault \(2018\)](#)

Tableau 7.7. Engrais solide à plus de 2 % d'azote.

Produit	Analyse typique	Caractéristiques
Farine de plume Farine de sang	13-0-0 12-0-0 11-0-0 C/N : 3 - 4	Minéralisation rapide (80-90 %). Farine insoluble ou granules. Application mécanisée des farines difficile.
Farine d'os	2-14-0 4-10-0	Azote : minéralisation lente à moyenne. Source de phosphore organique.
Farine de crabe et de crevette	4 ou 6 % de N Apport en P et Ca C/N : 5	Farine insoluble. Minéralisation de l'azote : moyenne. Contenu en sodium élevé. Apport de chitosane (biostimulant).
Farine de luzerne	3-0-3 3-0-2 C/N : 14-16	Minéralisation de l'azote : moyenne à lente Stimulant de vie microbienne et vers de terre Biostimulant (triaccontanol).
Algues (farine ou poudre)	0 à 1 % N Potassium élevé	Coûteux pour le contenu fertilisant. Biostimulant.
Tourteau de soya bio	7-2-1	Minéralisation de l'azote : lente à moyenne. Farine insoluble.
Drêche de brasserie bio	Analyse variable	Disponibilité et analyse variable. Ne peut pas être épandu directement au champ, doit être composté. Teneur en azote intéressante.
Gluten de maïs (non-OGM)	10-0-0	Antigerminatif. Minéralisation de l'azote : moyenne.
Mélanges d'engrais organiques	Variable entre 6 et 10 % de N	Sous forme de granules ou de poudre Divers ingrédients : farine de plume ou de sang, certains produits sans sous-produits animaux.

Adapté de [Legault \(2018\)](#)

Tableau 7.8. Produits fertilisants P, K, Mg et Ca.

Source de Phosphore (P)		
Substance	Disponibilité du phosphore	Caractéristiques
Phosphate de roche (0-3-0)	Dépend de la finesse de mouture et de la qualité de la roche.	Application au sol. Utiliser pour de l'enrichissement à long terme (libération lente). Source non renouvelable.
Phosphate de roche micronisé (0-3-0)	Un faible pourcentage du phosphore est disponible rapidement, le reste à long terme.	Application au sol. Très coûteux par unité de phosphore. Source non renouvelable. Permet l'application dans l'eau (suspension).
Farine d'os	2-14-0, 4-10-0	Idem au tableau 7.7.
Fientes de poules granulées	5-3-2, 5-6-3, 4-1-2, 5-5-3, 4-4-2, 3-4-3	Idem au tableau 7.6.

Source de Potassium (K)		
Substance	Analyse K ₂ O (%)	Caractéristiques
Chlorure de potassium	60 %	Granulaire, soluble, rapidement disponible, application au sol. Index de salinité plus élevé que le sulfate de K. Moins cher que le sulfate de potassium. À base de chlore, donc indésirable à long terme pour les microorganismes du sol. Certaines cultures sont sensibles au Cl.
Sulfate de potassium	50-52 %	Granulaire ou poudre soluble, application au sol ou en fertigation. Rapidement disponible. Plus cher que le chlorure de potassium, mais la formulation soluble se dissout mieux dans l'eau.
Sulfate de potassium et magnésium (Sul-Po-Mag)	22 % (11-18 % Mg)	Granulaire, rapidement disponible. Application au sol Apport en magnésium.
Source de magnésium (Mg)		
Substance	Analyse Mg (%)	Caractéristiques
Chaux magnésienne	Variable selon les sources.	Économique.
Chaux dolomitique	Autour de 10 % de Mg	Bonne disponibilité du Mg. Favorise l'augmentation du pH.
Sulfate de magnésium (sel d'Epsom)	10 % Mg	Source naturelle ou synthétique permise en bio. Très soluble, rapidement disponible. Application foliaire, en fertigation ou au sol.
Sulfate de potassium et magnésium (Sul-Po-Mag)	11 à 18 % Mg	Granulaire Application au sol Bonne disponibilité des éléments nutritifs
Source de Calcium (Ca)		
Substance	Analyse typique	Caractéristiques
Chaux calcique	30 à 40 % Ca 0 à 5 % Mg	Économique, action rapide. Augmentation du pH.
Gypse naturel (sulfate de calcium)	22 % Ca 18 % S	Action rapide. Pas d'effet sur le pH.
Fumiers de volaille	7 à 9 %	Apport simultané en N-P-K, Ca.
Sous-produits marins	20 à 40 % Ca	Sources de nombreux oligo-éléments.
Cendres de bois	Variable	Augmentation rapide du pH. Riche en Mn ; peut causer un excès de zinc, cuivre, cadmium.
Chlorure de calcium (liquide)	27-33 % Ca	Autorisé en bio : sources non synthétiques et de grade alimentaire. Application foliaire ou fertigation.

Adapté de [Legault \(2018\)](#)

Il existe également sur le marché une grande diversité d'engrais solubles composés, d'origine animale ou végétale, mais qui sont très peu utilisés, car ils sont coûteux (de 50 à 500 \$/kg d'azote). La solubilité de ces produits est également variable, donc ils ne sont pas tous facilement utilisables à travers un système goutte-à-goutte. L'utilisation d'un filtre de 150 à 200 microns est requise après le système d'injection et un rinçage des lignes d'irrigation est recommandé à la fin de chaque fertigation.

CHAPITRE 8. Irrigation, paillis et couvre-sol

IRRIGATION	157
IMPORTANCE ET RÔLE	157
QUALITÉ DE L'EAU	157
Contaminations et mesures à prendre	157
Caractéristiques physico-chimiques	158
CHOIX DU SYSTÈME D'IRRIGATION	160
CONCEPTION DU SYSTÈME	160
ÉVALUATION DES BESOINS EN EAU	162
Rayonnement global	163
Méthode de calcul avec équation	163
Méthode de calcul simplifié	164
Bilan hydrique	165
CONSIGNES D'IRRIGATION	166
Réserve en eau facilement utilisable (RFU)	167
Les quatre phases d'irrigation	167
Comment établir une stratégie d'irrigation en fonction de l'interaction sol-plante ?.....	167
SUIVI	168
Tensiomètres	169
Profils de sol	171
CONCLUSION	172
PAILLIS ET COUVRE-SOL	173
INTRODUCTION	173
PLASTIQUE NOIR OU BLANC ?	174
PLASTIQUE TRANSPARENT ET DE COULEUR	174
PAILLIS COMPOSTABLES	175
PAILLIS VÉGÉTAUX	177

IRRIGATION

IMPORTANTANCE ET RÔLE

L'irrigation sous abris, joue un rôle prédominant sur les rendements et la qualité des récoltes. Le goût, la quantité de matière sèche et la fermeté d'un légume seront influencés par l'irrigation. Dans le cas de la tomate par exemple, la stratégie d'irrigation peut nuire à l'équilibre du plant et favoriser soit le caractère végétatif (sol trop humide) ou le caractère reproductif (sol trop sec). Même si les apports en fertilisation sont suffisants, si le sol est trop sec, les éléments minéraux ne seront pas accessibles à la plante. Les engrais organiques ont particulièrement besoin d'un bon niveau d'humidité pour être minéralisés et ainsi devenir disponibles. Une irrigation insuffisante peut aussi entraîner l'accumulation de sels dans la zone racinaire, ce qui est néfaste pour les cultures. À l'opposé, si la quantité d'eau apportée est trop importante, il y a risque de lessivage des éléments fertilisants. De plus, un sol trop mouillé peut entraîner l'asphyxie racinaire en réduisant l'espace disponible pour l'air au niveau des particules de sol, ce qui affecte aussi négativement l'activité microbienne du sol.

Sous abri, les apports en eau proviennent principalement de l'eau d'irrigation et non de la pluie. Par conséquent, le système d'irrigation sera fortement sollicité avec des apports plus fréquents, des durées plus courtes et des volumes d'eau plus élevés qu'en plein champ. Avec les changements climatiques, il devient de plus en plus fréquent d'observer des épisodes prolongés de sécheresse pendant l'été, la quantité d'eau disponible devenant alors préoccupante. Ainsi, on ne peut plus ignorer que l'eau est précieuse, ne doit pas être gaspillée et peut venir à manquer.

QUALITÉ DE L'EAU

Avant d'implanter un abri, la quantité et la qualité d'eau disponibles pour l'irrigation doivent être évaluées. Les critères de qualité portent sur des caractéristiques physiques, chimiques et microbiologiques. Des laboratoires spécialisés effectuent ces analyses, ce qui permet d'établir que l'eau est adéquate pour l'irrigation et ne contient pas de pathogènes dangereux pour la santé humaine. Les caractéristiques biologiques tiennent compte des bactéries, incluant les coliformes totaux et fécaux (dont E. coli). Ces bactéries sont plus problématiques dans les eaux de surface (étang, lac, rivières), mais leur présence est parfois observée dans l'eau des puits artésiens peu profonds.

Contaminations et mesures à prendre

Une eau contaminée par des bactéries nocives pour la santé humaine ne pourra pas être utilisée pour le lavage des légumes. Cette situation est également à prendre au sérieux pour l'irrigation par aspersion. Bien que la majorité des bactéries soit détruite sur les plants lors de leur exposition aux rayons UV, un risque de contamination demeure. En irrigation par goutte-à-goutte, ce risque est grandement réduit, mais ne doit pas être ignoré.

Lorsque l'eau est prise à même la rivière ou un étang d'irrigation sur la ferme, il y a également un risque de contamination par les pesticides et par certaines bactéries phytopathogènes, telle la bactérie responsable du chancre bactérien. Afin d'évaluer ce type de risque, la provenance de l'eau en amont pourra être vérifiée. L'utilisation d'un aérateur d'étang permet de diminuer les populations de bactéries et la présence d'algue. En cas de contamination d'un puits par des bactéries, il est possible de nettoyer le système à l'aide de produits chlorés. Un document disponible sur le site du Ministère de l'Environnement du Québec offre de l'information sur la qualité de l'eau d'un puits et sa décontamination ([MELCCQ, 2019](#)).

Caractéristiques physico-chimiques

Sous abri, ce sont les caractéristiques physico-chimiques de l'eau d'irrigation qui causent le plus fréquemment des problèmes. Les critères servant à établir la qualité d'une eau destinée à l'irrigation tiennent compte des matières organiques ou inorganiques en suspension et de la concentration en éléments minéraux qui vont affecter le pH, la salinité et la dureté de l'eau. Le tableau qui suit rend compte des normes concernant les paramètres physico-chimiques d'une eau d'irrigation :

Tableau 8.1. Paramètres physico-chimiques d'une eau d'irrigation

Paramètres	Concentration acceptable	Concentration maximale
Alcalinité (CaCO ₃) ppm	1 à 100	200
Aluminium (Al ³⁺) ppm	0 à 5	
Bicarbonate (HCO ₃ ⁻) ppm	30 à 50	150
Bore (B) ppm	0,2 à 0,5	0,8
Calcium (Ca ²⁺) ppm	40 à 120	
Chlore (Cl ⁻) ppm	0 à 100	140
Cuivre (Cu ²⁺) ppm	0,08 à 0,15	0,2
Fluor (F ⁻) ppm	0	1
Fer (Fe ³⁺) ppm	1 à 2	5
Magnésium (Mg ²⁺) ppm	6 à 25	
Manganèse (Mn ²⁺) ppm	0,2 à 0,7	2
Molybdène (Mo) ppm	0,02 à 0,05	0,07
Zinc (Zn ²⁺) ppm	0,1 à 0,2	2
Potassium (K ⁺) ppm	0,5 à 5	
Sodium (Na ⁺) ppm	0 à 30	50
Sulfate (SO ₄ ²⁻) ppm	24 à 240	
Matière dissoute totale ppm	70 à 700	875
Salinité (mS/cm)	1 à 1,5	
pH	5 à 7	
Ratio d'absorption du sodium (R.A.S.)	0 à 6	Entre 6 et 9, suivre le niveau de sodium dans le sol. Ne doit pas dépasser 9.

Adapté de : [Couture, 2004](#). Beaulieu et coll, 2003. et H.G. Peterson 1999. Water quality and Micro-irrigation for horticulture. Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Pour plus d'informations sur les normes physico-chimiques et biologiques d'une eau d'irrigation, se référer aux documents suivants :

- Analyse d'eau pour fin d'irrigation ([Couture, 2004](#))
- Principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau en micro-irrigation ([Couture, 2018](#))
- Gestion raisonnée de l'irrigation : guide technique (Boivin et coll., 2018).

Dans le présent guide, l'emphase sera mise sur les problématiques les plus fréquentes soit le pH, la salinité et la dureté.

pH

L'alcalinité et le pH de l'eau sont deux notions distinctes en chimie. Le pH est fonction des ions hydrogène (H⁺) alors que l'alcalinité est en lien avec les bicarbonates, les carbonates et les hydroxydes. L'alcalinité de l'eau est exprimée en ppm (parties par million) de carbonate de calcium (CaCO₃) et indique sa capacité à neutraliser les acides. Ce sera un indicateur de la facilité à diminuer le pH (pouvoir tampon) et influencera davantage le pH du sol en cours de culture.

Dans le cas d'une eau dont le pH est trop élevé, il sera possible d'ajouter en continu des acides autorisés en production biologique tels que l'acide citrique ou acétique. Cette technique simple et peu coûteuse va apporter une correction spontanée du pH. La fiche *Acides, engrais et mystères...* disponible sur Agri-Réseau fournit plus d'informations sur l'acidification de l'eau d'irrigation ([Lambert, 2000](#)).

Salinité

Sous abri permanent, l'irrigation avec une eau saline est très problématique étant donné que le sol n'est pas soumis au lessivage par l'eau de pluie. Sous une structure amovible ou en plein champ, la situation, bien que moins préoccupante, devra aussi être évaluée. La salinité de l'eau est fonction de plusieurs sels (Ca, Mg, K, Na, Cl, SO⁴, HCO₃, etc.). Elle peut être mesurée à la ferme avec un conductivimètre ou par l'entremise d'un laboratoire spécialisé. Un conductivimètre quantifie la teneur en ions dissous dans l'eau d'irrigation, sans identifier quels sels sont présents dans la solution. L'analyse réalisée par un laboratoire permet d'identifier et de quantifier les éléments responsables de la salinité. De tous les sels, le sodium (Na) est le plus problématique, car il peut affecter la structure du sol et la capacité de la plante à absorber l'eau. Si le sodium se trouve en trop grande quantité par rapport au calcium et au magnésium, l'eau peut être impropre à l'irrigation. Ce ratio est appelé le ratio d'absorption du sodium (R.A.S.) et peut être calculé à l'aide de la formule suivante : (en meq/l).

$$R.A.S. = \frac{Na}{\sqrt{(Ca^{2+} + Mg^{2+}) \div 2}}$$

On considère généralement qu'une eau avec un R.A.S. de moins de 6 est rarement problématique alors qu'une eau supérieure à 9 ne devrait pas être utilisée pour l'irrigation sans avoir subi un traitement. Pour une eau dont le R.A.S. se situe entre 4 et 9, on tiendra compte de plusieurs facteurs afin d'évaluer le niveau de risque et les mesures à prendre, dont un suivi rigoureux de la conductivité, le choix de la culture et les pratiques d'irrigation

L'évolution des sols et leur origine influencent la salinité de l'eau. Ainsi, en Montérégie, en Outaouais et le long du fleuve Saint-Laurent, les reliquats de la mer de Champlain font en sorte que dans certains secteurs, l'eau souterraine peut contenir beaucoup de sels minéraux et des niveaux excessifs de sodium. Lorsque l'eau est saline ou que les risques de salinité sont trop élevés, les options possibles sont soit de rechercher une nouvelle source d'eau d'irrigation, ou d'utiliser un système à osmose inversé ou de filtration, ces deux dernières options étant coûteuses. Si l'on choisit tout de même d'utiliser une eau avec une salinité élevée, cela comporte des risques et il faudra privilégier des cultures tolérantes à la salinité. Il sera alors impératif de faire un suivi serré de l'évolution de la conductivité et du niveau de sodium du sol.

Sous abri, même en l'absence de problématique de salinité, il est recommandé d'apporter environ 10 % de plus d'eau que les besoins de la plante. Ceci permet d'éviter l'accumulation dans le sol des sels apportés par l'eau d'irrigation ou par les fertilisants.

Dureté

La dureté fait référence à la quantité de calcium et de magnésium contenus dans l'eau. Une eau dure n'est pas dommageable comme telle pour les cultures. Au contraire, cette eau riche en calcium aide le sol à conserver une bonne structure par la formation de ponts calciques. Toutefois, une eau dure augmente les risques de colmatage du système d'irrigation. L'ajout d'acide aide à réduire ces risques, mais pour être efficace, l'apport d'acide doit se faire en continu dans le système, étant donné que l'effet n'est pas durable. Dans tous les cas, il est recommandé de changer les lignes de goutte-à-goutte chaque année afin d'éviter les problèmes de colmatage.

CHOIX DU SYSTÈME D'IRRIGATION

Il existe deux types de systèmes d'irrigation : le système goutte-à-goutte et le système par aspersion suspendue ou sur tige. Chaque système possède des avantages et des inconvénients qui doivent être pris en compte selon les espèces légumières et les techniques culturales. À priori, un système goutte-à-goutte permet une économie d'eau et est incontournable en plasticulture ou pour fertiger. De plus, il ne mouille pas le feuillage, ce qui réduit l'incidence des maladies. Pour la culture de la tomate et du poivron sous abri, l'irrigation par goutte-à-goutte est la norme, car ce sont des cultures en hauteur très vulnérables aux maladies de feuillage.

Un système d'irrigation par aspersion, quant à lui, sera plus efficace pour humecter la surface d'une planche au complet lors des semis directs (carottes, betteraves, mesclun, etc.). Il peut également être utilisé comme méthode de protection contre le gel ou pour augmenter l'humidité ambiante.

CONCEPTION DU SYSTÈME

Quel que soit le type de système retenu, la première étape consiste à évaluer les besoins totaux des cultures pour la saison et les besoins maximaux d'une journée en période de pointe (canicule, luminosité élevée). On pourra ainsi évaluer si la quantité d'eau disponible est

suffisante ainsi que la capacité requise du système. Puisque les tomates et les poivrons sont des cultures qui bénéficient davantage d'un système d'irrigation goutte-à-goutte, ce modèle servira de référence.

La conception d'un système d'irrigation, le calcul des besoins en eau et le suivi de l'irrigation font appel à des connaissances et des expertises spécialisées. Il est fortement recommandé de travailler en collaboration avec un agronome ou un spécialiste en irrigation pour chacune de ces étapes.

Voici des éléments d'ordre technique à considérer avant de procéder au choix du système d'irrigation :

- La culture et la période de production ;
- La superficie irriguée ;
- Les besoins totaux pour la saison ;
- Les besoins maximaux d'une journée en période de pointe ;
- La distance du site de production par rapport à la source d'eau ;
- La longueur et le nombre de lignes ;
- Le degré de dénivelé entre la source d'eau, le début et la fin des lignes ;
- Le type de sol (sable, loam, argile).

En dressant un portrait de la situation, il sera possible d'établir la pression d'opération minimale nécessaire afin de choisir le bon type de pompe et de tubulures ainsi que les besoins pour un régulateur de pression, un filtre et d'autres composantes.

Combien de lignes de goutte-à-goutte doit-on installer par butte ou par rang, et à quelle distance ? Les caractéristiques physiques du sol tel que la texture et la structure, auront un impact sur la largeur et le patron de mouillage de l'eau autour d'un goutteur, de même qu'entre les lignes de goutte-à-goutte. Quant à la distance entre chaque goutteur, elle dépendra principalement du type de sol, mais aussi des cultures en place. Ainsi, dans un sol sableux, les goutteurs seront plus rapprochés et les lignes de goutte-à-goutte plus nombreuses que dans un sol argileux où le taux d'infiltration est supérieur (Tableau 8.2.). Dans tous les cas, l'objectif sera d'avoir une zone de mouillage uniforme sur toute la plate-bande de culture afin d'éviter des bulbes d'humectation en forme de colonne étroite (Figure 8.1).

Tableau 8.2. Texture et taux d'infiltration

Texture du sol	Taux d'infiltration (mm/h)
Sable grossier	19-25
Sable fin	13-19
Sable fin et loameux	9-13
Loam limoneux	6-10
Argile limoneuse	3-8
Argile lourde	< 3

Source Boivin et coll. (2018), p.17. adapté de Goorahoo et coll. (2011).

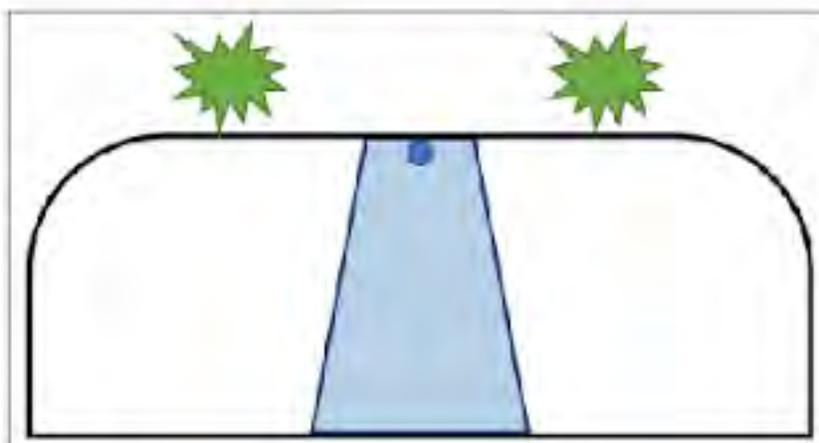


Figure 8.1. Bulbe d'humectation trop étroit d'une ligne de goutte-à-goutte sur une planche à deux rangs de culture
Source : Boivin et coll. (2018), p. 123

Pour la tomate et le poivron sous tunnel chenille, il est habituellement recommandé d'installer de 2 à 3 lignes de goutte-à-goutte par planche, selon le type de sol et la densité de plantation. Dans les serres chauffées trois saisons, la période de production est plus longue, les plants sont souvent greffés, le système racinaire est très développé et les rendements sont élevés. Les périodes d'irrigations sont souvent plus fréquentes et courtes. Il est habituellement recommandé d'installer de 3 à 5 lignes de goutte-à-goutte par planche.

En début de saison et en cours de production, la pression des lignes ainsi que le débit et le bon fonctionnement des goutteurs doivent être vérifiés. Sous abri, étant donné que le système d'irrigation est fortement sollicité, on recommande de changer les lignes de goutte-à-goutte à chaque début de saison.

Des informations concernant le diagnostic d'uniformité des systèmes d'irrigation par goutte-à-goutte sont disponibles dans le *Guide d'irrigation – Gestion raisonnée de l'irrigation* du CRAAQ, 2018, aux pages 265 à 274 (Boivin et coll., 2018).

ÉVALUATION DES BESOINS EN EAU

Les besoins en eau varient en cours de saison, selon le type d'abri, la culture et son stade physiologique, la profondeur d'enracinement, le type de sol et le climat (surtout la luminosité, la chaleur, l'humidité). Ainsi, les besoins en irrigation sont en lien avec les besoins intrinsèques de la plante, qui sont modulés selon le stade de croissance, l'environnement climatique et le type de sol. Dans le cas des tunnels, l'eau de pluie peut créer des zones d'humidité variables étant donné l'absence de drain, en pénétrant par les ouvertures de côté et par déplacement latéral en périphérie de la structure. Ceci fera varier les besoins en eau sur les plates-bandes de côté et celle du milieu. Il faudra en tenir compte dans l'évaluation du système d'irrigation à mettre en place.

Comment évaluer les besoins en eau pour une culture donnée, sans tomber dans les excès ou les déficits en irrigation ? Plusieurs méthodes existent dont, la méthode empirique (toucher du sol, tarière, etc.), le bilan hydrique et l'évaluation en fonction du rayonnement global (RG) à l'aide d'un pyranomètre (appareil qui mesure le rayonnement solaire) ou à partir de données extraites des stations météo. Nous proposons une approche hybride qui consiste d'abord à faire une évaluation des besoins en eau par la méthode du rayonnement global (RG), ou par celle du bilan hydrique. Cette évaluation servira d'hypothèse de départ, qui pourra être confirmée ou ajustée par la suite tout au long de la saison, notamment à l'aide d'outils (tensiomètre, sonde TDR, etc.), du toucher de l'humidité du sol et de la réalisation de profils d'irrigation.

Rayonnement global

En serre, la méthode du rayonnement global permet de faire l'évaluation des besoins en eau de la plante au cours d'une journée. Ceci tient compte de la relation directe entre la transpiration de la plante et le rayonnement solaire. La transpiration est responsable de 90 % de l'eau consommée par le plant de tomate (Turcotte et coll., 2015).

Méthode de calcul avec équation

La méthode de pilotage de l'irrigation par le rayonnement global est basée sur la formule suivante :

ET abri = besoin en eau en mm ou en $L/m^2 = 0,67 \times RG \times Kp \times Kc/L$

- ET abri = évapotranspiration sous abris en mm ou en L/m^2 ;
- RG = rayonnement global (en Joules/cm²) mesuré grâce au pyranomètre ;
- 0,67 = l'énergie active pour l'évapotranspiration par rapport au total reçu (environ 67 %) ;
- Kp = coefficient de transmission de la paroi (max 87 % pour un polyéthylène simple et 75 % pour un polyéthylène double) ([Berger et Brazeau, 2018](#)).
- Kc = coefficient cultural (Figures 8.2 et 8.3) ;
- L = constante égale à 251 Joules/cm² qui correspond à la chaleur latente de vaporisation de l'eau.

Le rayonnement global doit être idéalement mesuré sur le site de production à l'aide d'un pyranomètre. Toutefois, il est également possible de trouver le RG potentiel par municipalité sur le site d'[Agrométéo](#) et par le biais du Réseau d'avertissement phytosanitaire pour les légumes en serre ([Agri-Réseau](#)). Les Figures 8.2 et 8.3 sont des exemples de coefficients culturaux (Kc) utilisés en France pour la tomate et le poivron. La littérature scientifique et les ouvrages de référence proposent différentes valeurs de Kc selon la plante cultivée et le stade de développement. Ces valeurs ont généralement été déterminées dans des conditions climatiques différentes de celles du Québec. Il est donc important que ces Kc soient validés dans les conditions culturelles du Québec.

COEFFICIENT CULTURAL  TOMATE

Plantation	Reprise	0,2
Reprise	Floraison 3 ^{ième} bouquet	0,6
Floraison 3 ^{ième} bouquet	Mi-récolte	0,9
Mi-récolte	Fin culture	0,7

Figure 8.2. Exemples de coefficient cultural pour le calcul des besoins en eau de la tomate - Source : ARDEPI (non daté b)

COEFFICIENT CULTURAL  POIVRON

Plantation	Début Floraison	0,5
Début Floraison	Croissance 3 ^{ième} étage	0,6
Croissance 3 ^{ième} étage	Mi-récolte	0,7
Mi-récolte	Fin récolte	0,6

Figure 8.3. Exemples de coefficient cultural pour le calcul des besoins en eau du poivron - Source : ARDEPI (non daté a)

Par exemple, pour une journée de 2 500 Joules/cm² (RG d'une journée ensoleillée de juillet-août), une culture de tomates matures en récolte sous abri de plastique simple devrait consommer environ 5,23 litres d'eau/m² par jour :

$$0,67 \text{ mm} \times 2500 \text{ Joules/cm}^2 \times 0,87 \times 0,9 / 251 \text{ Joules/cm}^2 = 5,23 \text{ mm ou } 5,23 \text{ L/m}^2$$

Considérant que 1 mm = 1 L/m², il faudra donc apporter 5,75 L/m² en tenant compte du 10 % de lessivage.

Méthode de calcul simplifié

Cette méthode simplifiée de calcul des besoins en eau selon le RG est généralement acceptée malgré certaines imprécisions. Pour les cultures tuteurées telles que la tomate et le poivron, la règle simplifiée est la suivante : la consommation (ml/m²) serait égale à environ 2,0 à 2,5 fois le

RG ([Turcotte et coll., 2015](#))⁷. C'est donc dire que, pour une journée de 2 500 Joules/cm, une culture de tomates mature en serre devrait consommer environ 5,0 litres d'eau/m² par jour :

$$2\,500 \text{ J/cm}^2 \times 2 \text{ ml/m}^2/\text{joule/cm}^2 = 5\,000 \text{ ml/m}^2 \text{ ou } 5 \text{ L/m}^2$$

Il faudra donc apporter 5,5 L/m² en tenant compte du 10 % de lessivage.

Ainsi, le RG nous permet d'évaluer le besoin d'eau par mètre carré. Selon la superficie de l'abri, il est donc possible de connaître le volume total requis pour la journée. Par exemple, pour une serre dont la culture couvre 270 m², la quantité d'eau requise pour une journée de 2 500 joules/cm² de RG sera de 1 553 litres avec la méthode de l'équation, tandis qu'elle sera de 1485-1856 litres avec la méthode de calcul simplifié. Quant à la durée totale de l'irrigation dans une journée, elle dépendra du débit de chaque système d'irrigation.

Le RG fournit un volume d'eau par jour, mais la fréquence et la durée de chaque période d'irrigation restent à établir. Le nombre de périodes d'irrigation, leur intervalle et leur durée dépendront du type de sol, de la météo et des facteurs propres à chaque site. L'eau doit être disponible en quantité suffisante et apportée aux moments où les plantes en ont besoin. Nous reviendrons sur cet aspect dans la section sur les consignes d'irrigation.

Par ailleurs, les deux méthodes de calcul basées sur le RG ont été développées pour des conditions de croissance optimales. Lorsque ce n'est pas le cas, par exemple lors d'un déficit hydrique de l'air, des racines en mauvais états, une CE trop élevée, etc., il faudra en tenir compte. Étant donné que plusieurs facteurs influencent la transpiration de la plante et par conséquent les besoins en eau, la validation sur le terrain demeure essentielle.

Bilan hydrique

Dans le présent chapitre, il sera présenté uniquement une partie de la démarche du bilan hydrique, soit le calcul de l'évapotranspiration (ET), ce qui nous permettra d'évaluer les besoins en eau pour une journée. La démarche complète du bilan hydrique prend en compte la capacité de rétention du sol, la profondeur d'enracinement, le coefficient cultural (Kc), l'évapotranspiration (ET) et le coefficient de disponibilité de la culture. Pour effectuer un bilan hydrique complet, il est recommandé de contacter un conseiller spécialisé en irrigation. Le *Guide technique — Gestion raisonnée de l'irrigation* (Boivin et coll., 2018) rassemble également beaucoup d'informations à ce sujet.

Selon certaines hypothèses, l'évapotranspiration (ET) des plants sous abris équivaldrait environ à 80 % de celle en champ (Calcet et Mazollier, 2016) et (Bergeron, 2012). Par contre, les besoins en irrigation seront plus élevés sous abri en raison de l'absence totale de précipitations et de l'augmentation des rendements. Les données concernant l'ET potentielle (ET_p) sont disponibles sur le site d'[Agrométéo](#). Prenons l'exemple de la tomate à son développement maximal, à la récolte, soit un Kc de 0,9 (Figure 8.2), pour une journée ensoleillée de juillet en Montérégie Ouest avec un ET potentielle de 5,9 mm/jr en champ (Agrométéo).

⁷ Les valeurs peuvent varier de 2 à 2,5 fois le rayonnement global, selon le type de matériel de la structure et la météo notamment.

Exemple de calcul pour déterminer les besoins journaliers en eau avec l'estimation de l'ET :

ET de la culture sous abris = ET potentielle en champ x 80 % (rapport ET sous abris) x Kc =
5,9 mm/jour x 80 % x 0,9 = 4,2 mm d'eau/jour ou 4,2 L/m² par jour

Une culture de tomate à ce stade et à ce moment de l'année aurait donc besoin de 4,2 mm d'eau/jour/plant, soit 4,2 L/m² par jour. Il faudra donc apporter 4,6 L/m² par jour en tenant compte du 10 % de lessivage. Pour compléter le bilan hydrique, il faudra prendre en considération la zone d'exploitation des racines et la capacité de rétention en eau du sol.

CONSIGNES D'IRRIGATION

L'irrigation sous abri se distingue de celle pratiquée au champ en ce sens qu'elle devrait être optimale tout au long de la journée. Il est aussi recommandé de couvrir le sol avec une bâche ou un plastique en tout temps afin de réduire l'évaporation de l'eau du sol et éviter la remontée des sels en surface. Du plus, ceci favorisera une humidité du sol plus constante et la fertilisation de surface se minéralisera mieux.

Une fois le besoin journalier établi que ce soit avec une estimation de l'ET ou à partir du RG, on ajoute un 10 % aux besoins afin de diminuer les risques de salinité (perte au lessivage mentionnée précédemment) et un autre 10 % afin de prendre en considération l'efficacité du système goutte-à-goutte (efficacité estimée à 90 %). Par la suite, on détermine les consignes d'irrigation, c'est-à-dire le début et la durée de chaque séquence. Les notions qui suivent peuvent servir de balises.

La réserve d'eau à laquelle la plante a accès dépend de la capacité de rétention du sol, c'est-à-dire la quantité d'eau que peut retenir un sol, et du volume de sol accessible aux racines. Chaque type de sol a un **potentiel matriciel** qui lui est propre, en lien avec sa texture. Ce potentiel est une « force » qui retient l'eau aux particules de sol. C'est ce potentiel matriciel qui est mesuré par les tensiomètres. Un sable, par exemple, retient beaucoup moins l'eau qu'une argile. Si le sol a une grande proportion de gravier ou de roche, soit des particules de sol plus grandes que 2 mm, la capacité de rétention et le taux d'absorption en seront modifiés et il faudra en tenir compte.

Certaines pratiques agricoles vont modifier la capacité de rétention en eau d'un sol. C'est le cas par exemple, de l'ajout de matières organiques tel que le compost. De plus, une zone compactée affectera la distribution de l'eau dans le profil et pourrait engendrer une section de sol constamment humide au-dessus de la compaction. Cette situation est assez fréquente en serre étant donné l'utilisation fréquente du rotoculteur ainsi que l'absence d'outil de décompactation ou de travail de sol en profondeur.

La structure et la texture du sol exercent une grande influence sur le déplacement et le taux d'absorption de l'eau. En sol sableux, il est généralement préférable d'irriguer à dose modérée, mais avec une plus grande fréquence, dans le but d'éviter les pertes d'eau en profondeur. En sol

argileux on préférera habituellement des irrigations plus abondantes, mais moins fréquentes. En général, la majorité des racines des plants de tomates et de poivrons se retrouvent dans les 30 à 35 premiers centimètres de sol. La durée optimale d'un épisode d'irrigation devrait fournir un apport en eau qui ne dépasse pas la limite inférieure du système racinaire de la culture. L'eau qui percole plus bas que la zone racinaire devient inaccessible à la culture et, généralement, emporte avec elle des éléments nutritifs qui auraient été utiles à la plante (Boivin et coll., 2018).

Enfin, lorsque le système d'irrigation n'est pas compensateur et antifuite, il n'est pas recommandé d'irriguer pour des périodes trop courtes, car il faut assurer une uniformité de la pression dans le système.

Réserve en eau facilement utilisable (RFU)

Une partie seulement de l'eau du sol est facilement utilisable par la plante, c'est la réserve en eau facilement utilisable (RFU). Chaque sol possède des caractéristiques en lien avec la capacité pour une plante d'en extraire l'eau avant de subir un stress hydrique. La RFU de chaque sol est calculée en soustrayant la teneur en eau à la capacité au champ (CC) de la teneur en eau au point tournant (PT) (Boivin et coll., 2018). La CC et le PT peuvent être déterminés à l'aide de tensiomètres, ce qui servira de référence pour déclencher les irrigations. Les tensiomètres mesurent le potentiel matriciel en kilopascals (kPa), c'est-à-dire la « force » qui retient l'eau au sol (1 kPa = 1 psi). Exemple de calcul de la RFU :

Supposons que, pour un loam donné, le tensiomètre indique 3 kPa à la CC et que le PT se situe entre 15 et 20 kPa.

La RFU serait donc aux alentours de 12 à 17 kPa sur le tensiomètre ($20\text{kPa} - 3\text{kPa} = 17\text{kPa}$).

Les quatre phases d'irrigation

Comment établir une stratégie d'irrigation en fonction de l'interaction sol-plante ?

En méthode de production avec un substrat de culture (mélange de terreau à base de tourbe, écorce, fibre de coco et autres composantes), on distingue quatre phases d'irrigation : la période de remouillage, la période active, la période de ressuyage et la période de nuit. Il est possible et utile de faire des parallèles avec la culture en plein sol.

La première période, appelée remouillage, correspond à la saturation du substrat, suivie de la période active pendant laquelle la majeure partie de l'irrigation s'effectue. Par la suite survient la période de ressuyage lorsque le statut hydrique du substrat est graduellement diminué. Finalement, le cycle se termine par la période de nuit avec un substrat qui s'assèche un peu.

La **période de remouillage** débute lorsque la plante a commencé à transpirer, de 2 à 4 heures après le lever du soleil. Elle ne doit pas débiter trop tôt afin d'éviter les excès d'eau et de pression racinaire. Le début de la période de remouillage varie au cours de l'année et la consigne d'irrigation doit aussi varier pour s'y adapter.

Vient ensuite la **période active**, de 2 à 3 heures avant et après le zénith du soleil. Cette période va aussi varier au cours des saisons et c'est pendant la période active que la plante a le plus besoin d'eau.

La **période de ressuyage** représente la phase des derniers arrosages. Durant cette période, le sol doit contenir suffisamment d'humidité pour attendre les arrosages du matin, tout en ayant une bonne teneur en oxygène. Les derniers arrosages dépendent de l'heure de coucher du soleil et varieront aussi selon qu'il s'agit d'une journée ensoleillée, nuageuse ou pluvieuse. Ainsi, cette période varie de 4 à 6 heures avant le coucher de soleil.

Finalement, la **période de nuit** permet au sol de continuer à s'assécher. Les arrosages de nuit sont à éviter.

Ainsi, des consignes d'irrigation pourront être établies à partir du volume d'eau journalier requis par la plante, en tenant compte des heures de lever et de coucher du soleil et en considérant le type de sol ainsi que le système d'irrigation en place. Étant donné que les périodes d'irrigation sont plus courtes et plus fréquentes sous abri qu'en champ, il est recommandé de fonctionner avec un système minimalement automatisé. Une automatisation complète intègre des consignes de déclenchement et d'arrêt à partir de lectures de tensiomètres ou de pyranomètres. Une automatisation partielle est possible à partir de programmes journaliers d'irrigation préétablis et sélectionnés selon les conditions du site. Les entreprises qui possèdent un système informatisé avec un pyranomètre à proximité du site ou qui utilisent des données météo d'une station représentative pourront déclencher l'irrigation à distance en fonction de l'accumulation de la luminosité. Le déclenchement automatique peut aussi être basé sur les données de tensiomètres en tenant compte des heures de lever et de coucher du soleil. Dans la section sur les tensiomètres, on retrouve un exemple de consignes d'irrigation basées sur les données de tensiomètres. Autrement, plusieurs systèmes minuteurs existent sur le marché (Kwickdial, Rainbird, etc.). Les systèmes Igrow, Hortau, Simplicollect, et Orisha, notamment, permettent l'acquisition de données et le déclenchement de l'irrigation automatisée et/ou à distance.

SUIVI

L'évaluation des besoins en eau par le biais du RG ou du bilan hydrique sert d'hypothèse de départ, mais ne saurait remplacer, en aucun cas, le suivi sur le terrain. Cette validation sera idéalement effectuée à l'aide de tensiomètres ou de sondes TDR et par une confirmation au toucher et un profil de sol.

Le suivi de l'irrigation comprend, bien entendu, l'observation de l'état des plants. Des feuilles roulées ou molles, un manque de turgescence du plant, des fruits qui manquent de fermeté, de la pourriture apicale ou des fruits qui fendillent peuvent être des signes que l'irrigation est défailante ou de la présence de problèmes racinaires, ce qui nécessitera une investigation plus poussée.



Diagnostic d'irrigation

**Témoignage : Frédéric Duhamel, Les Jardins de Tessa
Frelighsburg (Montérégie-Est)**

Un diagnostic de ma gestion de l'irrigation a permis d'ajuster plusieurs pratiques dont, le nombre de goutte-à-goutte par planche, la fréquence et la durée des irrigations sous tunnel. L'utilisation des tensiomètres m'a permis de constater que le patron d'irrigation n'était pas optimal.

En améliorant les pratiques d'irrigation en sol sableux, ceci a permis des gains en rendement obtenus par une meilleure disponibilité de l'eau aux cultures ainsi qu'au niveau de la minéralisation des engrais organiques.

Tensiomètres

Les tensiomètres mesurent un potentiel matriciel, c'est-à-dire la « force » qui retient l'eau au sol (à noter que 1 kPa = 1 psi). Il existe différents types de tensiomètres. Le modèle manuel, plus abordable, est souvent celui utilisé en champ. Quant aux tensiomètres électroniques, ils peuvent transférer directement les données sur un acquiiseur (ordinateur, téléphone cellulaire) ou sur un automate d'irrigation. **Sous tunnel chenille**, la fréquence de l'irrigation par jour est moindre qu'en serre et les tensiomètres manuels sont utiles. **En serre**, comme les périodes d'irrigation sont plus fréquentes et courtes, il est plus difficile de faire un suivi adéquat avec des tensiomètres non automatisés. En effet, il faudrait prendre des lectures avant et après les périodes d'irrigation, plusieurs fois par jour, ce qui est peu réaliste. Les tensiomètres avec des prises de lecture automatisées ont un coût initial considérablement plus élevé et il faut parfois payer pour l'hébergement des données.

Un tensiomètre est constitué d'une tige avec un embout poreux. Les tensiomètres à lecture manuelle sont dotés d'un cadran qui permet de lire la tension.



Figure 8.4. Tensiomètre manuel
 Figure 8.5. Cadran d'un tensiomètre manuel
 Yveline Martin, Club Bio-Action

Pour chaque espèce végétale, on doit prévoir la pose d'un minimum de deux tensiomètres. Un premier tensiomètre de 15 cm sera installé dans la partie supérieure de la masse racinaire et il indiquera le moment approprié pour débuter une irrigation. Un second de 30 à 45 cm sera placé au bas de la masse racinaire et signalera le moment pour mettre fin à l'irrigation, c.-à-d. lorsque l'eau aura rejoint cette profondeur. Il faudra attendre un certain délai après la fin de l'irrigation avant de prendre la lecture du second tensiomètre, le temps nécessaire pour que l'eau descende dans le sol.

Avant de procéder à l'installation d'un tensiomètre, la tige doit être remplie d'eau distillée à laquelle est ajouté un peu d'algicide afin d'éviter la prolifération d'algues. L'algicide est également utile car elle colore légèrement l'eau distillée, ce qui permet de valider la présence d'eau dans toute la tige. Il faut s'assurer qu'il n'y a pas de bulle d'air dans la colonne d'eau, ce qui pourrait fausser les données. Avant l'installation au sol, l'embout poreux du tensiomètre doit être plongé dans l'eau pendant quelques heures.

Lors de l'installation dans le sol, attention à ne pas fissurer le bout poreux. On peut au préalable, faire un trou légèrement plus petit que celui du tensiomètre pour en faciliter l'installation. Il est par la suite important de s'assurer d'un contact étroit du sol autour de l'embout poreux. Une petite quantité d'eau versée autour du tensiomètre améliore le contact avec le sol.

Une fois l'installation effectuée, on procède à l'évaluation de la capacité en champ (CC) du sol. Cette donnée et celle du point tournant (PT) permettront de déterminer le bon moment pour débuter une irrigation. Pour déterminer la CC, un tensiomètre doit être installé dans un sol qu'on sature en eau sur environ 1 mètre carré. Idéalement, cet endroit sera par la suite recouvert d'une bâche, et des mesures seront prises 24 à 48 heures après la saturation (Boivin et coll. 2018 p. 10-11). Dans un sol sableux, la capacité au champ sera atteinte après environ 24 heures et le temps avoisinera 48 heures pour un sol très argileux.

Lorsque la CC est atteinte et que le sol commence à s'assécher, il y aura une évolution lente de la tension matricielle au départ puis plus rapide. Le point tournant (PT) correspond à cette tension à partir de laquelle l'augmentation s'accélère. Le PT permettra d'établir une consigne de départ de l'irrigation. Un système automatisé de relevé des tensions permettra plus facilement de déterminer le PT, ce qui est recommandé en serre. Si le PT ne peut pas être déterminé à l'aide d'un système automatisé, il est possible de démarrer l'irrigation à environ 15 kPa de plus que la CC. Toutefois, il s'agit d'une estimation plus ou moins précise, qui doit être validée par la suite sur le terrain à l'aide du toucher. Voir à ce sujet *Mieux irriguer avec les tensiomètres* (Bergeron et Boivin, 2005).

Exemple de détermination d'un PT, visant à établir une consigne de départ de l'irrigation :

L'irrigation est déclenchée lorsque le tensiomètre le plus court (15 cm) indique 20 kPa (PT). Elle est arrêtée lorsque le tensiomètre le plus court indique 0 kPa et le tensiomètre le plus long (30 cm) réagit à l'apport d'eau (pression qui commence à descendre). Environ une heure après l'irrigation, la tension du tensiomètre le plus long devrait se situer entre la CC et 0 kPa, sauf peut-être dans le cas de problématique de salinité où on tendra à irriguer un peu plus.

Il faudra baliser en tenant compte des heures variables de lever et de coucher du soleil et en précisant que le système ne doit pas déclencher l'irrigation la nuit.

Le bon fonctionnement des tensiomètres doit être surveillé tout au long de la saison. Dans le cas de conditions extrêmes, comme une sécheresse du sol pendant une certaine période, il est possible que l'eau dans la tige du tensiomètre se vide. Si c'est le cas, il risque d'y avoir formation de bulle d'air dans l'eau restante de la tige (souvent sous la réserve), et il faudra l'enlever. En principe, sous abri avec irrigation, de telles conditions ne devraient pas se produire.

Profils de sol

Même avec l'utilisation de tensiomètres, il est incontournable de prendre la pelle une ou deux fois dans la saison et de faire un profil d'environ 45 à 75 cm de profondeur sur la largeur de la butte ou du rang, près des plants. Ce profil permettra de confirmer que le déplacement de l'eau est adéquat et irrigue bien un bon volume de sol, permettant à la masse racinaire de bien se développer et de valider l'emplacement des tensiomètres, le cas échéant. Les Figures 8.6 et 8.7 à la page suivante illustrent des exemples de profils de sol à des fins d'évaluation de l'irrigation et de la masse racinaire.



Figure 8.6. L'eau n'est pas distribuée sur la totalité de la butte
 Figure 8.7. Profil en cours — les racines sont bien distribuées sur la largeur
 Yveline Martin, Club Bio-Action



CONCLUSION

Au niveau de l'irrigation des cultures sous abri, les points majeurs à considérer sont les suivants :

- Concevoir les pratiques d'irrigation différemment de celles en champ étant donné l'absence d'eau de pluie, sans pour autant oublier son entrée par les côtés des tunnels ;
- Dans un premier temps, évaluer la qualité de l'eau. Ensuite, évaluer les besoins totaux en eau pour la saison de production et en période de pointe ;
- Choisir un système d'irrigation en fonction des besoins, des conditions et des contraintes du site. Veiller à son bon fonctionnement tout au long de la saison ;
- Établir les besoins journaliers en eau à l'aide du RG ou de la méthode du bilan hydrique (calcul de l'ET) ;
- Dans les tunnels, la meilleure méthode pour établir les besoins journaliers en eau reste à valider, selon chaque situation ;
- Les besoins en eau varient en fonction du stade physiologique de la plante, de la période de la saison et des conditions (chaleur, humidité, luminosité) ;
- Le début et la fin des périodes d'irrigation doivent notamment reposer sur l'heure du lever et du coucher du soleil ;
- La fréquence et la durée des irrigations dépendront du type de sol, du système en place et des besoins de la plante ;
- Les consignes peuvent être établies de plus d'une façon, mais doivent être validées et ajustées tout au long de la saison ;
- Les tensiomètres peuvent contribuer à établir les consignes d'irrigation ou à les valider, mais ils doivent être bien installés. La CC et le PT doivent être établis au départ. On doit veiller à leur bon fonctionnement tout au long de la saison ;
- La pelle et le toucher du sol ainsi que l'observation des plants ont toujours leur place dans l'évaluation de la stratégie d'irrigation et le suivi en cours de saison.
- Il est fortement recommandé d'être encadré par un spécialiste en irrigation pour la conception d'un système et le suivi d'irrigation.

PAILLIS ET COUVRE-SOL

INTRODUCTION

Les paillis et les couvre-sols présentent les principaux avantages suivants : conservation de l'humidité du sol et optimisation de l'irrigation, minéralisation des engrais organiques facilitée par une humidité du sol mieux répartie, lutte aux mauvaises herbes, capacité d'interférer dans le cycle vital de certains insectes (ex. : pupaison dans le sol). Pour toutes ces raisons, les paillis et les couvre-sols favorisent la croissance des plants tout en facilitant le désherbage.

Le contexte des tunnels et des serres froides ainsi que des serres chauffées pour la période d'avril à octobre va orienter le choix des paillis ou des couvre-sols. L'environnement y est différent de celui du plein champ ou de la serre cultivée à l'année. Le tableau suivant dresse une liste des revêtements de sol les plus populaires et les mieux adaptés aux producteurs maraîchers biologiques diversifiés.

Tableau 8.3 Recouvrement de sol et de paillis populaires sous abris

Matériau/épaisseur ou poids/largeur ¹	Usage	Avantages	Inconvénients
Paillis de polyéthylène noir 0,9 à 1,2 mil 91 et 122 cm	<ul style="list-style-type: none"> – Plein champ et tunnel chenille – Sur la plate-bande – Installation avant l'abri 	<ul style="list-style-type: none"> – Peu dispendieux – Polyvalent – Installation peut être mécanisée – Conserve l'humidité 	<ul style="list-style-type: none"> – Durabilité : une saison – Retiré à la main – Non recyclable – Accès limité aux racines et au système d'irrigation – Amendements du sol à réaliser avant l'installation
Couvre-sol de polypropylène (géotextile) tissé noir 62 à 115 g/m ² 1 à 5 m.	Principalement utilisés dans les serres et les tunnels. Peuvent couvrir toute la surface du sol, mais l'idéal est de prévoir des dimensions pour dégager les lignes de plantation. Ceci permet de fractionner les engrais, de vérifier l'état du sol, la conduite de l'irrigation et la santé du système racinaire (Fig. 8.8). Installation manuelle et ancrage avec broches en L ou en U. Peuvent être troués, en tenir compte dans les rotations (Fig. 8.11). Dans les tunnels chenille, utilisés dans les allées et sous les arches (Fig. 8.9).	Durabilité : 3 à 10 ans selon l'épaisseur et leur bon usage. Est perméable, ce qui évite les accumulations d'eau par endroit.	En bordure des tunnels chenille et dans les sites venteux, peut occasionner des lésions sur la tige des jeunes plants. Prévoir un trou assez large pour éviter ce problème.
Couvre sol de polyéthylène ou bâches d'ensilage noir et blanc sur noir 4 à 8 mil 60 cm à 12 m.	Principalement utilisés dans les serres et les tunnels. Peuvent couvrir toute la surface du sol, mais l'idéal est de prévoir des dimensions pour dégager les lignes de plantation. Ceci permet de fractionner les engrais, de vérifier l'état du sol, la conduite de l'irrigation et la santé du système racinaire (Fig. 8.8). Installation manuelle et ancrage avec broches en L ou en U. Peuvent être troués, en tenir compte dans les rotations (Fig. 8.11). Dans les tunnels chenille, utilisés dans les allées et sous les arches (Fig. 8.9).	Durabilité : 2 à 10 ans selon l'usage et l'épaisseur. Le côté noir empêche les mauvaises herbes de pousser, le côté blanc reflète la lumière vers les plantes. Meilleure conservation de l'humidité sous le paillis par rapport au géotextile. Limite l'évaporation en eau du sol, ce qui aide à la gestion de l'humidité ambiante et réduit la remontée des sels minéraux en surface.	Est imperméable à l'eau, ce qui peut favoriser les accumulations de flaques d'eau par endroit.

¹ Dimensions les plus populaires, la liste n'est pas exhaustive.

Parfois, les couvre-sols feutrés noirs sont utilisés dans les allées sous tunnels chenille. Toutefois, ce matériel retient la poussière, les graines de mauvaises herbes peuvent y germer et ils se nettoient mal. Ils sont durables, mais reviennent plus chers à l'achat que les géotextiles et les polypropylènes (Fig. 8.10).

PLASTIQUE NOIR OU BLANC ?

Bien qu'il existe plusieurs couleurs de couvre-sols, le blanc et le noir sont les plus utilisés. Les paillis noirs réchauffent le sol en surface par conduction thermique, c'est-à-dire par le biais d'un transfert de chaleur par contact et ils contribuent à réchauffer l'air des abris. Le paillis blanc accumule moins de chaleur dans le sol et dans l'abri tout en réfléchissant une portion de la lumière. Le poivron nécessite un environnement plus lumineux et plus chaud que la tomate, tant au niveau du sol que de l'air. Lorsque les conditions climatiques sont très variables, comme en plein champ, le poivron se développe moins bien sur un paillis blanc que sur un noir alors que la tomate se comporte sensiblement de la même manière.

Sous **abris froids**, le paillis noir sera préféré pour le poivron alors que pour la tomate, le noir ou le blanc conviendra tout autant. Dans les **serres trois saisons**, le polyéthylène blanc/noir résistant (6-8 mil) est le revêtement de sol le plus utilisé tant pour le poivron que pour la tomate. Ce paillis permet de moins réchauffer l'air ambiant par temps caniculaire. De plus l'imperméabilité conférée par les polyéthylènes limite l'évaporation en eau du sol, ce qui aide à la gestion de l'humidité ambiante et réduit les remontées des sels minéraux en surface.

PLASTIQUE TRANSPARENT ET DE COULEUR

Les plastiques transparents sont parfois utilisés dans les abris pour réchauffer le sol quelques jours avant la plantation et pour hâter la germination des mauvaises herbes lors de la technique de faux-semis. Par contre, le climat québécois et les cycles de production ne permettent pas de tirer pleinement avantage de leur atout de solarisation. La température du sol doit atteindre 56 °C sur une durée de plusieurs jours pour détruire les microorganismes pathogènes.

Les paillis thermo-sélectifs verts ou bruns contrôlent les mauvaises herbes et laissent passer les infrarouges pour accumuler davantage de chaleur au niveau du sol. Ils sont de peu d'intérêt dans les abris où l'environnement ambiant est plus chaud. Ils sont aussi plus dispendieux que les noirs.

Quant aux paillis argentés, ils sont conçus pour nuire à l'établissement de certains insectes. La surface argentée pourrait être confondue avec celle d'un plan d'eau alors que la réflexion des rayons solaires perturberait les insectes. Les plants ne doivent pas être trop développés lors de l'arrivée des insectes, sinon ils forment un écran qui interfère avec la surface argentée. Ce type de paillis n'a pas encore fait ses preuves au Québec, encore moins dans les abris, et est assez dispendieux par rapport aux paillis noirs. De plus, la réflexion concentrée de rayons solaires pourrait occasionner des brûlures sur les plants ([Gardner, 2005](#)).

PAILLIS COMPOSTABLES

En 2019, il n'existe aucun paillis compostable ou biodégradable en production biologique qui puisse être laissé au champ en fin de saison. Ils ne répondent pas à la norme nationale canadienne pour les systèmes de production biologique qui énonce que les matériaux utilisés dans la fabrication des paillis doivent être 100 % biosourcés. À l'heure actuelle, les principaux plastiques biosourcés sont soit polymérisés de façon synthétique ou chimique, ou produits à partir d'organismes génétiquement modifiés (maïs, betterave, levures, bactéries, etc.). Tout autre produit de formulation ou ingrédient doit faire partie de la liste des substances permises. Les polymères biodégradables et le noir de carbone dérivés des produits du pétrole ou issus du génie génétique ne sont pas permis.

Il est donc théoriquement permis d'utiliser les paillis biodégradables ou compostables en les retirant comme c'est le cas avec les paillis de plastique non biodégradable. Par contre, en réalité, ceci est peu pratique étant donné qu'ils se déchirent en plus ou moins gros fragments à la fin de la saison.



Figure 8.8. Serre chauffée : Polyéthylène noir dans le poivron (G. Legault, MAPAQ) et polyéthylène blanc sur noir (6 à 8 mil) dans la tomate permettant d'avoir accès au sol à la base des plants



Figure 8.9. Tunnel chenille avec tomate au centre et poivron sur les côtés

Poivron : Polyéthylène noir de 1 mil. Tomate : Polyéthylène blanc sur noir de 6 mil (2 bandes laissant la ligne de plantation libre pour le fractionnement des engrais). Géotextile noir au niveau des arches afin de limiter les éclaboussures de sol sur les plants.



Figure 8.10. Tunnel chenille, pois grimpant, feutre utilisé dans les allées au printemps suivant la culture de tomate de l'année précédente
Figure 8.11. Géotextile à pleine largeur troué avec paillis végétal

PAILLIS VÉGÉTAUX

L'utilisation de paillis de nature organique, foin ou paille, est pratiquée en agriculture biologique. Ce paillis pourra être appliqué soit dans les allées (Fig. 8.13), sur le rang (Fig. 8.12), ou sous les paillis géotextiles qui sont perméables à l'eau, ce qui favorise la décomposition des matériaux organiques (Fig. 8.11). Il est préférable d'utiliser un paillis végétal avec un rapport carbone sur azote (C/N) inférieur à 25. Plus le rapport C/N sera élevé, plus l'immobilisation de l'azote sera importante. Ainsi, il est souhaitable d'utiliser un foin jeune, avant la formation des graines de mauvaises herbes, par rapport à de la paille. Étant donné que les paillis végétaux sont enfouis à la fin de la saison, ceci va limiter les risques d'immobilisation de l'azote pour la culture de l'année suivante.

Il faut faire attention à la contamination du foin ou de la paille par des mauvaises herbes grainées ! Bien qu'elles ne soient pas un souci l'année de la pose du paillis végétal, les graines des mauvaises herbes peuvent rester en dormance sur une longue période et compliquer le désherbage durant plusieurs années.

Si on utilise la paille ou le foin pour lutter contre les mauvaises herbes dans les allées, une épaisseur d'environ 7 à 10 cm est généralement recommandée. Toutefois, il faut considérer qu'une telle épaisseur sera lente à se décomposer en absence de pluie, ce qui pourrait être un irritant selon la situation. Lorsque les paillis végétaux sont appliqués sur la plate-bande autour des jeunes plants, cette pratique peut favoriser les maladies de sol ou du collet en conservant le sol plus frais et plus humide en début de saison.

Voici un résumé des avantages et des inconvénients reliés à l'usage des paillis végétaux :

Avantages

- Gain en humus, favorise les vers de terre et les microorganismes bénéfiques ;
- Diversification de la microflore du sol, ce qui entre en compétition avec les pathogènes telluriques ;
- Amélioration de la structure et diminution de la compaction de surface.

Inconvénients

- Abris pour les mulots et les limaces ;
- Isolation thermique du sol, selon l'abri ceci peut ralentir la croissance des plantes ;
- Qualité variable (graines de mauvaises herbes, matériaux trop ligneux) ;
- Approvisionnement difficile en régie biologique ;
- Peur favoriser les fontes de semis tardives ;
- Plus le produit est carboné, plus il y aura immobilisation de l'azote ;
- Enfouissement en fin de saison.

En ce qui concerne l'usage d'autres matériaux comme les feuilles mortes, le bois raméal fragmenté (BRF) et le papier, ils présentent certains défis tels qu'un approvisionnement limité, une manipulation exigeante, une qualité variable ainsi que le respect des normes de certification biologique (provenance et composition). Aussi, lorsque le rapport C/N est > 25 , ceci pourra être

problématique pour les cultures l'année suivant l'incorporation de matériaux carbonés. Les microorganismes impliqués dans les processus de décomposition vont alors entrer en compétition avec les plantes en s'alimentant aux mêmes ressources d'azote. Il faudra alors compenser par des apports supplémentaires en engrais azoté. Dans les systèmes de rotation culturale, ces matériaux plus carbonés conviennent mieux aux abris déplaçables comme les tunnels chenille.



Figure 8.12. Serre chauffée : paillis de foin jeune sur le rang et géotextile noir dans l'allée



Figure 8.13. Tomate en tunnel chenille : paillis de foin jeune dans l'allée et polyéthylène noir de 1 mil sur les rangs de tomate

CHAPITRE 9. Lutte aux maladies et aux ravageurs

INTRODUCTION	180
PESTICIDES EN RÉGIE BIOLOGIQUE	181
Modes d'action	182
Protection et délais	182
PRÉVENTION	183
Identification du problème	183
Santé des sols, biostimulants et microorganismes bénéfiques	183
Rotation des cultures	183
Résistance variétale	184
Désinfection des structures et des équipements	184
Traitements de semences	185
Gestion du climat	186
LUTTE CONTRE LES MALADIES	186
Maladies bactériennes	187
Maladies fongiques	192
Maladies virales	193
LUTTE CONTRE LES INSECTES RAVAGEURS	203
Prévention	203
Agents de lutte biologique	203
Principaux insectes ravageurs	206
Pyrale du maïs.....	206
Punaise terne.....	207
Pucerons	208
Thrips	211
Tétranyque à deux points.....	212
Tarsonème	213
Aleurode	214
Sphinx de la tomate et Sphinx du tabac	214
DÉSORDRES PHYSIQUES OU ABIOTIQUES	215
Carence en calcium (pourriture apicale)	215
Tache amère et moucheture dorée	216
Excès et manque de transpiration	217
Fendillement	218
Mauvaise pollinisation, face de chat, chute des boutons floraux	219
Épaules jaunes et maturation inégale	219

INTRODUCTION

Ce chapitre fait le point sur les principales problématiques phytosanitaires observées sous tunnel, en serre froide et en serre chauffée trois saisons ainsi que sur les méthodes de lutte appropriées. Les tomates et les poivrons sont des plantes sensibles aux maladies. La culture sous abri permet de protéger les plants des intempéries, ce qui réduit les éclaboussures de pluie et les surplus d'eau au sol. Cela diminue considérablement l'incidence des maladies d'origine bactérienne et fongique. Par contre, certains ravageurs et phytopathogènes peuvent profiter de lacunes au niveau de la régie climatique sous abri (excès de chaleur et d'humidité, manque d'aération) et du manque de rotation pour les structures permanentes. C'est notamment le cas des insectes comme les pucerons, les tétranyques, les thrips et des maladies telles le blanc, la moisissure olive et la racine liégeuse.

Ⓢ À noter que les coûts de phytoprotection peuvent varier considérablement selon le climat, le niveau d'infestation, le type de produit, l'utilisation d'agent de lutte biologique et la stratégie de phytoprotection mise en place par l'entreprise (méthodes préventives ou curatives). À titre indicatif, on peut retenir des valeurs entre 4 et 5 \$ par m² pour la serre chauffée et 1 \$ par m² pour le tunnel chenille.

Le lecteur pourra approfondir les informations présentées dans ce chapitre par le biais de nombreuses références complémentaires et pertinentes en phytoprotection :

Identification des maladies et ravageurs

- *Maladies et ravageurs des cultures légumières au Canada* ([Boivin et Richard, 1994](#)).
- *Les maladies de la tomate : identifier, connaître, maîtriser* (Blancard et Laterrot, 2009).
- *Connaître et reconnaître : la biologie des ravageurs des serres et de leurs ennemis naturels* (Malais et Ravensberg, 2008).

En ligne

- Le site Iriis phytoprotection du centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec ([Iriis phytoprotection](#)).
- Le site de référence en lutte intégrée du Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario ([MAAARO, 2009a](#)).
- Les fiches maladies et ravageurs de l'Institut National de la recherche agronomique en France ([INRA](#)).
- Projets de recherche sur les légumes de serre financés par le MAPAQ ([MAPAQ, 2018](#)).

Carences et maladies dans la production de légumes de serre

- Conférence de Jacques Thériault, agr., Climax Conseil, sur les carences et maladies dans les productions de légumes de serre ([Thériault, 2015](#))

Ouvrages de référence

- Liste des publications sur les cultures de serres en Ontario (MAAARO, 2019)
- *Guide technique production de la tomate de serre au Québec* (Turcotte et coll., 2015)
- Le site Agri-Réseau, du CRAAQ

PESTICIDES EN RÉGIE BIOLOGIQUE

Les biopesticides (cuivre, soufre, pyrèthre, etc.) sont utilisés de manière curative ou préventive contre les insectes nuisibles et les maladies. Malheureusement, leur usage peut s'avérer néfaste pour la biodiversité. Parfois, le recours à un traitement phytosanitaire est l'option la plus logique face à une forte infestation. Par exemple, un traitement insecticide réalisé au bon moment va diminuer la pression des ravageurs afin de revenir à une lutte biologique par la suite, avec des prédateurs et des auxiliaires. Il est donc important de bien peser le pour et le contre avant d'employer un biopesticide. Cette réflexion est souvent la clé de la réussite du contrôle phytosanitaire et de l'équilibre en lutte biologique. La consultation avec un conseiller spécialisé aide à faire un choix éclairé.

En régie biologique, les pesticides à base de substances d'origine végétale, minérale ou d'organismes biologiques sont autorisés, mais leur usage doit être validé auprès des organismes de certification. De plus, tous les pesticides doivent être homologués au Canada par l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) de Santé Canada, qu'ils soient chimiques ou biologiques. L'homologation doit être valide pour la culture visée, le ravageur ou la maladie à traiter, l'emplacement (en serre ou en champ) et le patron d'utilisation tel que décrit sur l'étiquette du produit (dose, application foliaire, par trempage, incorporation au sol, etc.). Toute utilisation d'un produit phytosanitaire doit respecter les instructions de l'étiquette du produit.

Avant l'utilisation d'un produit phytosanitaire, il est nécessaire de vérifier l'étiquette et l'homologation, ainsi que sa conformité au niveau des normes biologiques. En tout temps, si l'information de ce document diffère de celle de l'étiquette, cette dernière prime.

À noter que l'ARLA a statué que les pesticides homologués pour le champ et pour la serre peuvent être utilisés sous tunnels, en serres froides et en serres trois saisons. Ces abris sont considérés comme des abris-serres étant donné que les cultures poussent à même le sol et que les structures ont habituellement des ouvrants sur les côtés et n'ont pas de fondation ([Santé Canada, 2015](#)). Toutefois, cette position pourrait changer éventuellement, surtout au niveau de la serre chauffée trois saisons. Lors de la rédaction de ce guide en 2019-2020, un comité de l'ARLA réévaluait la situation.

Les sites internet de [l'ARLA](#) et de [SAgE pesticides](#) contiennent des informations sur l'homologation des pesticides, leurs usages et leurs niveaux de toxicité.

Le *Réseau d'avertissement phytosanitaire* (RAP) publie également des bulletins d'information sur les produits phytosanitaires disponibles sur le marché et ceux permis sous régie biologique, en champ ou en serre. Ces documents sont disponibles sur Agri-Réseau :

RAP Cultures maraîchères en serre ([Agri-Réseau, 2019a](#))

- RAP Solanacées ([Agri-Réseau, 2019b](#))
- RAP Général. *Bulletin spécial phytoprotection bio 2019* ([Legault et Marcoux, 2019](#))
- RAP Cultures maraîchères en serre. *Fongicides et Biofongicides homologués en 2019 dans les cultures maraîchères et fruitières en serre* ([Ramadan et coll., 2019](#))
- RAP Cultures maraîchères en serre. *Insecticides et bio-insecticides, acaricides et bioacaricides homologués en 2019 dans les cultures maraîchères et fruitières en serre* ([Ramadan et coll., 2019b](#)).

Les produits pour lesquels il n’y a aucune allégation de contrôle ou de répression d’un problème phytosanitaire ne sont pas soumis à une réglementation de l’ARLA. C’est le cas par exemple des engrais lactofermentés, des inoculants de microorganismes bénéfiques, des mycorhizes, des nématodes, du thé de compost, etc. À noter que plusieurs microorganismes bénéfiques tels que *Trichoderma*, *Gliocladium*, *Bacillus*, *Streptomyces*, peuvent être homologués en tant que biopesticide et posséder également des effets biostimulants reconnus.

En vertu de la Loi sur les pesticides ([Québec, 2019](#)), les utilisateurs de produits phytosanitaires en milieu agricole sont tenus de se procurer un certificat suite à la réussite d’un examen reconnu par le Ministère de l’Environnement et de la lutte contre les changements climatiques (MELCC). Sans ce certificat, l’achat et l’usage de produits phytosanitaires sont interdits sur les entreprises agricoles. Des informations plus détaillées sont disponibles à l’adresse électronique suivante ([MELCC, 2019](#)).

Modes d’action

Les insecticides possèdent plusieurs modes d’action et peuvent agir par inhalation, contact ou ingestion. La plupart des insecticides biologiques agissent par contact. Il y a toutefois quelques exceptions. L’insecticide *Bacillus thuringiensis* (Bt), par exemple, doit être ingéré afin que les toxines qui s’attaquent au système digestif de l’insecte puissent être libérées. Dans le cas des savons insecticides ou des huiles qui visent les petits insectes (pucerons, cochenilles, tétranyques, etc.), la solution doit recouvrir complètement les ravageurs, étant donné que les huiles agissent par suffocation et les savons par dessiccation.

La majorité des fongicides biologiques agissent par contact et sont généralement utilisés dans une stratégie préventive. Ce sont des produits protectants et ils doivent être appliqués avant que la maladie ne soit présente ou dès l’apparition des premiers symptômes. Par ailleurs, étant donné qu’ils ne pénètrent pas les tissus végétaux, la pulvérisation doit permettre de bien couvrir la surface supérieure et inférieure des feuilles. Étant donné que le nouveau feuillage qui va se développer suite à l’application du fongicide ne sera pas protégé, ceci pourrait nécessiter des traitements additionnels selon l’évolution de la maladie.

Il est essentiel de connaître le mode d’action des produits phytosanitaires, l’importance du ravageur et sa localisation sur la plante afin de maximiser l’efficacité des traitements. L’utilisateur pourra ainsi mieux choisir les équipements de pulvérisation, le dosage, le volume d’eau nécessaire, la pression et la taille des gouttelettes.

Protection et délais

L'application de produits phytosanitaires dans les structures abritées comporte des risques pour la santé de l'applicateur et des travailleurs agricoles. Le personnel responsable des applications doit porter les équipements de protection individuels recommandés selon le type de produits appliqués (lunette, masque, chapeau, bottes, gants, survêtements).

Le délai de sécurité (**DS**) **représente** le délai entre l'**application** du pesticide et le moment où les travailleurs peuvent accéder, sans danger, aux zones traitées pour effectuer des **tâches manuelles** sur les cultures. Le DS est calculé en fonction du risque d'exposition de chaque matière active sur la santé. Le délai d'application du produit avant la récolte (DAAR) représente le délai minimal entre l'**application** d'un pesticide et le moment où la **récolte** peut être effectuée. Ceci permet de garantir que les résidus présents dans les produits traités ne dépasseront pas la **limite maximale de résidus (LMR)**. Les LMR sont fixées et réglementées aux termes de la Loi sur les produits antiparasitaires (LPA) seulement lorsque l'évaluation scientifique de Santé Canada conclut que le fait de consommer les aliments traités ne suscite aucune inquiétude pour la santé humaine.

PRÉVENTION

Plusieurs approches préventives de base contribuent à faire baisser la pression des maladies et des ravageurs. Voici les principales recommandées en production maraîchère sous abris. À noter que la majorité d'entre elles s'appliquent également pour la culture en plein champ.

Identification du problème

La première étape consiste à repérer et à bien identifier les premiers signes ou symptômes des maladies et des insectes ravageurs les plus communs. Ceci revêt une importance particulière en production biologique étant donné le choix limité des produits phytosanitaires. D'autre part, les taux de mortalité ou de répression des maladies et ravageurs sont en général plus faibles qu'avec les pesticides conventionnels. La détection précoce des problèmes va de pair avec le bon usage des insectes bénéfiques en lutte biologique. Par exemple, l'introduction tardive de plusieurs prédateurs s'avère souvent inefficace lorsque le ravageur devient trop abondant. Aussi avant d'intervenir, il faudra considérer la gravité du problème, la vitesse de développement, le niveau d'infestation, le moment de la saison, le stade de la culture, etc.

Santé des sols, biostimulants et microorganismes bénéfiques

Un sol en santé est à la base de la vitalité des racines, donc, du bon développement de la partie aérienne des plantes. En favorisant une bonne santé des sols, que ce soit par la structure, le drainage ou l'apport en matière organique, le maraîcher va également stimuler et renforcer les systèmes de défense naturelle des plantes. L'apport de compost et autres amendements riches en microorganismes peut contribuer à diminuer la pression des pathogènes de sol.

En prévention, les biostimulants et les produits phytosanitaires à base d'organismes vivants sont utiles afin d'augmenter la biodiversité des microorganismes qui colonisent la plante et la rhizosphère du sol. Leur usage vise à réduire les risques d'infection ou à ralentir la propagation

des maladies. Parfois, ces produits ont été développés afin de répondre à des besoins pointus, par exemple : une association plante et ravageur, dans un environnement particulier. Ainsi, leur efficacité peut s'avérer variable selon la problématique et le contexte. Par ailleurs, l'ajout de microorganismes bénéfiques à un sol déjà très riche au niveau de la biodiversité risque d'avoir un impact minimal. De plus, ce même ajout dans un sol en mauvais état n'apportera que très peu de bénéfices puisque la problématique de drainage et/ou la structure sol sont à la base du problème et que ce milieu est défavorable tant aux racines des plantes qu'aux organismes bénéfiques.

Rotation des cultures

L'un des avantages des abris amovibles est la possibilité de faire des rotations de culture sur les parcelles. Cela a pour effet de limiter le développement des maladies qui survivent dans le sol ou dans les résidus de culture, comme c'est le cas d'une majorité de maladies, dont le flétrissement verticillien, la moisissure olive et le chancre bactérien. Il est recommandé de faire une rotation aux trois à quatre ans, en évitant les autres solanacées. En ce qui concerne les abris permanents, la rotation des cultures y est plus limitée et va dépendre du nombre de serres disponibles sur l'entreprise et de l'éventail de légumes qui y sont cultivés. Afin d'éviter le développement de maladies racinaires telles que la racine liégeuse, les plants de tomates peuvent être préférablement greffés.

Résistance variétale

Il est important de choisir des cultivars résistants ou tolérants aux maladies les plus problématiques sous abri. Le chapitre 4 du présent guide fournit plus d'informations à ce sujet. Les grainetiers possèdent également des informations pertinentes et mises à jour sur les tolérances ou les résistances.

Désinfection des structures et des équipements

Le gel prolongé ne détruit malheureusement pas tous les ravageurs et les maladies. Certains peuvent survivre sous des formes très résistantes aux aléas climatiques et à l'hiver. Pour cette raison, il est recommandé de procéder à un vide sanitaire (période sans culture) et à la désinfection des structures et du matériel après chaque saison de production. Le bulletin du Réseau d'Alertes phytosanitaires : *Nettoyage et désinfection des serres en production biologique* est une référence à ce sujet ([Lambert et Leblanc, 2017](#)). Attention à ne pas désinfecter trop tôt en fin de saison, ceci afin d'éviter une nouvelle contamination par des insectes ou des spores de champignon. Rien ne presse avant le mois d'octobre. Dans les serres chauffées, il est possible de désinfecter à la chaleur lors d'une période de vide sanitaire. Pour ce faire, la température doit être maintenue à 40 °C pendant 3-4 jours. Ce procédé est plus efficace lorsque le sol est sec pendant l'opération. Les thrips, par exemple, meurent rapidement s'ils émergent faute d'humidité et de nourriture. Cette méthode peut également affecter la viabilité de certaines spores de champignons.

Voici un résumé des points majeurs à considérer pour réaliser le vide sanitaire :

- En premier lieu, enlever tous les débris végétaux et les plantes, incluant les mauvaises herbes. Un seul débris végétal peut héberger une grande quantité de spores et d'insectes (œufs, acarien, thrips, etc.).
- Nettoyer les planchers, le couvre-sol et les structures avec un jet d'eau à pression avant de désinfecter. Cette étape permet de déloger les saletés et les particules de terre qui nuisent à l'efficacité des produits désinfectants.
- Nettoyer le matériel et les outils avec une solution désinfectante : eau de Javel (pas plus de 10 % de la solution), peroxyde d'hydrogène, alcool ou autre produit permis par votre organisme de certification biologique. Pour les plateaux, l'eau de Javel peut être utilisée, mais la matière organique doit être préalablement enlevée pour une meilleure efficacité. Pour les sécateurs et les couteaux, les structures et les tables, il vaut mieux utiliser une substance moins corrosive. Lorsque les plateaux sont nettoyés dans la solution d'eau de Javel, il faut les laisser tremper et les rincer par la suite. Ranger ensuite le matériel à un endroit où il ne sera pas à nouveau contaminé.
- Une pulvérisation d'huile de dormance peut être faite sur les structures de serre afin d'éliminer les insectes qui pourraient y être présents, en diapause.

Traitements de semences

Certaines maladies bactériennes et fongiques des tomates et des poivrons peuvent être transmises par la semence. Un traitement de semences peut être envisagé si un problème est récurrent et que certaines variétés ou certains lots semblent problématiques. Différents produits peuvent être utilisés pour le traitement de semences (eau chaude, vapeur d'eau, hypochlorite de sodium 1 %, acide acétique, produit de fermentation, etc.). À noter que certains produits sont acceptés par les organismes de certification, mais sous une concentration limitée (ex. : l'eau de Javel). Les traitements de semences doivent être faits avec beaucoup de rigueur pour éviter de réduire les taux et la vigueur de germination. Les semences de poivrons et de tomates se prêtent bien à ce type de traitement, mais ce n'est pas le cas des semences de tous les légumes.

Le traitement maison des semences à l'eau chaude de tomate et de poivron est une technique populaire lorsque les maladies bactériennes sont un souci. Auparavant, il faudra avoir vérifié auprès du grainetier si la semence a déjà été traitée à l'eau chaude. Dans l'affirmative, un second traitement risque d'affecter négativement le taux de germination. Lorsqu'il est réalisé maison, le bain d'eau chaude doit être fait dans un délai très rapproché du semis, idéalement dans la même semaine. L'usage d'un thermomètre de précision permet de suivre adéquatement la température de l'eau et de respecter les consignes. Un bulletin du Réseau d'avertissement phytosanitaire fournit de l'information sur le traitement à l'eau chaude des semences de tomate et de poivrons contre les maladies bactériennes ([Villeneuve, 2009](#)).

Gestion du climat

L'environnement climatique a un rôle déterminant sur l'évolution des problèmes phytosanitaires. Certaines maladies se développent à la faveur d'un écart de température ou d'humidité. D'autres sont favorisées par une humidité importante ou des températures précises. Il est recommandé d'assurer un bon drainage à l'intérieur et en pourtour des abris afin d'empêcher les accumulations d'eau au sol et de limiter les problèmes d'humidité. L'irrigation par aspersion n'est pas recommandée sous abris dans la tomate et le poivron afin d'éviter la présence d'eau sur le feuillage des plants. Sous abris, une bonne gestion du climat grâce à la ventilation, au chauffage et la gestion de l'humidité, peuvent diminuer la pression de plusieurs maladies fongiques et de certains ravageurs.

Les tunnels chenille seront installés idéalement sur un site qui procure un maximum de ventilation naturelle tout en tenant compte des limites physiques de la structure face à de forts vents. En serre, l'ajout d'un système de recirculation d'air est souvent nécessaire au-delà du système de ventilation, qu'il soit naturel ou mécanisé. Un système de chauffage est aussi un atout considérable dans la gestion de l'humidité. Bien que la gestion du climat puisse être relativement complexe en serre, ceci permet toutefois d'avoir une grande influence sur la production. Par exemple, il peut être recommandé de chauffer légèrement le matin, juste avant le lever du soleil, tout en ventilant. En plus de limiter le choc d'une augmentation trop rapide de la température par l'exposition au soleil, ce procédé évite la condensation d'eau sur le feuillage et les fruits tout en diminuant l'humidité ambiante. On peut ainsi réduire l'incidence des maladies fongiques telles la moisissure olive et la moisissure grise. De plus, lors de nuits chaudes, il peut être adéquat de profiter des ouvertures des côtés de serre (*roll up*) afin de favoriser une bonne ventilation naturelle. Plusieurs maladies fongiques ont tendance à se développer dans les zones plus fraîches et humides de la serre. Ainsi, le maraîcher aura comme objectif d'uniformiser le plus possible le climat de la serre.

Les chapitres 1 et 3 du présent guide fournissent des informations sur le choix des équipements et la conduite climatique sous abri. Voici également des références sur le sujet.

- *Guide de production de la tomate de serre au Québec* (Turcotte et coll., 2015).
- Conférence sur la déshumidification en serre par Jacques Thériault de Climax Conseils (Thériault, 2017).
- Fiche technique : Gestion climatique, Cultures en Serre, Gestion d'humidité et maladies reliées (Lambert et Ramadan, 2018).

La brumisation peut être utilisée en serre afin d'augmenter l'humidité relative et réduire la température autour du feuillage, ce qui est particulièrement bénéfique pour la croissance des jeunes plants de poivrons en début de saison. Il s'agit d'injecter de fines gouttelettes dans l'air afin d'augmenter l'humidité dans la serre sans mouiller la végétation, ce qui permet de refroidir l'air ambiant par évaporation de l'eau. La brumisation peut devenir un allié en lutte biologique afin de créer un environnement favorable aux acariens prédateurs, tout en limitant le développement de certains ravageurs comme les tétranyques. Toutefois, cette technique doit être utilisée adéquatement et avec vigilance dans les tomates et les poivrons sous abris, car l'excès d'humidité peut occasionner d'autres problèmes phytosanitaires.

LUTTE CONTRE LES MALADIES

Maladies bactériennes

Les bactéries peuvent survivre dans et sur les semences ainsi que dans les résidus de cultures. Certaines ont la capacité de survivre dans le sol sur une plus ou moins longue période. Par exemple la moucheture bactérienne, *Pseudomonas syringae*, peut survivre dans le sol et les résidus végétaux jusqu'à 7 mois alors que le chancre bactérien peut y demeurer de deux à cinq ans. Les bactéries sont dispersées par le frottement entre les transplants, les éclaboussures d'eau (pluie, irrigation par aspersion), le vent, les opérations culturales (récolte, désherbage, pulvérisation, drageonnage, tuteurage, manipulations des plants), les outils, la machinerie et les travailleurs. Elles pénètrent dans les plantes par les blessures ou les ouvertures naturelles des feuilles (stomates, hydathodes).

Sous abri, les cultures sont protégées des intempéries climatiques extérieures, ce qui diminue fortement l'incidence des maladies bactériennes (à l'exception du chancre bactérien) et de certaines maladies fongiques. Ceci représente un avantage majeur dans la production de la tomate et du poivron sous abris par rapport au plein champ.

Les maladies bactériennes sont difficiles à contrôler une fois présentes sur les plants. Le traitement des semences à l'eau chaude demeure la première mesure de prévention, ainsi que le nettoyage et la désinfection de tout matériel ou équipement qui sera en contact avec les transplants (résidus de culture, tables, contenants de culture, toiles tissées, géotextiles, structures de serre, transplanteur, etc.). Les travaux d'entretien des plants, tels que le tuteurage, la taille et l'effeuillage doivent être réalisés lorsque le feuillage est sec. Le milieu de l'avant-midi est un bon moment puisque les blessures auront le temps de cicatriser avant la condensation du soir. Il est aussi recommandé de travailler les rangs sains en premier et de terminer par les rangs en bordure de la structure et par les foyers de plants malades. Une fiche technique détaillée sur les maladies bactériennes du poivron et de la tomate a été publiée par le CRAAQ ([Villeneuve, 2005](#)).

De façon générale, les biofongicides sont peu efficaces pour lutter contre les maladies d'origine bactérienne. Les produits à base de cuivre sont généralement recommandés et les applications doivent être répétées aux sept à dix jours lorsque les conditions climatiques sont favorables.

Les Tableaux 9.1 et 9.2 présentent les principales maladies bactériennes et fongiques ainsi que les solutions possibles. Il est toujours recommandé de vérifier les homologations et de consulter l'étiquette des produits commerciaux avant toute utilisation.

Tableau 9.1. Principales maladies bactériennes dans la tomate et le poivron sous abris

Chancre bactérien (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*)

Tomate (surtout) et poivron (rarement)

Particularités de la maladie

- La plus dommageable des maladies bactériennes des tomates dans les abris.
- Maladie bactérienne vasculaire transmise par la semence, les transplants, les débris végétaux, la poussière ou l'eau contaminée et lors du travail sur les plants.
- Les débris végétaux, surtout s'ils sont secs, contribuent à sa conservation jusqu'à sept mois une fois enterrés (certains auteurs parlent de cinq ans), et au moins deux ans lorsqu'ils sont en surface.
- Symptômes : En serre, taches internervaires et bordure du limbe d'abord vert pâle, d'aspect humide, devenant rapidement beiges et se nécrosant par la suite (Fig. 9.3.). Une partie des folioles commencent à flétrir, surtout à la tête des plants, puis fanent graduellement jusqu'à en mourir. Les fruits restent petits, sont mal colorés et peuvent tomber au sol prématurément. En bordure des tunnels chenille, les symptômes sont semblables à ceux observés au champ avec une l'apparition d'une zone nécrosée en bordure des feuilles (Fig. 9.4) et sur les fruits des taches rondes brunes entourées d'un halo blanc (Fig. 9.2).
- À proximité des symptômes, une coupe longitudinale de la tige montre des tissus vasculaires jaunis/brunis et une moelle qui s'assèche (Figure 9.1).
- À noter que certaines mauvaises herbes, dont la morelle et le chénopode, peuvent être infectées par la maladie. Le poivron peut également être porteur de la maladie, sans nécessairement montrer de symptômes.

Méthodes de lutte et actions préventives

- Arracher les plants atteints (incluant le système racinaire) en prenant soin de les déposer immédiatement dans un sac avant de les sortir de l'abri pour éviter de contaminer d'autres plants. Ne pas en disposer au compostage. Étant donné la rapidité de contamination et l'absence de symptômes visibles au début de l'infection (infection latente), former une zone tampon en retirant plusieurs plants autour du plant infecté. En cas d'infection, ne pas revenir en solanacées pour une période d'au moins 4 à 5 ans.
- Mettre en place des procédures d'hygiène afin d'éviter l'apparition de cette maladie en serre : désinfection des structures et du matériel en fin de saison, désinfection fréquente des outils lors des manipulations, vigilance sanitaire des employés et des visiteurs.
- En tout temps, éviter de faire des manipulations lorsque le feuillage ou les conditions de l'air sous abri sont humides.
- Se questionner sur la provenance de l'eau d'irrigation en cas d'historique sur la ferme.
- Réduire l'humidité ambiante sous abris et éviter une irrigation excessive.
- Stérilisation possible à la vapeur avec les drains de serre.

Biofongicides à base de :

- Cuivre
- Bactériophage de *Clavibacter michiganensis*
- Acide citrique et acide lactique.

À noter que les biofongicides sont peu efficaces pour lutter contre la maladie et pourraient, dans certains cas, contribuer à répandre les foyers d'infection.



Figure 9.1. Sur tige de tomate
Source : Christine Villeneuve, MAPAQ



Figure 9.2. Sur fruit
Source : Iriis phytoprotection



Figure 9.3. Chancre bactérien sur feuillage en serre
Source : Sébastien Couture, Climax Conseils



Figure 9.4. Chancre bactérien sur feuillage en champ ou en bordure des tunnels
Source : Christine Villeneuve, MAPAQ

**Gale bactérienne ou tache bactérienne (*Xanthomonas campestris*)
Poivron (surtout) et tomate (rarement)**



Figure 9.5. Sur poivron
Source : MAAARO ©Queen's Printer for Ontario, 2019



Figure 9.6. Sur feuille de plant de poivron
Source : Christine Villeneuve, MAPAQ

Particularités de la maladie

- Maladie observée surtout sur les poivrons cultivés en bordure des tunnels chenille.
- Favorisée en conditions chaudes (entre 20°C et 35°C) et humides. Développement de la maladie inhibé lors de nuits sous 16°C.
- Sur les feuilles, taches de différents tons de bruns, parfois blanches au centre, avec halos jaunes (surtout à la marge) et les tiges. Sur les fruits, tache bombée brune à noire avec parfois un halo blanc d'aspect graisseux.
- Plus fréquent en champ que sous abris.
- La maladie peut survivre dans les débris végétaux ou les semences plusieurs mois, voire plusieurs années, mais survit difficilement uniquement dans le sol.

Méthodes de lutte et actions préventives

- Pour les rangs de bordure des tunnels chenille, choisir des variétés résistantes. Choix limités.
- Semences saines et traitement de semences.
- Travailler et circuler entre les cultures en conditions sèches.
- Avoir une bonne ventilation sous abri.

En prévention, traitements répétés aux **biofongicides** à base de :

- Cuivre
- *Bacillus subtilis*
- *Bacillus mycooides*
- *Reynoutria sachalinensis*

Moucheture bactérienne ou brûlure bactérienne (*Pseudomonas syringae*)

Tomate

Particularités de la maladie

- Très fréquente en champ et à l'occasion dans les rangs de bordure des tunnels chenille.
- Petites taches brun foncé à noires, d'aspect gras, entourées d'un halo jaune et dispersées sur les feuilles et les tiges. Les feuilles très infectées se nécrosent et tombent. La maladie peut également affecter les fleurs et causer leur chute. Les symptômes sur fruits apparaissent habituellement sur les fruits verts et persistent sur les fruits matures. Ce sont de petites taches noires, avec un léger relief et un halo vert sombre.
- Contrairement aux autres maladies bactériennes, celle-ci préfère des conditions plus fraîches (18-24 °C) et humides.
- La maladie peut survivre dans le sol ou les débris végétaux au moins 7 mois.

Méthodes de lutte et actions préventives

- Actions préventives idem à celles pour la Gale bactérienne.
- Rotation et fertilisation adéquate.
- Ne pas planter trop tôt lorsque le climat est frais et humide.

En prévention, traitements répétés **biofongicides** à base de :

- Cuivre
- *Bacillus subtilis*
- *Bacillus mycoïdes*



Figure 9.7. Sur feuille de tomate
Source : Christine Villeneuve, MAPAQ



Figure 9.8. Sur fruit
Source : Christine Villeneuve, MAPAQ

Pourriture molle (*Erwinia caratovora*)**Poivron****Particularités de la maladie**

- Sur les fruits, la maladie est favorisée suite à des blessures mécaniques (insolation, grêle) sur les rangs de bordure des tunnels chenille) ou causées par des insectes, ceci combiné à des conditions de forte humidité.
- Des lésions affaissées et gorgées d'eau apparaissent près des zones endommagées du fruit. Par la suite, les fruits prennent un aspect translucide et se liquéfient au toucher. Forte odeur nauséabonde.

Méthodes de lutte et actions préventives

- Avoir un bon contrôle sur les insectes ravageurs.
- Éviter les coups de soleil sur les fruits en ayant un bon tuteurage des plants.
- Avoir une bonne aération sous abri.



Figure 9.9. *Erwinia* sur poivron
Source : Club Bio Action

Moelle noire (*Pseudomonas corrugata*)**Tomate****Particularités de la maladie**

- Maladie occasionnelle sur la tomate, mais de plus en plus courante en serre froide et en tunnel étant donné les écarts de températures entre le jour et la nuit et la forte hygrométrie enregistrée au printemps (risques accrus sur les côtés des abris).
- Les plants atteints sont vigoureux avec des tiges épaisses et charnues. Les feuilles de la partie supérieure des plants présentent des chloroses. Les plants peuvent flétrir en période chaude. Des plages humides, brunes, foncées à noires sont visibles le long de la tige. Des racines adventives aériennes ont tendance à apparaître sur les sections des tiges affectées par la moelle noire. En coupant la tige, présence d'une moelle brune, souvent sèche et légèrement décomposée. Sous abris, la maladie est en général distribuée par foyers et apparaît juste avant le début des récoltes.
- Les cicatrices foliaires peuvent provoquer un mucus bactérien blanc crème.

Méthodes de lutte et actions préventives

- Éviter les zones de sols humides.
- Avoir une bonne ventilation sous abri et éviter la condensation sur le feuillage.
- Éviter une sur-fertilisation azotée ou augmenter l'apport en potassium afin de diminuer le rapport azote/potassium.
- Éliminer les plants malades et installer une procédure d'hygiène stricte afin de réduire les risques de propagation.



Figure 9.10. Chancre brun sur tige de tomate
Source : Iriis phytoprotection



Figure 9.11. Moelle brune sur tige de tomate
Source : Iriis phytoprotection

Maladies fongiques

Les maladies fongiques peuvent être présentes sous forme de mycélium, de spores ou de structures de survies (conidies ou sclérotés) sur les plants, les résidus de culture, les semences et dans le sol. Les champignons produisent des spores aériennes qui se déplacent dans l'air et infectent les tissus des plants sains lorsque les conditions sont propices.

De façon générale, les conditions fraîches et humides de l'air ou du sol sont favorables au développement des maladies fongiques. En structure abritée, une ventilation déficiente ainsi qu'une mauvaise gestion de l'humidité et du chauffage sont généralement les principales causes de l'infection par les maladies fongiques. La condensation sur les plastiques de serre, la rosée persistante sur le feuillage ainsi que les bris du système d'irrigation sont des problématiques qui doivent être rapidement contrôlées. Certaines maladies, comme la moisissure olive et la moisissure grise, peuvent être très prolifiques et dévastatrices sous un abri mal ventilé. Une bonne gestion du climat, la densité de plantation, le choix de variété résistante aux maladies, la qualité des semences ainsi qu'une gestion adéquate de la conduite des plants (palissage et effeuillage) font partie des actions de prévention afin de diminuer la pression des maladies fongiques sous abri.



Stratégie de phytoprotection

**Témoignage : Maude-Hélène Desroches, Les Jardins de la Grelinette
Saint-Armand (Montréal-Est)**

Ma serre trois saisons est utilisée uniquement pour la culture des tomates hybrides qui sont davantage résistantes aux maladies fongiques telle la moisissure olive, le blanc ainsi que plusieurs virus. Étant donné la sensibilité aux maladies des variétés de type heirloom, celles-ci sont toutes regroupées et produites sous tunnel chenille. Cette stratégie réduit grandement la pression des maladies en serre et permet de produire des plants sains avec le moins d'interventions phytosanitaires possible.

Tableau 9.2. Principales maladies fongiques dans la tomate et le poivron sous abri

Alternariose (<i>Alternaria solani</i>, <i>Alternaria alternata</i>)	
Tomate	
Particularités de la maladie	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Maladie fréquente, surtout lorsque l'aération est déficiente et en présence d'humidité ambiante élevée. ▪ Les taches foliaires sont rondes, brun foncé et se reconnaissent facilement par les anneaux concentriques. Les tiges et la zone pédonculaire peuvent également présenter ce type de tache. Sur le fruit, les lésions apparaissent souvent près de la zone pédonculaire pour progresser par la suite. Les lésions s'agrandissent rapidement pour former des plages noires, déprimées. Les fruits des plants très affectés par la maladie deviennent exposés au soleil et peuvent subir des insulations. 	
Méthodes de lutte et actions préventives	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cultivars résistants ou tolérants. Choix limité. ▪ Favoriser des rotations adéquates et utiliser des semences saines. 	
Biofongicides à base de :	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cuivre ▪ <i>Bacillus subtilis</i> ▪ Huile de Mèlaleuca ▪ <i>Bacillus mycoïdes</i> ▪ <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> 	
	
<p><i>Figure 9.12. Taches concentriques sur foliole</i> Source : Christine Villeneuve, MAPAQ</p>	<p><i>Figure 9.13. Sur fruit</i> Source : Christine Villeneuve, MAPAQ</p>

Moisissure olive ou cladosporiose (*Fulvia fulva*)

Tomate



Montage et photos: Liette Lambert, MAPAQ

Photos: Anne-Chantal

Figure 9.14. Moisissure olive - Progression des symptômes

Source : Liette Lambert, MAPAQ



Figure 9.15. Taches blanches sur le dessus des feuilles

Source : Sophie Guimont, Bio Action

Particularités de la maladie

- Problématique fréquente et très grave, pouvant être fulgurante en climat humide et lorsque la ventilation est déficiente.
- Débute souvent sur des variétés très sensibles qui servent par la suite de foyers d'infestation pour les autres variétés, même si elles sont tolérantes ou résistantes (nouvelles souches).
- Les premiers symptômes apparaissent comme des taches jaunes/verdâtres à la surface des feuilles. Par la suite, un champignon brun violacé se développe sous les feuilles. La maladie s'installe habituellement sur les vieilles feuilles pour ensuite atteindre tout le plant. Les fruits infectés peuvent être difformes et présenter un mûrissement inégal. Le goût est également affecté.
- Pour plus d'information : [Blancard \(2019\)](#)

Méthodes de lutte et actions préventives

- Privilégier les cultivars résistants, surtout en serre.
- Avoir un bon espacement entre les plants et effeuiller à la base des plants pour favoriser une bonne aération.
- Bien ventiler et chauffer légèrement le matin puis aérer si possible afin de réduire l'excès d'humidité (ne pas dépasser 85 % d'humidité). Certains contrôleurs automatiques de climat permettent d'activer le chauffage et les ouvertures sur de courtes périodes pour évacuer l'humidité, à tout moment du jour ou de la nuit.
- Éviter toute condensation sur le feuillage, surtout la nuit.
- Développer une routine de travail en commençant par les plants sains et en terminant par les plants infectés.
- Réduire l'apport en azote, si possible.
- Désinfecter les structures et les équipements en fin de saison. La désinfection d'une serre à la chaleur est possible en augmentant la température à 57°C pendant au moins 6 heures.

Biofongicides à base de :

- Peroxyde d'hydrogène et acide peracétique

Fusariose vasculaire (*Fusarium oxysporum f. sp. radicum-lycopersici* et *f. sp. Lycopersici*)**Tomate****Particularités de la maladie**

- Certains facteurs favorisent la maladie: irrigation trop abondante, jours courts, pH bas et salinité excessive du sol, carence en K, climat frais (entre 10 °C et 20°C).
- Les racines et les tiges au niveau du collet sont le plus souvent infectées en premier. Ensuite, le feuillage présente des zones chlorosées et les pétioles flétrissent. Les jeunes plants atteints dépérissent rapidement étant donné la perte de fonctionnalité du système racinaire qui finit par brunir et pourrir.
- Survie dans le sol grâce aux débris végétaux. Peut infecter et survivre sur des plantes appartenant à d'autres familles végétales sans manifester de symptômes.
- Le système d'irrigation et les solutions nutritives infectées par le champignon peuvent être une source de contamination.
- Les mouches de terreau (sciarides) favorisent la propagation de la maladie.
- Pour plus d'informations voir les fiches *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* (Fusariose) ([Blancard, 2013b](#)) et *Fusarium oxysporum f. sp. radicum-lycopersici* (Fusariose racinaire) ([Blancard, 2013c](#)).

Méthodes de lutte et actions préventives

- Variétés résistantes ou utiliser des porte-greffes résistants en serre.
- Évaluer le drainage, la régie d'irrigation et la qualité de la structure du sol.

Biofongicides à base de :

- *Bacillus subtilis*
- *Streptomyces griseoviridis*



Figure 9.16. Fusariose des racines et du collet.

Source : Iriis phytoprotection



Figure 9.17. Symptômes sur le plant

Source : Sophie Guimont, Bio Action

Pourriture des racines et du collet, Fonte des semis (*Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia*)

Tomate et poivron

Particularités de la maladie

- La maladie engendre une mauvaise levée et l'affaissement des semis. Les plantules peuvent être affectées avant ou après la transplantation et vont présenter des racines brunes et la plupart du temps des collets étranglés, ce qui engendre le flétrissement et éventuellement la mort des plants.
- Des températures de l'air et de sol fraîches (entre 10°C et 15°C), un sol qui demeure humide trop longtemps et une croissance des plants réduite sont des facteurs qui accroissent l'incidence de la maladie.
- Affecte de nombreuses cultures légumières.

Méthodes de lutte et actions préventives

- Assurer un chauffage et une irrigation adéquats.
- Augmenter la diversité de la microflore du sol. Évaluer le drainage, la régie d'irrigation et la santé du sol.
- Pour les semis, utiliser un terreau équilibré avec une teneur minimale en compost. Éviter de déposer les plateaux de semis directement au sol. L'utilisation de tables chauffantes pour semis ou le chauffage du sol en serre au printemps réduit grandement l'incidence de la maladie.

Biofongicides à base de :

- *Streptomyces griseoviridis*
- *Bacillus subtilis*
- *Trichoderma harzianum*
- *Bacillus amyloliquefaciens*
- Biofumigant à base de graines de moutardes (*Brassica juncea*)



Figure 9.18. Lésions des tiges sur des plants de poivrons repiqués

Source : MAAARO ©Queen's Printer for Ontario, 2019



Figure 9.19. Fonte des semis sur plantules de poivrons

Source : MAAARO ©Queen's Printer for Ontario, 2019

Mildiou (*Phytophthora infestans*)**Tomate****Particularités de la maladie**

- Maladie occasionnelle et très virulente certaines années.
- Certaines souches du mildiou de la tomate sont communes à celles du mildiou de la pomme de terre.
- La maladie progresse plus rapidement en période pluvieuse, humide avec des nuits fraîches et des journées modérément chaudes (entre 18 et 24 °C). Très difficile à contrôler si l'inoculum dans l'air est présent et que le climat favorise la maladie.
- Observé surtout en bordure des tunnels chenille et moins fréquent en serre.
- Le mycélium bleu/gris se développe sur la face inférieure des feuilles et peut être observé lorsque l'humidité relative est élevée. Par la suite, les folioles peuvent flétrir et mourir. Présence possible de chancre brunâtre sur les tiges et les pétioles. Sur les fruits, on peut voir des lésions brunâtres et huileuses à la surface. Sous conditions de fortes humidités, le mycélium peut également se développer sur les fruits infectés.

Méthodes de lutte et actions préventives

- Une atmosphère sèche et des températures proches de 30 °C inhibent le mildiou. En serre chauffée, hausser la température durant quelques heures afin de limiter l'infection.
- Variétés de tomates déterminées résistantes (choix limité).
- Rotation et fertilisation équilibrée.
- Surveiller l'arrivée de la maladie en région (RAP) et procéder à des traitements préventifs répétés, car la maladie progresse rapidement.
- Favoriser une bonne ventilation et une densité de plantation adéquate.
- Éliminer rapidement les premières feuilles infectées.

Biofongicides à base de :

- Cuivre
- Huile de Mèlaleuca
- *Reynoutria sachalinensis*
- Ail
- *Bacillus mycoides*
- *Bacillus subtilis*



Figure 9.20. Brunissement sur épiderme

Source : Liette Lambert, MAPAQ



Figure 9.21. Brunissement et mycélium sur folioles de tomate

Source : Sophie Guimont, Bio Action

Moississure grise ou chancre des tiges (*Botrytis cinerea*)

Tomate et poivron

Particularités de la maladie

- Maladie observée surtout par temps moyennement frais (entre 17°C et 23°C) et humide. L'infection primaire se développe sur les fleurs et les sépales. Elle s'étend par la suite sur les tiges et les feuilles. Avec le temps, on peut apercevoir un mycélium gris/noir très caractéristique.
- La ventilation déficiente, l'humidité ambiante élevée, le manque de chauffage et un faible ensoleillement sont des conditions idéales pour la moisissure grise.
- La conservation des fruits atteints est grandement affectée.
- La maladie persiste plusieurs années dans le sol et peut affecter diverses plantes légumières.
- Pour plus d'informations, voir la fiche de la moisissure grise sur la tomate ([Lambert, 2019b](#)).



Figure 9.22. Moississure grise sur fruit
Source : Sophie Guimont, Bio Action

Méthodes de lutte et actions préventives

- Favoriser une bonne aération, éviter la condensation sur les plants et les zones d'humidité sous abris.
- Éviter les fuites d'eau dans le système d'irrigation et la condensation sur les polyéthylènes des serres et tunnels.
- Chauffer légèrement pour augmenter la température lentement le matin, tout en ventilant, afin de déshumidifier la serre lorsque les conditions sont propices.
- Pratiquer une fertilisation et une régie de culture équilibrées afin d'éviter des plants étiolés et des tissus tendres.
- Tailler les sections de plantes atteintes dès l'apparition des premiers symptômes et traiter avec des fongicides afin de réduire la propagation.
- Tailler les plants avec des outils bien aiguisés et idéalement le matin. **Ne pas laisser de moignons indésirables lors de la taille des tiges et des fruits.** Enlever les vieilles grappes de fruits vides (sans tomate). Utiliser des supports à tiges afin d'éviter que celles-ci ne touchent le sol (tomate de serre).



Figure 9.23. Mycélium sur feuille
Source : Iriis phytoprotection

Biofongicides à base de :

- Huile de Mèlaleuca
- *Bacillus subtilis*
- *Bacillus amyloliquefaciens*
- *Trichoderma harzianum*
- *Gliocladium catenulatum*
- *Reynoutria sachalinensis*
- *Aureobasidium pullulans*
- Peroxyde d'hydrogène
- Peroxyde d'hydrogène et acide peracétique



Figure 9.24. Chancre et mycélium sur tiges de tomate
Source : Sophie Guimont, Bio Action

Sclérotiniose ou pourriture blanche (*Sclerotinia minor*, *Sclerotinia sclerotiorum*)**Tomate et poivron****Particularités de la maladie**

- Affecte en général peu de plants. Au début du cycle de la maladie, un mycélium blanc apparaît sur les tiges, souvent à la base. Par la suite, des sclérotés noirs (organe de survie du champignon) vont se développer à l'intérieur des tiges affectées.
- Maladie présente en conditions de forte humidité.
- Plusieurs autres plantes cultivées sont fragiles à la pourriture blanche. C'est le cas de l'aubergine, du haricot, de plusieurs crucifères tel le chou et le rutabaga, des cucurbitacées, du pois, du rutabaga, du soya et de plusieurs mauvaises herbes.

Méthodes de lutte et actions préventives

- Arracher les plants atteints rapidement avant la formation des sclérotés, car ceux-ci peuvent survivre dans le sol jusqu'à 8-10 ans. Cette mesure est de loin la plus efficace pour éviter la contamination en cours de saison et au fil des ans.
- Rotation.
- Si la pression de la maladie est forte, l'utilisation de biofongicide tel que *Coniothyrium minitans* peut être justifiée. Certaines conditions d'utilisation doivent être respectées, dont notamment les délais d'application et le travail du sol (se référer à l'étiquette du produit).



Figure 9.25. Sclérotés dans une tige de tomates.

Source : Iriis phytoprotection



Figure 9.26. Mycélium sur plant de poivron

Source : Yveline Martin, Bio Action

Septoriose (*Septoria lycopersici*)

Tomate



Figure 9.27. Tache sur folioles de tomate.

Source : Iriis phytoprotection

Particularités de la maladie

- Maladie occasionnelle dans les tunnels chenille.
- Symptômes souvent confondus avec ceux de l'alternariose (tache en cible). Cependant, les taches de septoriose sont généralement plus petites et regroupées et, la plupart du temps, on peut observer la présence de pycnides.
- Favorisé par une ventilation déficiente et des conditions d'humidité sur le feuillage.

Méthodes de lutte et actions préventives

- Semences saines.
- Enlever et éliminer les feuilles et les tiges atteintes.

Biofongicides à base de :

- Cuivre

Verticilliose (*Verticillium albo-atrum*, *Verticillium dahliae*)

Tomate (surtout) et poivrons (rarement)

Particularités de la maladie

- Les symptômes débutent habituellement sur les feuilles âgées. Des chloroses avec plages nécrosées en forme de V sont caractéristiques de la maladie. Flétrissement d'une ou de plusieurs folioles.
- Accentué par la présence de nématodes phytoparasites et en sol mal drainé.
- L'aubergine est une culture très sensible.
- Fréquent en tunnel chenille lorsque l'eau entre facilement par les côtés. Davantage présent en fin de saison lors de la diminution de la photopériode.

Méthodes de lutte et actions préventives

- Arracher les plants le plus rapidement possible et les détruire.
- Rotation avec une autre famille que celle des solanacées.
- Éviter d'avoir une irrigation trop abondante.
- Biofumigant à base de graines de moutarde (*Brassica juncea*).
- Variétés résistantes ou porte-greffe résistant.



Figure 9.28. Verticilliose sur feuilles de tomates

Source : MAAARO ©Queen's Printer for Ontario, 2019

Blanc (*Oidium lycopersicum*, *Erysiphe orontii* et *cichoracearum*)**Tomate**

Figure 9.29. Mycélium sur plant
Source : Liette Lambert, MAPAQ



Figure 9.30. Mycélium sur foliole
Source : Liette Lambert, MAPAQ



Figure 9.31. Taches sur tige de tomate
Source : Liette Lambert, MAPAQ

Particularités de la maladie

- Maladie fréquente surtout en fin de saison dans tous les types d'abris, particulièrement lorsque le contrôle de l'environnement est déficient.
- Champignon d'aspect poudreux et blanc qui recouvre les feuilles, surtout à la face supérieure. Sous la pression du champignon, des taches chlorotiques et finalement nécrotiques apparaissent sur les feuilles.
- De façon générale, le champignon préfère des conditions ambiantes chaudes et humides avec une hygrométrie entre 70 à 80 %. Au-dessus de 80 %, le développement sera réduit. La maladie se développe mieux durant les périodes de fluctuations de température (écart chaud-froid) et d'humidité. Toutefois, la présence d'eau libre n'est pas requise pour l'infection.
- Pour plus d'informations, voir la fiche technique du blanc sur la tomate ([Muller et Lambert, 2015](#)).

Méthodes de lutte et actions préventives

- Variétés de tomate résistantes (choix limité).
- Éviter les conditions qui favorisent la condensation sur le feuillage.
- Éviter de surfertiliser en azote.
- Élimination et enfouissement des résidus de culture

Biofongicides à base de :

- Ail
- Soufre (différentes formulations sont disponibles et efficaces)
- Bicarbonate de potassium
- Huile minérale ou végétale
- Huile de Mélaleuca
- *Bacillus subtilis*
- *Reynoutria sachalinensis*

Note : L'huile minérale ainsi que les produits à base de *Reynoutria sachalinensis* donnent de bons résultats lorsqu'appliqués en prévention (conditions favorables à la maladie) et en début d'infection.

Maladies des racines liégeuses (*Pyrenochaeta lycopersici*)

Tomate



Figure 9.32. Lésions liégeuses sur racines.

Source : Liette Lambert, MAPAQ

Particularités de la maladie

- Champignon plus fréquent en serre qu'en tunnel ou en champ, étant donné les rotations de cultures plus limitées.
- L'infection se fait au printemps lorsque les sols sont frais, mais les symptômes apparaissent souvent en début d'été lors de conditions climatiques chaudes.
- Brunissement des radicelles et présence de lésions liégeuses, sèches et enflées sur les racines. Les plants manquent de vigueur et des chloroses apparaissent sur les feuilles qui peuvent flétrir. Des lésions brunes apparaissent à la base des tiges.

Méthodes de lutte et actions préventives

- La pasteurisation des sols est peu efficace étant donné que le champignon peut s'enfouir en profondeur.
- Choisir un porte-greffe hautement résistant. Le greffage est la meilleure méthode de lutte.

Maladies virales

Plusieurs virus peuvent se retrouver dans les cultures de tomates et de poivrons, tant en production de champ qu'en abri froid ou en serre chauffée. Ils sont toutefois moins courants que les maladies fongiques et bactériennes. La plupart du temps, on retrouve des plants virosés de façon isolée. Plusieurs variétés de tomates et de poivrons possèdent des résistances à une grande palette de virus, ce qui explique qu'ils soient moins observés. Les virus survivent uniquement dans les tissus vivants. Ils sont transmis d'un plant à l'autre par simple contact (avec lésion sur les tissus végétaux), par les semences, ou par un insecte vecteur (exemples : thrips, aleurodes, pucerons) ou les nématodes. Il n'existe aucune solution de traitement contre les maladies virales, seule l'éradication des plants atteints permet de limiter leur propagation.

En cas de présence de plants au feuillage difforme ou rabougri, ne pas hésiter à arracher et à jeter ces plants. Peu importe le virus, la problématique ne doit pas se propager aux plants sains.

Tableau 9.3. Liste des principaux virus des tomates et des poivrons retrouvés au Québec

Virus	Culture affectée	Vecteur	Symptômes
CMV - <i>Cucumber Mosaic Virus</i>	Tomate Poivron	Pucerons	Un rétrécissement marqué (mosaïque en lacet) des jeunes feuilles du plant de tomate. Les plants sont rabougris et produisent peu ou pas de fruits vendables (fruits petits, avec taches annulaires affaissées ou surface rugueuse). Virus plus rare et souvent combiné à d'autres viroses.
TMV - <i>Tobacco Mosaic Virus</i>	Tomate Poivron	Contact	Des marbrures en mosaïque vert pâle et vert foncé apparaissent sur les feuilles. Les folioles sont petites et déformées (elles sont étroites et en forme de feuilles de fougère). Le mûrissement du fruit peut être inégal, les fruits sont souvent petits et difformes. Mouchetures sur le fruit. Il n'y a pas de variété résistante à ce virus.
ToMV - <i>Tomato Mosaic Virus</i>	Tomate Poivron	Contact	
TSWV - <i>Tomato Spotted Wilt Virus</i>	Tomate	Thrips	Les tiges peuvent présenter des traces sombres. Les jeunes feuilles des plants de tomates peuvent prendre une teinte brun-violacé (bronzage) et présenter par la suite plusieurs petites taches sombres.

Voici des références au sujet des maladies virales :

- Maladies virales des poivrons ([MAAARO, 2009b](#))
- Institut National de la recherche agronomique : maladies virales dans la tomate. Site Éphytia ([Blancard, 2013d](#)).
- [Iriis phytoprotection](#)

LUTTE CONTRE LES INSECTES RAVAGEURS

La majorité des insectes ravageurs présents en champ peuvent également se retrouver sous serre ou en tunnel et peuvent même s'y plaire davantage. C'est le cas notamment des pucerons, des thrips et des tétranyques.

Prévention

Plusieurs ravageurs survivent au gel hivernal en se réfugiant sous différentes formes (œufs, pupes, etc.), soit sur les mauvaises herbes, les résidus de culture ou sur le matériel et les équipements. La désinfection des structures et du matériel (tables, etc.) après la saison de production est importante (cf. section sur la désinfection du présent chapitre). La pratique du vide sanitaire est aussi recommandée afin de diminuer la pression des insectes pour l'année suivante.

La pose de moustiquaires dans les ouvertures des serres et des tunnels peut faire partie d'une stratégie de lutte intégrée. C'est une pratique courante en serre de concombres pour lutter contre les punaises et les chrysomèles pour lesquelles aucun moyen de lutte biologique n'est efficace. Le choix de la grosseur des mailles des moustiquaires dépendra des ennemis visés. Plus le ravageur est de taille importante, plus le maillage sera grossier, ce qui aura aussi moins d'impact sur la ventilation naturelle. Le document suivant : *Les filets anti-insectes ou comment garder les insectes à distance de vos légumes* fait le point sur les grosseurs de maille en lien avec la largeur des insectes les plus fréquents en production légumière ([Villeneuve, 2014](#)).

Des essais portant sur l'usage des filets anti-insectes installés sur de grands tunnels ont été réalisés par le Centre de recherche agricole de Mirabel (CRAM). Les cultures à l'étude étaient le poivron, le concombre libanais et l'aubergine (Lamothe et Provost, 2016). On y a observé une réduction des populations de la pyrale du maïs, de la punaise terne et des pucerons avec l'utilisation des filets à petites mailles (filet AF4040 de Récoltech, filet Proteknet 80g de Dubois et filet Pare-Insectes d'Harnois). Ces essais ont été réalisés dans la région de Mirabel et le gain de chaleur obtenu grâce aux filets a permis de réduire la proportion de fruits déclassés. Le rendement total de poivrons était significativement plus important pour certains types de filets.

Les résultats de l'essai réalisé au CRAM ne doivent pas être généralisés. Avant de choisir et d'installer un filet anti-insecte sur la structure, il faudra respecter différentes consignes techniques afin de ne pas trop restreindre l'aération de l'abri (cf. Chapitre 1, Ventilation naturelle). Dans le cas contraire, l'excès de chaleur et le manque de ventilation pourraient être problématiques et nuire au rendement de fruits de qualité tout en favorisant le développement de certaines maladies, désordres physiologiques (pourriture apicale, chute de fleur) et ravageurs.

Quant à l'usage de filets anti-insectes installés directement sur les plantes, cette pratique n'est habituellement pas recommandée. Leur présence sur la culture nuit au travail des prédateurs et des parasitoïdes et la température plus chaude et humide sous les filets accroît le risque de maladies et de certains insectes nuisibles. Toutefois, dans le cas de la lutte contre les punaises dans l'aubergine et le poivron, l'utilisation d'un filet à grosses mailles pourrait être envisagée lorsque la pression du ce ravageur et l'historique de dommages sur le site sont préoccupants. Cette pratique gagne à être combinée avec un dépistage régulier des ravageurs sous le filet afin de réagir rapidement en cas de début d'infestation par de petits insectes comme les pucerons et les tétranyques.

Agents de lutte biologique

Les abris se prêtent particulièrement bien à l'introduction d'auxiliaires tels que les insectes prédateurs et parasitoïdes. Le Tableau 9.4 dresse la liste des principaux agents de lutte biologique utilisés en serre. La prévention est de rigueur puisque plusieurs auxiliaires doivent être introduits à l'avance ou dès l'apparition des ravageurs (ex. : *Aphidius sp.* contre les pucerons, *Neoseiulus cucumeris* sur tomate et *Amblyseius swirskii* sur poivron contre les thrips). Plus rarement, certains auxiliaires performant mieux en présence de foyers de ravageurs. C'est le cas de *Phytoseiulus persimilis* contre le tétranyque à deux points.

Le dépistage régulier des auxiliaires bénéfiques, des populations de ravageurs ou de leur niveau de parasitisme permet de suivre l'évolution de l'équilibre à atteindre entre les populations d'insectes utiles et les nuisibles. Ce suivi régulier sert à évaluer la pertinence de réaliser ou non de nouvelles introductions d'insectes bénéfiques. Il faudra considérer le délai de livraison auprès des fournisseurs d'auxiliaires afin de bien cibler les introductions. Par exemple, *N. cucumeris*, qui se nourrit exclusivement des larves de thrips, doit être introduit régulièrement alors que *Orius* et *A. swirskii* nécessitent seulement de 1 à 2 introductions, étant donné les sources variées d'alimentation (larves de thrips, pollen des fleurs de poivron,) ce qui contribue à leurs survies.

Les conditions environnementales affectent la performance et le développement des auxiliaires. Par exemple, *P. persimilis*, *Neoseiulus californicus* et *A. swirskii* ont besoin d'un taux d'humidité élevé pour survivre. Ces derniers tolèrent également les grandes chaleurs estivales tandis qu'*Aphidius colemani* et *matricariaea* deviennent moins performants à des températures sous les 18 °C. Quant aux larves de chrysopes, elles tolèrent bien les températures froides et peuvent ainsi être utilisées dans la lutte aux pucerons sur les cultures d'automne. En ce qui a trait à leur alimentation, certains sont ultra-spécifiques tel *P. persimilis* qui consomme uniquement des tétranyques, tandis que les punaises prédatrices *Orius* et *Dicyphus* sont plus généralistes.

Certains auxiliaires qui hivernent sous nos conditions entrent en diapause naturellement lorsque la photopériode et la température diminuent à l'automne (ex. : *Orius*, *N. fallacis*, *Aphidoletes*, chrysopes, coccinelles). D'autres ont une diapause reproductive, ce qui signifie que les individus démontrent une plus faible activité, ne complètent pas leur cycle de reproduction et se nourrissent très peu. Durant ces différentes périodes de diapause, ces auxiliaires n'offriront pas un bon contrôle des ravageurs.

Si la pression des ravageurs est trop élevée ou que l'équilibre entre la pression du ravageur et celle des auxiliaires semble impossible à atteindre, il peut être nécessaire de faire un ou plusieurs traitements insecticides en foyers localisés. Les savons et les huiles horticoles, bien que non compatibles avec les auxiliaires, ne laissent pas de résidus toxiques, ce qui permet de les réintroduire immédiatement après le traitement. D'autres produits comme BioCeres sont très compatibles avec la plupart des auxiliaires (sauf *Orius* et *Aphidius*).

Aucun insecticide biologique n'est totalement sécuritaire envers les auxiliaires. Selon la matière active utilisée, un délai plus ou moins long doit être respecté entre le traitement et l'introduction des insectes bénéfiques. Les liens internet suivants fournissent des informations sur la compatibilité des pesticides avec les auxiliaires :

- RAP - Cultures en serres – Bulletin d'information No 5, 2017 : *Compatibilité des pesticides avec la lutte biologique en serre* (Lambert et coll., 2017).
- *Tableau lutte intégrée : taux d'introduction des auxiliaires* de la compagnie Plant Products (Plant Products, 2019).

La connaissance du cycle de vie et des conditions favorables à la survie des prédateurs et des parasitoïdes est un atout majeur afin de bien les utiliser. Renseignez-vous auprès d'un conseiller spécialisé ou d'un fournisseur d'agents de lutte biologique.

En complément d'information, la description complète du cycle biologique des ravageurs et des auxiliaires, des méthodes de luttes et des photos de référence sont disponibles sur plusieurs sites internet :

- [Iriis phytoprotection](#)
- Affiche du CRAAQ : *Lutte biologique en serre* ([CRAAQ, 2011](#))
- Centre d'expertise en horticulture ornementale du Québec, section sur la lutte biologique ([IQDHO, 2017](#))
- *Culture du poivron en serre au Québec : Fiche technique de lutte biologique* ([Turcotte et Chouffot, 2013](#))

Le Tableau 9.4 dresse la liste des principaux prédateurs et parasitoïdes utilisés en production de légumes de serre.

Ravageurs	Prédateurs et parasitoïdes vendus commercialement	
Pucerons	<i>Adalia bipunctata</i> <i>Aphidius colemani</i> <i>Aphidius ervi</i> <i>Aphidius matricariae</i> <i>Aphidoletes aphidimyza</i>	<i>Aphelinus abdominalis</i> <i>Chrysoperla spp.</i> <i>Hippodamia convergens</i>
Tétranyques à deux points	<i>Phytoseiulus persimilis</i> <i>Feltiella acarisuga</i> <i>Neoseiulus californicus</i>	<i>Amblyseius andersoni</i> <i>Neoseiulus fallacis</i> <i>Stethorus punctillum</i>
Aleurodes	<i>Amblyseius swirskii</i> <i>Encarsia formosa</i>	<i>Eretmocerus eremicus</i> <i>Delphastus catalinae</i> <i>Dicyphus hesperus</i>
Thrips	<i>Neoseiulus cucumeris</i> <i>Amblyseius swirskii</i>	<i>Orius insidiosus</i> <i>Stratiolaelaps et Gaeolaelaps</i> <i>Steinernema feltiae</i>

Adapté de [Lambert et coll. \(2017\)](#) et [Plant Products \(2019\)](#)

Principaux insectes ravageurs

Pyrale du maïs sur poivron (Ostrinia nubilalis)

Ce ravageur peut causer des dommages importants sur les fruits de **poivron** à partir du moment où la jeune larve perce un trou près du calice. Le poivron est très vulnérable aux dommages de la pyrale à partir du moment où le jeune fruit atteint 2,5 cm de diamètre. À noter qu'il y a deux races de pyrale, soit l'univoltine et la bivoltine. La première génération de bivoltine engendre rarement des dommages à moins que de jeunes fruits soient déjà présents sur les plants en juin.

Les bulletins des RAP – Réseaux d'avertissements phytosanitaires, Solanacées et Maïs sucré, rendent compte des captures hebdomadaires de papillons de la pyrale par région, ce qui permet de mieux cibler les introductions de trichogrammes qui sont des guêpes parasitoïdes. La pression de la pyrale est très variable d'un site à l'autre et sa pression diminue en général au fil des années avec l'augmentation des superficies cultivées en maïs grain de type OGM. La culture de maïs sucré frais dans les alentours sera par ailleurs favorable à une pression plus élevée de pyrale. En absence d'historique de dommage avec ce ravageur, il ne faut pas s'inquiéter outre mesure, tout en gardant l'œil ouvert. Sur les sites à risque, l'utilisation de trichogrammes du mois de juillet à la fin de la récolte protège, en général, bien les poivrons. Pour plus d'information, voir la fiche technique du RAP - Maïs sucré, portant sur la pyrale ([Duval et coll., 2018](#)).

Punaise terne sur poivron et tomate (*Lygus lineolaris*)

La punaise terne est fréquente en champ et sous tunnel alors que la pression de l'insecte est souvent moindre en serre. Ce ravageur cause surtout des dommages en juillet et en août. Il prolifère dans les hautes herbes, prairies, fraisières et mauvaises herbes à proximité des abris. La nymphe de la punaise terne ressemble aux pucerons, mais se déplace beaucoup plus vite et n'a pas de cornicule (Figure 9.36).

Sur le **poivron** et l'**aubergine**, les adultes piquent les points de croissances des boutons floraux et les fruits alors que les larves piquent surtout les fruits (Figure 9.33). Les jeunes feuilles situées à l'apex des plants peuvent devenir piquées ou tordues. Il est plus rare d'avoir à lutter contre ce ravageur dans la **tomate**. Dans certains sites, les fruits de tomate peuvent toutefois être endommagés par les adultes ou les larves (Figure 9.34). La salive de l'insecte étant phytotoxique, des pourritures secondaires peuvent apparaître sur les fruits suite aux piqûres d'alimentation. Les zones de tissus morts prennent une apparence blanchâtre à nécrosée.

Sur les plantes de **poivron**, étant donné que l'adulte engendre la chute des boutons floraux et des jeunes fruits, les rendements et la régularité des récoltes peuvent en être sévèrement affectés. Attention à ne pas confondre les dommages causés par l'insecte avec d'autres causes. Par exemple, les stress cultureux ainsi que la présence simultanée de jeunes fruits qui grossissent en même temps sur les plants, vont entraîner une chute généralisée des boutons floraux, des fleurs ou des très jeunes fruits. Dans ces derniers cas, les dommages vont avoir tendance à être plus généralisés. L'observation de la présence de l'insecte ainsi que des dommages répartis par foyers sont davantage associés à la punaise terne.

Un traitement à base de savon insecticide permet de réduire la pression de l'insecte, mais est plus efficace sur les nymphes que sur les adultes. Il n'y a aucun auxiliaire recommandé pour lutter contre ce ravageur. Pour obtenir davantage d'images et d'informations, voir la fiche technique sur la punaise terne dans le poivron de serre publiée sur Agri-Réseau ([Muller et coll., 2018](#)).



Figures 9.33-9.34. Dommages de punaise terne sur poivron et tomate
Source : Christine Villeneuve MAPAQ



Figure 9.35. Punaise terne adulte

Figure 9.36. Larve de punaise terne

Source : Iriis phytoprotection

Pucerons sur poivron

Puceron vert du pêcher (*Myzus persicae*)

Puceron vert du melon (*Aphis gossypii*)

Puceron de la pomme de terre (*Macrosiphum euphorbiae*)

Puceron de la digitale (*Aulacorthum solani*)

Le puceron est le ravageur qui affecte le plus la culture du **poivron** en serre. Cet insecte piqueur suceur qui s'alimente de la sève des plants nuit à leur bonne croissance. De plus, la présence de miellat, substance sucrée et collante laissée par les pucerons, est favorable au développement d'un champignon, la fumagine, qui peut se retrouver tant sur le feuillage que sur les fruits, ce qui est d'autant plus problématique. Les conditions de chaleur et d'humidité sont propices à la prolifération de ce ravageur. Une fertilisation azotée excessive rend les plants plus attractifs pour les pucerons. Voir aussi la fiche technique sur les pucerons dans le poivron de serre publiée sur Agri-Réseau ([Muller et Lambert, 2018b](#)).

Les produits à base de pyréthrine naturelle, le savon insecticide, ainsi que des formulations commerciales non phytotoxiques d'huile minérale ou végétale peuvent diminuer efficacement la pression du ravageur. Étant donné que ces produits agissent par contact, une pulvérisation adéquate de la surface foliaire où se retrouvent les pucerons est nécessaire. Bien souvent, ces insectes se tiennent au verso des feuilles et parfois sur les points de croissance des plants. En période plus chaude, il peut s'avérer nécessaire de faire plus d'un traitement étant donné le cycle de développement accéléré du puceron.

Le produit BioCeres qui est formulé à partir d'un champignon bénéfique, *Beauveria bassiana* est homologué contre le puceron et le thrips dans la tomate et le poivron en serre. Pour être efficace, ce produit doit être appliqué plusieurs fois à un intervalle de 5 à 7 jours et idéalement lorsque les conditions sont fraîches et humides, soit en début et en fin de saison.

L'utilisation combinée d'insectes prédateurs et parasitoïdes en alternance avec des insecticides biologiques est souvent nécessaire lors d'infestations importantes. Il est possible que des

auxiliaires comme les chrysopes, syrphes, coccinelles, praons et *Aphelinus* se retrouvent naturellement dans les serres.

Les guêpes parasitoïdes *Aphidius* sp. et *Aphelinus* peuvent être utilisées en prévention ou dès l'apparition des premiers pucerons. La larve prédatrice d'*Aphidoletes aphidimyza* peut être introduite par la suite advenant une augmentation des populations de pucerons. En été, en raison de l'abondance naturelle d'hyperparasites sur *Aphidius*, il est préférable de cesser son utilisation. À noter que l'utilisation de plantes réservoirs (ex : pucerons des céréales élevés sur une céréale avec introduction d'*Aphidius* ou molène cultivée avec introduction de *Dicyphus*) est une méthode qui peut être recommandée pour améliorer l'efficacité des auxiliaires. À noter que *Dicyphus* peut avoir un effet tant sur le puceron que sur l'aleurode. Bien que l'implantation de *Dicyphus* dans la molène soit lente (3-4 mois), une fois les molènes établies, elles peuvent servir de plantes réservoirs durant des années, si elles sont protégées du gel hivernal. Une conférence présentée par le Club Bio-Action fournit plus d'informations sur la technique d'élevage d'*Aphidius* avec des plantes réservoirs pour lutter contre les pucerons dans le poivron de serre trois saisons ([Guimont, 2015](#)).

Étant donné que les parasitoïdes sont la plupart du temps spécialisés selon le type de puceron, leur identification est incontournable. Voici quelques références qui vous aideront à bien identifier les principaux pucerons retrouvés dans les légumes de serre et de champ.

- Fiche technique sur l'identification des principaux pucerons en serres maraîchères et les parasitoïdes à utiliser ([Lambert, 2019a](#)).
- Document vidéo de l'institut québécois du développement de l'horticulture ornementale sur l'identification des pucerons en serres ornementales ([IQDHO, 2018](#)).
- Fiche technique sur l'identification des principaux pucerons en serre ([Gillespie et Lambert, 2005](#)).
- Présentation sur les principaux pucerons retrouvés en serre lors de la journée sur les méthodes biologiques en horticulture ornementale 2011 ([Martineau, 2011](#)).
- *Guide d'identification des pucerons dans les cultures maraîchères au Québec* de PRISME ([Gaudin et Boivin, 2002](#)).



Figure 9.37. Puceron
Source : Liette Lambert, MAPAQ



Figure 9.38. (gauche) Colonie de poivron
 Figure 9.39. (droite) Pucerons verts du pêcher parasités par *Aphidius colemani*
 Source : Liette Lambert, MAPAQ



Stratégie de lutte biologique

**Témoignage : Arnaud Mayet, Ferme Cadet Roussel
 Mont-Saint-Grégoire (Montérégie)**

*L'utilisation de la méthode d'élevage d'*Aphidius colemani* en serre/tunnel sur des pucerons de céréales nous a permis de supprimer les infestations des pucerons verts du pêcher et du melon sur les cultures d'aubergines, de poivrons et de légumes de début et de fin de saison. Après quelques années d'introductions d'*Aphidius*, d'*Aphidoletes* et de coccinelles, nous remarquons que ces auxiliaires reviennent naturellement au fil des ans, et ce, sans réintroduction. Le puceron n'est dorénavant plus un problème dans nos serres. Savoir reconnaître les parasitoïdes et les prédateurs permet de trouver le bon équilibre entre ceux-ci et les ravageurs, ce qui facilite la décision de refaire une introduction au besoin. Par mesure de sécurité, nous élevons des *Aphidius colemani* dans un mini-tunnel dédié à cela, pour en avoir toujours sous la main. La méthodologie doit être suivie rigoureusement et une personne très minutieuse est dédiée à cette tâche pour environ 15 minutes par jour.*

Thrips sur poivron et tomate (Thrips tabaci, Frankliniella occidentalis)

Par temps chaud et sec, les thrips sont parfois problématiques sur le **poivron** et plus rarement sur la **tomate**. Les pupes survivent dans le sol, même dans une serre non chauffée. Ils sucent la sève, affaiblissent la plante et font des lésions sur les feuilles et les fleurs. Ils peuvent également être vecteurs de virus.

Si la pression de l'insecte devient un problème, il est recommandé de faire des traitements avec des produits à base d'huile minérale ou végétale. C'est l'option la plus efficace pour réduire les populations de thrips. Par la suite, l'utilisation d'agent de lutte biologique est intéressante afin de maintenir les populations du ravageur sous un seuil tolérable.

Dans le **poivron**, dès qu'il y a floraison et présence de pollen, il est recommandé d'introduire *Orius insidiosus* et *Amblyseius swirskii*. L'acarien prédateur, *Neoseiulus cucumeris* est moins dispendieux, tout en étant une bonne option lorsque les températures sont supérieures à 12 °C. Lorsque les températures sont chaudes, *A. swirskii* (minimum 15 °C, optimale 25-28 °C) est un meilleur choix, contrairement à *N. cucumeris* qui ne s'y plait pas. Afin d'obtenir une protection de longue durée, il est recommandé d'acheter des auxiliaires en sachet à libération lente alors que pour une action immédiate, les auxiliaires en vrac sont plus efficaces. Dans la **tomate**, il est possible d'introduire *Neoseiulus cucumeris*, *Amblyseius swirskii* ou *Orius insidiosus*, toutefois leur efficacité n'est pas démontrée. Il se pourrait que les poils englués des feuilles de tomate limitent le déplacement et la survie des auxiliaires.

Étant donné que les thrips s'empoussent au sol, il est possible de briser leur cycle de développement en utilisant un plastique ou un géotextile au sol, blanc ou noir. En cas d'infestation en fin de saison, de la chaux hydratée peut être épandue au sol et sous les tables. La chaux brûle les pupes de thrips.

Voici des références sur le sujet : Fiche technique des thrips sur le poivron de serre ([Lambert et Muller, 2019b](#)), Fiche technique des thrips sur la tomate de serre ([Lambert et Muller, 2019c](#)).



Figures 9.40 et 9.41. Thrips
Source : Liette Lambert, MAPAQ

Tétranyque à deux points sur poivron et tomate (*Tetranychus urticae*)

Tout comme les thrips, les tétranyques peuvent devenir problématiques lorsque des conditions climatiques chaudes et sèches prévalent. L'insecte s'attaque en ordre de préférence aux solanacées suivantes : **aubergine, poivron** et enfin **tomate**. Les tétranyques sucent la sève, affaiblissent la plante, font des microlésions d'apparence bronzée sur les feuilles et génèrent de petites toiles d'araignée.

Dans les serres de poivrons, la brumisation peut être utilisée afin d'augmenter l'humidité ambiante lorsque le déficit hydrique est trop élevé. Cette pratique permet également de réduire les infestations de tétranyques qui peuvent proliférer lorsque l'environnement est chaud et sec. La brumisation doit être réalisée avec des équipements appropriés afin de ne pas générer trop d'humidité sur le feuillage. Elle n'est toutefois pas recommandée dans les serres de tomates, car elle augmente les risques de prolifération des maladies (notamment la moisissure olive).

En cas de forte infestation, il est possible de faire une pulvérisation à base de savons insecticides ou de formulations commerciales non phytotoxiques d'huile végétale ou minérale. Toutefois, les toiles faites par les tétranyques rendent l'application des produits de contact moins efficace. C'est pourquoi il est recommandé d'utiliser une pression d'au moins 550 psi et des gouttelettes fines de 150 à 200 microns. L'utilisation d'agents de lutte biologique est recommandée afin de contrôler les populations de tétranyques. Sur la tomate et le poivron, *N. californicus*, *A. andersoni*, ou *N. fallacis* sont efficaces lorsqu'utilisés en prévention ou lors des premières détections. L'utilisation de *P. persimilis* est préconisée en présence de foyers d'infestation.

Voici une référence sur le sujet : Fiche technique des tétranyques à deux points sur tomate de serre ([Lambert et Muller, 2019a](#)).



Figures. 9.42 et 9.43. Tétranyques à deux points

Source : Liette Lambert, MAPAQ

Tarsonème sur poivron et tomate (*Phytonemus pallidus*)

Le tarsonème s'attaque parfois au **poivron** et plus rarement à la **tomate**. Cet acarien est minuscule (0,10 à 0,25 mm) et n'est pas visible à l'œil nu (Figures 9.46). Le tarsonème se plaît à des températures autour de 20 °C, à une humidité relative élevée et par faible luminosité. Les problèmes proviennent souvent d'une contamination des transplants en pépinière.

L'alimentation du tarsonème cause des déformations et des cicatrices liégeuses qui débutent à la base du pédoncule du fruit (Figure 9.44). Sur les transplants, les nouvelles feuilles sont souvent fripées et gaufrées (Figure 9.45). Les jeunes plants seront dépistés juste avant la transplantation. C'est aussi la bonne période pour appliquer un savon insecticide et rejoindre le ravageur sur les points de croissance de la culture. Jusqu'à présent, aucun auxiliaire ne permet de réduire les populations de tarsonème à un niveau acceptable.

Une conférence présentée aux journées horticoles des Laurentides en 2015 donne plus d'information sur les tarsonèmes dans le poivron ([Caron, 2015](#)).



Figure 9.44. (gauche) Dommages avancés de tarsonèmes sur poivron

Source : Yveline Martin, Bio Action

Figure 9.45. (droite) Plant infesté par le tarsonème

Source : Karine Fortier-Brunelle, MAPAQ

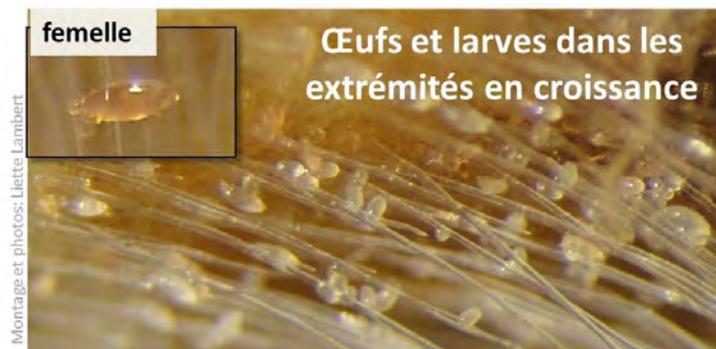


Figure 9.46. Œufs et larves dans les extrémités en croissance

Source : Liette Lambert, MAPAQ

Aleurode sur poivron et tomate (*Trialeurodes vaporariorum*)

Les aleurodes se retrouvent surtout en serre trois saisons dans les **tomates** et les **poivrons**. Tout comme les tarsonèmes, les aleurodes sont présents habituellement dans la pépinière à transplants au printemps et sont propagés en serre à la transplantation. Ils sucent la sève et affaiblissent la plante. Les baisses de rendements sont causées tant par l'alimentation de l'insecte que par le miellat qu'ils produisent, qui est collant et difficile à enlever sur les fruits. Les aleurodes peuvent également transmettre des virus.

Le dépistage se fait habituellement à l'aide de pièges collants jaunes au sommet des plants. Une fois l'infestation d'aleurodes contrôlée, il est recommandé d'enlever les pièges collants afin d'éviter que les auxiliaires bénéfiques s'y collent. Il est possible de faire un traitement avec des produits à base de pyréthrine naturelle, de savon insecticide et d'huile minérale ou végétale.

Habituellement, une introduction d'agents de lutte biologique lors de la transplantation permet de contrôler efficacement une infestation et ceci sans traitement insecticide. Les guêpes parasitoïdes *Encarsia formosa* et *Eretmocerus eremicus* sont efficaces dans la **tomate** et le **poivron** de serre. L'utilisation de *Dicyphus* en prévention sur des bandes de molènes est également intéressante si l'entreprise a un historique avec ce ravageur. *Amblyseius swirskii* peut également réaliser un certain contrôle de l'aleurode.

Voici une référence sur le sujet: Fiche technique des aleurodes sur tomate de serre ([Muller et Lambert, 2018a](#))



Figures 9.47. et 9.48. Aleurodes
Source : Liette Lambert, MAPAQ

Sphinx de la tomate (*Manduca quinquemaculata*)

Sphinx du tabac sur tomate (*Manduca sexta*)

La présence du sphinx de la tomate est de plus en plus fréquente en juillet et août et parfois en septembre, au sud du Québec. La chenille est verte et possède 7 à 8 rayures blanches obliques sur les côtés. À maturité, elle devient très grosse et peut atteindre jusqu'à 10 cm de long. Sa présence est remarquée surtout dans la tomate sous tunnel où elle dévore les feuilles et les fruits verts en grand nombre. Les dégâts peuvent être très impressionnants. La chenille laisse sur son passage une grande quantité d'excréments, ce qui aide à la repérer étant donné qu'elle

se confond facilement avec le feuillage des plants. La larve est présente et active sur une période de 15 à 20 jours avant de se transformer en cocon. Aucun produit phytosanitaire n'est autorisé pour le contrôle de ce ravageur. La bonne vieille méthode de destruction manuelle demeure la mesure la plus appropriée lorsque les surfaces concernées par ce ravageur sont limitées et circonscrites.



Figure 9.49. Chenille de sphinx de la tomate

Source : Sophie Guimont, Bio Action

DÉSORDRES PHYSIQUES OU ABIOTIQUES

Les désordres d'origine abiotique sont fréquents dans la culture de **tomates** et de **poivrons** sous abri. Plus le maraîcher sera en mesure d'exercer un contrôle sur les facteurs de régie de l'environnement (température, humidité relative, aération) et de maîtriser la gestion agronomique (fertilisation, irrigation, conduite des plants (équilibre feuilles/fruits), variétés mieux adaptées), moins importants seront les désordres physiologiques ou d'origine abiotique.

Carence en calcium (pourriture apicale)

La carence en calcium est fréquente sur les premières récoltes de **tomates** et de **poivrons**, étant donné la demande importante de cet élément à l'apex des fruits, soit juste avant et pendant une période de croissance rapide. Le calcium est un élément constituant de la paroi cellulaire et il est impliqué dans l'élongation et la division cellulaire. En cas de carence en calcium, les fruits présentent des zones nécrosées souvent situées à l'extrémité du fruit. On peut parfois observer une nécrose des bourgeons terminaux.

Les carences en calcium peuvent être dues à une déficience au niveau du sol. Des analyses de sol peuvent être nécessaires pour identifier la problématique. Toutefois, il n'est pas rare de voir des carences en calcium même si le sol en contient suffisamment. Le calcium voyage dans la plante par le xylème qui véhicule la sève ascendante. Son déplacement à l'intérieur de la plante est donc étroitement relié à l'absorption de l'eau par les racines et également au phénomène de transpiration des feuilles. Ainsi, une bonne gestion du climat combinée à une irrigation bien dosée va permettre de réduire les risques de carence en calcium. Des nuits chaudes

consécutives accentuent la vitesse de croissance des plants. Étant donné que le calcium est peu mobile dans la plante, les feuilles du bas seront alimentées en premier et les organes terminaux en croissance, comme les jeunes fruits et les pousses terminales, le seront en dernier.

L'irrigation doit être suffisante en tout temps, non excessive, et les apports en calcium sous forme de chlorure de calcium liquide dans le goutte-à-goutte peuvent être pertinents en contexte de stress climatique afin de réduire les risques de carence. Certaines variétés de poivrons sont extrêmement sensibles aux carences en calcium, et les pertes peuvent aller jusqu'à 50-60 % en période critique, c'est le cas notamment du poivron Carmen. Une surcharge en fruits, une conductivité électrique du sol trop élevée, une transpiration excessive, un stress hydrique, un pH sous 5,5 et de grandes variantes climatiques sont tous des facteurs qui accentuent les risques de carences en calcium.

Voici une référence sur le sujet : Fiche technique de la pourriture apicale sur tomate ([Lambert et Larouche, 2018](#))



Figures 9.50. et 9.51. Pourriture apicale tomate

Source : Liette Lambert, MAPAQ

Tache amère et moucheture dorée

Une accumulation excessive de calcium sous forme d'oxalate de calcium dans les **poivrons** occasionnera la formation de taches noires nommées taches amères (Figure 9.52). Ce désordre est fréquent en fin de saison en abri froid. Le calcium peut s'accumuler dans les tissus lorsque les températures de nuits sont froides pendant quelques jours consécutifs ou lorsque l'irrigation est excessive. Une forte teneur en calcium au niveau du sol ainsi qu'une fertilisation trop abondante en cet élément peuvent faire augmenter les risques d'apparition de ce désordre.

Chez la **tomate**, l'oxalate de calcium cause l'apparition de minuscules taches blanches, devenant dorées au fil du mûrissement des fruits. Ces taches sont localisées principalement sur les épaules et la zone pédonculaire (Figure 9.53). Ce désordre, la moucheture dorée, entraîne une altération de l'apparence du fruit, affecte sa texture (tomate plus farineuse) et rend sa

manipulation plus délicate. En effet, ces minuscules cristaux pointus peuvent transpercer la peau des fruits empilés lors de l'entreposage et ainsi affecter sa conservation. L'oxalate de calcium aurait aussi un impact sur la pression osmotique au sein même des cellules. Il est difficile de déterminer les causes exactes de la moucheture dorée, mais un manque de transpiration et des conditions climatiques propices à une forte pression racinaire semblent accentuer cette problématique. De plus, certains cultivars seraient plus susceptibles d'en développer, dont les variétés roses.



Figure 9.52. Concentration d'oxalate de calcium sur fruit de poivron

Source : Sophie Guimont, Club Bio-Action



Figure 9.53. Moucheture dorée sur tomate mûre

Source : Iriis phytoprotection

Excès et manque de transpiration

La transpiration permet aux plantes de se refroidir et d'éviter les coups de chaleur. Une bonne transpiration est essentielle à la bonne croissance et à la vigueur des plants, car elle permet à la plante de rester active à tous les niveaux. La plante a la capacité de réduire sa transpiration s'il fait trop chaud, si l'air est trop humide ou si le sol est trop sec. Lorsque la plante ferme ses stomates (blocage de protection), la transpiration diminue.

Les symptômes d'un **manque de transpiration** s'expriment sur les feuilles par un enroulement en forme de cuillère et des marges jaunes, des coups de soleil, des taches ou œdèmes (lorsque combiné avec une pression hydrique excessive au niveau des racines). Sur les fruits, on peut observer des microfendillements ainsi que des symptômes de carence en calcium. Les autres facteurs pouvant être à l'origine de microfendillements sur les fruits sont : des écarts importants entre les températures de nuit et de jour, de grandes variations au niveau de l'humidité relative de l'air ainsi que des hausses de température rapides notamment lorsque les fruits sont froids et que l'air ambiant est chaud. Il est recommandé de ne pas dépasser une hausse de température en serre de l'ordre de 1 °C/heure.

Un **excès de transpiration** peut être occasionné par une humidité ambiante trop basse, combinée à une bonne luminosité et de la chaleur. Les symptômes d'un excès de transpiration sont caractérisés par le flétrissement, un manque de turgescence des tissus ainsi que la présence de brûlures en marge des feuilles.



Figures 9.54. et 9.55. Microfendillement sur tomate
Source : Iriis phytoprotection

Fendillement

Les fendillements ou fentes de croissance sont retrouvés davantage sur les fruits de **tomate**. Ces fentes sont plus grossières que les microfendillements, présentent souvent des cicatrices liégeuses près du pédoncule et peuvent être radiales ou concentriques. Le fendillement est souvent causé par un apport excessif d'eau au niveau du fruit, soit parce que le sol est plus chaud que l'air, soit lors d'une poussée racinaire considérable ou lors d'une irrigation excessive par temps chaud. Ce dernier phénomène est souvent observé sur les rangs orientés du côté sud de la serre en été. Des irrigations trop tard en fin de journée ou trop tôt le matin augmentent la pression osmotique au niveau des racines ce qui favorise les fendillements. Dans la **tomate**, lors de l'étêtage des plants, il est conseillé de réduire aussi la masse foliaire afin d'éviter le fendillement des fruits.

Voici une référence sur le sujet : Fiche technique des fendillements (radial ou concentrique) sur tomate ([Ramadan et Lambert, 2018b](#))



Figures 9.56. et 9.57. Fendillement sur fruit de tomate

Source : Liette Lambert, MAPAQ

Mauvaise pollinisation, face de chat, chute des boutons floraux

La viabilité du pollen chez le poivron est optimale entre 20 et 22 °C, tandis que pour la tomate, l'idéal de température se situe entre 15 et 25 °C. En dehors de ces zones, le pollen peut être stérile ou il peut y avoir des défauts au niveau de la mise à fruit. Une pollinisation déficiente (cf. Chapitre 6) est observable au niveau des fruits de **tomate** par la faible quantité de graines, la difformité, le calibre et la présence de cicatrices liégeuses à l'apex des fruits. Cette déformation des fruits de tomate est couramment appelée « face de chat ». Un excès de température ou d'humidité sous abri peut également engendrer la chute des fleurs ou des jeunes fruits. Les **poivrons** sont plus sensibles à la chute des fleurs que les **tomates**, et la tolérance à ce désordre est plus ou moins grande selon la variété.



Figures 9.58. et 9.59. Face de chat sur fruits de tomate

Source : Sophie Guimont Bio Action

Épaules jaunes et maturation inégale

Les épaules jaunes et la maturation inégale des fruits sont courantes dans la **tomate**. Les épaules jaunes sont souvent liées à des coups de soleil causés par une défoliation trop excessive, particulièrement en serre. En période estivale et chaude, il est important de moins tailler les feuilles de façon à en garder suffisamment pour éviter l'insolation sur les fruits

(cf. Chapitre 6). La maturation inégale, quant à elle, est davantage causée par un manque de potassium ou plus rarement, une carence en bore. Une surcharge en fruits pendant une période de faible ensoleillement peut également engendrer une maturation lente et inégale. À ce niveau, si les plants sont trop végétatifs, ce qui est courant en culture de tomates sous tunnel en fin d'été, il est recommandé d'étêter les plants, d'éliminer l'excès de drageons et de réduire la masse foliaire afin de rendre le plant plus génératif et ainsi accentuer le mûrissement. À noter que certaines variétés de tomates sont plus sensibles que d'autres aux épaules jaunes.

Voici des références sur le sujet : Fiche technique du collet vert ou jaune sur tomate ([Ramadan et Lambert, 2018a](#)), Fiche technique de la maturation inégale sur tomate ([Lambert et Larouche, 2019](#)).



Figure 9.60. et 9.61 Épaules jaunes
Source (gauche) : Iriis phytoprotection
Source (droite) : Nadia Surdek, Groupe Pleine Terre inc.

CHAPITRE 10. Récolte et conservation

RÉCOLTE	222
Trucs pour faciliter la récolte	223
Maturité physiologique et commerciale	223
Éthylène.....	224
Normes de classement	224
Récolte du poivron	225
Récolte de la tomate	225
Contenants	225
CONSERVATION	227
Refroidissement post récolte	227
Conditions d'entreposage.....	229

RÉCOLTE

Le temps et les coûts consacrés à la récolte varient d'une entreprise à une autre, selon l'efficacité de chaque individu, les rendements, le type de palissage et de taille des plants, les densités de plantation, le type d'abri, les variétés de tomate et de poivron, l'usage de chariot de récolte, etc. Ainsi, l'efficacité sera plus élevée chez une entreprise spécialisée en serre multi chapelle par rapport à une ferme diversifiée qui produit sous serre individuelle. À titre d'exemple, le temps de récolte moyen en serre spécialisée en monoculture de tomate sur grandes surfaces et avec un chariot sur rail est de 300 kg/h pour la tomate charnue et de 105 kg/h pour la tomate cerise (Turcotte et coll., 2015).

💰 Pour une ferme maraîchère diversifiée, on estime les temps moyens de récolte suivants (cf. Chapitre 11 : Rentabilité) :

Tomate charnue

- Serre, taille 2 têtes : 150 kg/h
- Tunnel chenille, palissage horizontal, taille minimale : 50 kg/h

Poivron allongé

- Serre, palissage horizontal, taille sur 2 nœuds : 40 kg/h
- Tunnel chenille, palissage horizontal, taille sur 1 nœud : 25 kg/h

Afin d'optimiser le travail, la formation du personnel est une priorité. De plus, un contrôle régulier de la qualité des opérations fera partie de la routine. Il faut bien s'organiser, développer les bonnes techniques, posséder le bon équipement, tout en s'assurant que chaque employé a bien compris les consignes.



Figure 10.1. Chariot de récolte sur rail



Figure 10.2. Chariot de récolte sur roue

Chaque procédé ou technique de travail qui permet de limiter la manipulation des produits se traduira par une réduction des coûts et une diminution des risques d'altération du légume. Les meurtrissures constituent des portes d'entrée pour les champignons tout en causant une perte en eau, ce qui affecte aussi la fermeté des fruits. Ces dommages altèrent l'apparence générale du produit causant une dépréciation qui peut limiter l'intérêt du consommateur.

Trucs pour faciliter la récolte

- Prévoir un espace ou de l'équipement pour ombrager les légumes avant qu'ils ne soient acheminés dans les chambres froides.
- Idéalement, les récoltes se font en matinée avant que les produits n'aient accumulé beaucoup de chaleur. Ils pourront ainsi être refroidis plus rapidement, ce qui limite le phénomène de condensation et d'autres conditions favorables au développement des levures et des bactéries.
- Ne pas surcharger les contenants de récolte et les manipuler avec soin. Certains contenants empilables sont adaptés aux tomates cultivées sous abris.
- Des chariots de récoltes adaptés aux largeurs des allées et utilisés dans les serres augmentent la rapidité de récolte. Les boîtes de légumes peuvent y être empilées.
- Pour récolter des légumes en hauteur, les plates-formes élévatrices manuelles ou hydrauliques sont facilitantes.
- Prévoir des couteaux bien affûtés et de bons sécateurs pour les poivrons et certaines variétés de tomates.
- Dans les tunnels chenilles, planifier des espaces libres sans plantes à chaque 30 m d'allées afin de faciliter la circulation du personnel.

Maturité physiologique et commerciale

La maturité physiologique correspond à l'arrêt de la croissance du fruit ou du légume. Dans certains cas, comme pour la tomate et le poivron par exemple, le passage de la phase de croissance au début de la maturité physiologique est marqué par des changements perceptibles

au niveau de la couleur et de la texture. Ces changements s'intensifient dans le temps. La maturité commerciale se définit comme étant la période où le fruit peut être récolté pour être manutentionné, transporté et mis en marché. Dans le cas de la tomate et du poivron coloré, la maturité commerciale est atteinte après la maturité physiologique.

Tomate

La maturité physiologique de la tomate est atteinte cinq à sept semaines après la nouaison, lorsque les fruits parviennent à leur taille maximale. En les coupant, on peut observer une gelée dans laquelle se retrouvent des graines vertes foncées et bien développées. Il faut encore de deux à trois semaines pour que la tomate amorce sa coloration et dix à quinze jours de plus pour que le fruit soit prêt à récolter. En fait, entre la nouaison et l'atteinte du fruit mûr, il s'écoule de six à dix semaines selon la variété et le moment de la saison.

Poivron

Le poivron atteint sa taille maximale, ou la maturité physiologique, environ quatre à cinq semaines après la nouaison. À cette période, le fruit est vert, la chair est ferme, les parois ont atteint leur épaisseur maximale et les graines sont dures. Il faut encore trois à quatre semaines pour obtenir un fruit coloré. Bref, il faut compter de sept à neuf semaines entre la nouaison et la récolte d'un poivron de couleur.

Éthylène

Certains légumes, comme la tomate, ont la capacité de poursuivre leur mûrissement une fois récolté. On les dit climactériques, car ils génèrent une hormone végétale nommée éthylène qui favorise le mûrissement. D'autres légumes, incluant le poivron, sont non climactériques, ce qui signifie que peu de changements de mûrissement adviennent après la récolte. C'est la raison pour laquelle les poivrons de couleur doivent être récoltés à une coloration minimale de 80 %. La tomate pourrait être récoltée verte-mature, c'est-à-dire à maturité physiologique. Toutefois, cette récolte hâtive peut avoir un impact négatif sur les qualités gustatives et l'apparence. Les composés volatils responsables de l'arôme, les sucres en lien avec le goût ainsi que le lycopène, qui donne au fruit mûr sa couleur rouge, s'accumulent en moins grande quantité lorsque le fruit mûrit pendant l'entreposage.

Normes de classement

Selon le type de marché visé, les produits horticoles seront classés en différentes catégories après la récolte. L'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) produit les normes de [classement des fruits et légumes au Canada](#) ce qui permet de décrire dans un langage uniforme l'état et la qualité des produits afin de faciliter les transactions commerciales et de répondre aux standards fixés par l'industrie. Bien entendu, un tel classement n'est pas appliqué de façon rigoureuse dans les paniers de type ASC (Agriculture soutenue par la communauté).

De façon générale, on vise tout de même des produits de catégorie #1 afin d'obtenir les meilleurs prix possible et de satisfaire la clientèle. L'apparence des produits #1 est quasi parfaite tant au niveau de la forme, de la coloration, que de la texture et ne présente pas de défauts tout en respectant des tailles spécifiques. Pour la catégorie #2, la forme peut être un peu irrégulière avec de légers défauts, mais sans pourritures ou dommages mécaniques visibles.

Récolte du poivron

Les récoltes se font une à quatre fois par semaine, selon le type de poivrons et le moment de la saison. Pour la vente directe, le fruit est récolté entièrement mûr. Autrement, il peut être récolté à partir du moment où 80 % de la surface de l'épiderme est colorée. À l'automne, dans les abris froids, les fruits de poivron mûrs physiologiquement peuvent tolérer des températures de nuit de 2 à 3 °C et conserver leurs qualités visuelles et gustatives. Ceci est possible parce que les fruits sont encore bien vivants sur les plants. L'emploi de couvertures flottantes de type Agryl, permettra d'étirer un peu la récolte en protégeant les fruits contre des gelées légères. Cependant, il faudra veiller à les retirer durant le jour afin de bien ventiler les plants et de limiter les pourritures secondaires.

Lors de la récolte, prendre un petit couteau bien affûté et propre afin de faire une coupe nette du pédoncule au ras de la tige. Ceci limite les problèmes d'infection par le *Botrytis* ou autres microorganismes qui pourraient s'installer à même les parties de pédoncules non coupées ou effilochées. Bien que le fruit de poivron soit ferme par rapport à une tomate, l'épiderme est tout de même fragile et sensible aux chocs et aux blessures mécaniques.

Récolte de la tomate

La récolte se fait tous les deux ou trois jours durant les mois de forte production. Pour la vente en circuit court, les fruits sont récoltés un peu avant la maturation complète, soit un à trois jours avant que la tomate n'ait atteint sa pleine coloration. Ceci limite les blessures et les craquements des fruits, ce qui rendrait le légume moins attrayant pour le consommateur. Les tomates continuent de mûrir une fois récoltées. Dans les abris froids, lorsque les nuits passent sous la barre des 12 °C, la qualité des fruits s'en trouve grandement affectée. Ils deviennent alors susceptibles aux pourritures secondaires ainsi qu'aux désordres physiologiques comme le micro fendillement. Il vaut mieux alors récolter les fruits et les conserver dans des conditions favorables au mûrissement ou à la conservation, selon le degré de maturité.

La cueillette se fait directement à la main. Il peut s'avérer nécessaire d'utiliser un petit sécateur ou un couteau pour certaines variétés de type charnu dont le pédoncule est fortement attaché au fruit ainsi que pour les catégories cocktail ou les tomates vendues en grappes. Il s'agit alors de couper le pédoncule près de la tige du plant et de le tailler au besoin s'il est trop long, afin qu'il ne perce pas l'épiderme d'autres fruits durant la manipulation et le transport.

Contenants

Plusieurs catégories de contenants peuvent être utilisées selon le type de légume récolté et les réseaux de mise en marché. Il s'agit de considérer ceux étant les mieux adaptés aux différents légumes produits sur la ferme. La structure et la forme des contenants de plastique doivent faciliter la manipulation, l'entreposage, le refroidissement et l'entretien. Ils ne doivent pas être trop lourds une fois remplis, tout en étant assez solides pour permettre l'empilement. Des perforations suffisantes et bien distribuées facilitent l'aération et le lavage. Voici quelques exemples de contenants populaires auprès des maraîchers biologiques diversifiés :

- Paniers et bacs rectangulaires en plastique et polyvalents : les capacités de ces contenants varient souvent de 12 à 27 kg. Ils serviront à la récolte de différents légumes et seront appropriés pour les poivrons et les tomates fermes vendues sans calice.
- Boîtes de plastique ou en carton pour les tomates de serre : ces boîtes peuvent contenir 6,8 kg de tomates réparties en un seul étage. Des plateaux avec différentes quantités d'alvéoles peuvent s'insérer dans ces boîtes afin d'éviter les chocs entre les fruits pendant le transport. Chaque alvéole contient un fruit dont la taille peut varier entre 100 et 450 g.
- Bacs en plastique ou boîtes en carton rectangulaires pour 12 casseaux et « clamshell » : ces boîtes sont conçues au départ pour les petits fruits. Les emballages à double coque en plastique ou clamshell sont utiles pour les tomates cerise et raisin.



Figure 10.3. Contenant de récolte empilable en plastique pour la tomate charnue et cerise



Figures 10.4. Contenants de récolte empilables en carton pour la tomate charnue et cerise



Figures 10.5. Contenants de récolte en plastique perforés, blancs et jaunes pour divers légumes, dont le poivron et de couleur grise pour accueillir des casseaux ou « clamshell » de tomates cerises et raisins

CONSERVATION

Refroidissement post récolte

Une fois cueillis, les légumes continuent de « vivre » ou d'échanger avec le milieu ambiant. Ils perdront de leur fraîcheur et de leur valeur nutritive s'ils ne sont pas refroidis rapidement. Généralement, il est estimé qu'une heure de retard dans le processus de refroidissement réduit la durée de conservation des fruits et des légumes d'une journée. Le produit perd sa température de champ assez lentement et peut nécessiter de 24 à 48 heures pour atteindre la nouvelle température ambiante réfrigérée.

Les légumes et les fruits sont vivants, **ils respirent**. C'est-à-dire qu'ils absorbent de l'oxygène (O_2) et rejettent du gaz carbonique (CO_2) ainsi que de la vapeur d'eau (H_2O) et ceci même après avoir été cueillis. Chaque produit a un taux de respiration qui lui est propre et qui est aussi en lien avec la température, l'humidité, la teneur en O_2 et en CO_2 de l'air ambiant ainsi qu'avec la proximité d'autres produits qui dégagent de l'éthylène. Les meurtrissures, les pourritures, ou toutes autres altérations de l'épiderme ou de l'intégrité du légume ainsi que des températures d'entreposage trop élevées vont accélérer le taux de respiration. Moins le légume ou le fruit respire, mieux et plus longtemps il se préserve.

La vitesse de refroidissement d'un fruit ou d'un légume dépend de ses caractéristiques (température, volume, surfaces), des contenants utilisés pour l'entreposage et des moyens techniques de refroidissement. Par exemple, à cause de sa large surface d'exposition, un légume-feuille rafraîchit cinq fois plus vite qu'un fruit volumineux comme le melon ou la pastèque. Les contenants qui possèdent de nombreuses ouvertures réparties sur une grande surface permettront un refroidissement plus rapide des produits.



Figure 10.6. Contenant qui permet le refroidissement rapide des produits

Il existe plusieurs méthodes de refroidissement selon l'envergure de la ferme et les cultures produites. Il s'agit du refroidissement en chambre froide passive, par air pulsé ou forcé, à l'aide d'eau glacée, dans la glace ou sous vide. Le poivron et la tomate sont refroidis en chambre froide passive ou par air forcé uniquement. Des entreprises spécialisées dans la laitue vont préférer le refroidissement sous vide et celles spécialisées dans le brocoli, vont opter bien souvent pour la glace.

La majorité des fermes maraîchères biologiques diversifiées possèdent des chambres froides passives. C'est la technique qui prend le plus de temps pour abaisser la température des récoltes, soit entre 20 et 100 heures. Ceci peut avoir un impact négatif sur la qualité des légumes qui seront conservés longtemps. Par contre, lorsque les produits sont écoulés rapidement, comme c'est le cas de plusieurs légumes, dont les poivrons et les tomates, des chambres froides passives peuvent être suffisantes. Les besoins en réfrigération devront être bien calculés (puissance des compresseurs). Ce calcul prend en compte la température des fruits et des légumes à leur entrée, les températures de réfrigération recherchées, le volume de l'espace à réfrigérer ainsi que le poids total des denrées à refroidir. Les chambres froides devront être suffisamment grandes et puissantes pour répondre aux besoins d'expansion de l'entreprise.

Le refroidissement à air forcé s'applique à tous les types de légumes, mais surtout à ceux qui doivent être conservés sur une longue période ou qui sont très périssables comme les petits fruits. Il est de quatre à dix fois plus rapide que les chambres froides et résulte en un refroidissement plus uniforme des produits. L'air froid est aspiré à travers les contenants à l'aide des ventilateurs de forte puissance. Une fois les denrées refroidies, elles seront entreposées dans les chambres froides régulières. Pour les personnes qui désirent en apprendre davantage, il est possible de consulter un document technique sur les [tunnels de refroidissement](#).

Conditions d'entreposage

La température et l'humidité relative sont les principaux facteurs à contrôler pour assurer une bonne durée de vie tablette aux produits horticoles frais. En général, les maraîchers biologiques diversifiés disposent de deux types de chambres réfrigérées afin de répondre aux exigences des différents légumes récoltés sur l'entreprise.

Chambre N° 1

- Conditions climatiques : température 11-14 °C, 85-95 % humidité relative
- Légumes : poivron, aubergine, haricot vert, courgette, concombre, citrouille, courge d'hiver, tomate mûre.

Chambre N° 2

- Conditions climatiques : température 1-3 °C, 85-95 % humidité relative
- Légumes : betterave, brocoli, chou, carotte, chou-fleur, céleri, fenouil, poireau, laitue, oignon, radis, épinard, verdurette, maïs sucré, melons.

La tomate va réagir aux températures d'entreposage selon son degré de maturité. Une tomate mûre entreposée à 10 °C aura une durée de conservation optimale, mais ce sera au détriment des arômes et de la saveur. Idéalement, il est conseillé de ne pas descendre la température sous 13 °C pour conserver les qualités gustatives. Des tomates vertes pourront continuer à mûrir à des températures comprises entre 18 et 21 °C. Au-delà de 27 °C, la coloration sera moins intense, et la durée de vie tablette, sera diminuée.

Lorsque les conditions d'entreposage ne sont pas optimales, la qualité finale des produits offerts aux consommateurs sera affectée. À des températures plus élevées, les denrées se conserveront moins longtemps étant donné que le taux de respiration augmente. À des températures d'entreposage plus basses que celles indiquées dans le Tableau 10.1 à la page suivante, il y a des risques de dommage en raison du développement de la blessure physiologique du froid ou « chilling injury ». Dans le cas de la tomate et du poivron, il y a apparition de zones affaissées qui deviennent susceptibles d'être envahies par des organismes responsables de pourritures secondaires. Parfois, les dommages causés par des températures trop froides deviennent apparents seulement lorsque les légumes sont exposés à nouveau à des températures plus élevées, par exemple pour la vente. Moins le stade de maturité physiologique est avancé, plus le légume-fruit y est sensible. Les produits dont la maturation est plus avancée sont donc moins sensibles et peuvent être maintenus à des températures plus basses pour de courtes périodes. Concernant l'humidité relative, si elle est trop basse, ceci se traduira par une perte d'eau, donc une déshydratation du produit. Le légume perdra du poids alors que l'apparence et la texture seront moins intéressantes.

Tableau 10.1. Conditions d'entreposage et durée de conservation du poivron et de la tomate

Légume	Température	Humidité relative	Durée de conservation
Poivron	10-13 °C	85-95 %	2-3 semaines
Tomate mûre	10-13 °C		1-2 semaines
	15-20 °C		4-6 jours

L'éthylène produit par la tomate mûre peut accélérer la dégradation physiologique de plusieurs autres légumes, dont le poivron, en augmentant leur taux de respiration. Par contre, ceci n'est pas vraiment un souci lorsque les légumes ne demeurent pas plus d'un à deux jours ensemble, dans la même chambre froide. Dans le cas contraire, il faudra prévoir un espace supplémentaire approprié.

Lorsque vient le moment de retirer les légumes de la chambre froide pour la vente, il s'agit de les placer dans un endroit sec où l'écart de température n'est pas trop important afin d'éviter la condensation sur les produits.

CHAPITRE 11. Rentabilité

INTRODUCTION	232
MODÈLES DE PRODUCTION	232
Tomate	232
Poivron	232
CHOIX DU TYPE D'ENTREPRISE MARAÎCHÈRE.....	234
INVESTISSEMENTS PAR STRUCTURE	234
RÉSULTATS	236
Mise en garde	236
Notes générales sur les budgets.....	236
BILAN DE L'ÉTUDE.....	240
Tomate	240
Poivron	240
SERRE FROIDE.....	241
CONCLUSION	242

INTRODUCTION

La culture sous abris de tomates et de poivrons permet d'augmenter les rendements vendables par surface cultivée et d'allonger la période de production par rapport à la culture en champ. De plus, les abris procurent une grande flexibilité dans l'organisation du travail, ce qui constitue un avantage par rapport à la gestion de la main-d'œuvre. Par exemple, les tâches de plantation, d'entretien et de récolte peuvent être réalisées sur une plus longue période de temps, peu importe les conditions climatiques extérieures.

Selon les types d'abris et la plante cultivée, les performances agronomiques et économiques diffèrent. Il devient risqué de choisir une structure sans connaître les bénéfices liés à chaque modèle de production. La serre chauffée (trois saisons) permet, par exemple, d'obtenir un meilleur rendement par unité de surface que le tunnel chenille (deux saisons). Cependant, cette structure nécessite des investissements en infrastructures et en équipements beaucoup plus importants que la seconde. D'autre part, le temps de travail lié à la taille des plants conduits sur deux têtes en palissage vertical est plus important que lorsque les plants sont taillés minimalement en palissage horizontal.

MODÈLES DE PRODUCTION

Pour ce guide, des budgets tenant compte de l'ensemble des coûts ont été préparés pour chacun des 5 modèles de production suivants. Ces budgets sont résumés dans les Tableaux 11.1-11.2 et détaillés dans les annexes 2.

Tomate

1. Serre chauffée trois saisons (avril à octobre), variété de tomate ancestrale (Annexe 2A)
2. Serre chauffée trois saisons (avril à octobre), variété de tomate hybride (Annexe 2B)
3. Tunnel chenille mobile, variété de tomate hybride (Annexe 2C)

Poivron

1. Tunnel chenille mobile, variété allongée Carmen (Annexe 2D)
2. Serre chauffée trois saisons (avril à octobre), variété allongée Carmen (Annexe 2E)

Ces budgets sont complémentaires à ceux réalisés par le CRAAQ dans la culture de la tomate et du poivron biologique et qui comparent trois structures non chauffées (tunnel chenille, grand tunnel et serre froide) (CRAAQ, 2016a et 2016b). Cependant, dans la présentation de ces budgets CRAAQ, le coût du financement à long terme et le coût de main-d'œuvre ne sont pas inclus et les investissements sont indiqués à part.

Tableau 11.1. Comparaison de 3 modèles de production de la tomate

	Modèle 1 - Annexe 2A	Modèle 2 - Annexe 2B	Modèle 3* - Annexe 2C
Structure	Serre chauffée trois saisons (avril à octobre)	Serre chauffée trois saisons (avril à octobre)	Tunnel chenille mobile
Variété de tomate indéterminée	Ancestrale (heirloom)	Hybride Beef	Hybride Beef (rang central seulement)
Conduite des plants	Palissage vertical sur fil, plants greffés deux têtes		Palissage horizontal sur rang simple, plants non greffés multitêtes
Périodes de récolte (semaines)	Début juin à la fin octobre (22)		Fin juillet à fin septembre (10)
Entretien	Attacher, enlever les drageons, effeuiller, abaisser les plants, installer les supports à grappe et tailler les bouquets, couper les têtes en fin de saison.		Enlever les drageons sous la première grappe, effeuiller sous la première grappe, palissage d'entretien horizontal (dix à douze étages de corde)

* La tomate indéterminée est cultivée uniquement sur le rang central du tunnel chenille étant donné la hauteur restreinte de la structure sur les côtés. Les résultats économiques seront rapportés au mètre carré cultivé en tenant compte uniquement de ce rang central.

Tableau 11.2. Comparaison de 2 modèles de production du poivron

	Modèle 4 - Annexe 2D	Modèle 5 - Annexe 2E
Structure	Tunnel chenille mobile	Serre chauffée trois saisons (d'avril à octobre)
Variété	Allongé var. Carmen	Allongé var. Carmen
Conduite des plants	Rangs doubles, plants multitêtes en palissage horizontal, sur trois étages de corde	Rangs simples, plants multitêtes en palissage horizontal, sur huit à dix étages de corde
Périodes de récolte (semaines)	De la mi-août au début d'octobre (8)	3 ^e de juin à la fin octobre (20)
Entretien	Taille minimale : tailler le fruit à la fourche (N0), tailler les deux tiges axillaires (A1) et les jeunes fruits qu'ils portent, palissage d'entretien horizontal (trois étages de corde)	Taille un peu plus poussée : tailler les fruits à la fourche (N0) et aux nœuds 1 (N1), tailler les deux drageons (D1), ce qui revient à tailler deux têtes sur quatre, palissage d'entretien horizontal (huit à dix étages de corde)

La variété Carmen conduite en palissage horizontal a été retenue, car c'est un modèle populaire, tant en abri froid qu'en serre chauffée, et qui offre un bon potentiel de rendements chez les entreprises diversifiées. Selon les avis de plusieurs producteurs consultés en 2018-2019, les rendements de poivrons obtenus en serre trois saisons sont équivalents en palissage horizontal par rapport au vertical, en plus du fait que l'entretien en palissage horizontal nécessite moins de main-d'œuvre. Dans un tunnel chenille de 6 mètres de largeur, il est possible de cultiver trois rangs doubles de poivrons. Les premières récoltes arrivent tard (mi à fin août) et peuvent s'échelonner sur 8 à 9 semaines. Ce modèle est sensible aux gels de l'automne et du printemps. Selon les régions du Québec, il faut prévoir une protection avec des couvertures flottantes lors des nuits de gel. Ces fournitures ne sont pas incluses dans le présent budget.

CHOIX DU TYPE D'ENTREPRISE MARAÎCHÈRE

Les hypothèses suivantes ont été retenues afin de définir les caractéristiques de l'entreprise maraîchère biologique en lien avec les 5 modèles de production retenus :

- L'abri est intégré dans une entreprise maraîchère biologique diversifiée qui réalise la culture de légumes de champs sur une superficie de 3 ha.
- L'entreprise acquiert une structure abritée, soit un tunnel chenille, soit une serre chauffée, et y cultive le poivron ou la tomate. L'étude de chaque modèle séparément permet de faire ressortir les différences, en termes économiques, entre chacun d'eux. Dans les faits, il arrive souvent qu'une entreprise intègre les deux cultures simultanément dans une même structure ou cultive des variétés de tomate et de poivron particulières dans des abris différents.
- Les canaux de commercialisation présumés sont la vente directe au consommateur, c'est-à-dire la vente au détail telle que l'agriculture soutenue par la communauté, les marchés publics, les kiosques à la ferme, etc. dans une proportion de 95 %. La vente aux détaillants (épiceries locales) ou aux grossistes représente une proportion de 5 %.

INVESTISSEMENTS PAR STRUCTURE

Les investissements liés aux structures discutées dans le Guide sont détaillés dans le tableau 11.3 ci-dessous ainsi que dans les Annexes 1A, 1B et 1C. Il s'agit d'équipements neufs, sans les frais d'installation et de main-d'œuvre reliés au montage des structures. La serre chauffée est isolée, en plein sol, sans éclairage (cf. Chapitre 1). La serre chauffée est automatisée avec des ouvrants motorisés, un système de contrôle climatique et un contrôleur d'irrigation. À titre de comparaison, la serre froide est détaillée dans le tableau 11.3. Celle-ci est automatisée (ouvrant motorisé, système de contrôle climatique et d'irrigation), mais ne possède pas de système de chauffage. Les coûts de possession des actifs nécessaires à la production des tomates ou des poivrons sous abris sont inclus dans les analyses économiques pour refléter la réalité de l'ensemble des coûts d'exploitation.

Le coût de possession d'un bien est estimé à partir des cinq éléments suivants⁸ : (1) l'usure ou la dépréciation, (2) le coût du financement à long terme (intérêt) (si c'est en autofinancement, on considère le coût d'opportunité du capital investi), (3) les coûts d'entretien et de réparation (4) les taxes foncières et (5) les assurances. On utilise des pourcentages de référence pour chacun de ces cinq types de coûts. La somme de ces pourcentages, appliquée au coût de remplacement à neuf du bien, donne le coût de possession annuel du bien (cf. Annexes 1).

Étant donné que le poivron et la tomate utilisent des actifs partagés avec d'autres productions de l'entreprise, on ajoute dans les coûts de possession, une proportion des investissements totaux en lien avec la culture sous abris tels que le fond de terre et la chambre froide. Pour le tunnel chenille, les investissements incluent la machinerie utilisée pour la préparation de terrain, la formation des planches de culture, le déroulage du plastique et la pose de l'irrigation goutte-à-goutte. Les coûts de machinerie sont attribués au prorata de la superficie mobilisée par le tunnel par rapport à la surface totale cultivée par l'entreprise (0,5 %). Voir les Annexes 1 pour l'ensemble des détails concernant les coûts de possession des actifs.

Les coûts pour la préparation initiale du terrain (drainage, nivellement, remblais) ne sont pas inclus dans le budget ni les frais de mise ou de remise en fonction du site (installations électriques, étang d'irrigation). Ceux-ci devraient toutefois être pris en compte dans la réalisation d'un plan d'affaires, afin de considérer l'ensemble des investissements requis pour produire.

Le coût de possession annuel des investissements (ce qui est à payer chaque année pendant la durée de vie estimée de l'actif) est une mesure plus proche de la réalité économique de l'entreprise plutôt que le coût d'achat (coût d'acquisition, ou initial). Ce coût annuel est souvent sous-évalué et tient compte de l'ensemble des équipements qui permettent de rendre la structure fonctionnelle. D'autre part, des coûts reliés à l'entretien et au financement vont s'ajouter aux dépenses d'opération.

Dans le cas présent, le coût d'achat de la serre chauffée est de 5,6 fois le coût d'achat du tunnel chenille. Toutefois, le coût de possession annuel est de 10 fois supérieur. Les charges de possession annuelles représentent environ 13 % des charges totales annuelles, tant pour la serre chauffée que pour le tunnel (cf. Tableaux 11.4 et 11.5).

En fin de compte, ces structures engendrent des coûts non négligeables, notamment pour la serre chauffée. Une bonne exploitation de la superficie sous abris devrait permettre de couvrir ces coûts et de dégager des profits intéressants. Une utilisation partielle des superficies, ou de mauvaises performances de production peuvent engendrer une marge négative.

⁸ Pour plus d'information sur la méthode de calcul (DIRTA), se référer au document s'intitulant *Loyer annuel*, publié par le CRAAQ (2015).

Tableau 11.3. Investissements par modèle : structures et équipements

	Unité	Tunnel chenille	Serre froide équipée	Serre chauffée d'avril à octobre	
Dimensions	m ²	14' x 102' (132 m ²)	30' x 100' (279 m ²)	30' x 100' (279 m ²)	
Coût initial à l'achat	Coûts : structures et plastique	\$/structure	1 845 \$	19 900 \$	
	Coûts : équipements (irrigation, tuteurs en métal, ventilation, chauffage, contrôleurs)	\$/structure	1 098 \$	7 764 \$	
	Total des coûts à l'achat	\$/structure	2 940 \$	27 564 \$	33 254 \$ à 35 314 \$
Coût annuel		\$/m ²	22 \$/m ²	99 \$/m ²	
	Coût de possession annuel de la structure⁹	\$/structure	328 \$	2460 \$	3 050 \$ à 3 200 \$
		\$/m ²	2,48 \$/m ²	8,82 \$/m ²	10,93 à 11,47 \$/m ²

RÉSULTATS

Les résultats des budgets sont également disponibles sous forme de graphiques dans une présentation réalisée par Anne Le Mat et accessible en ligne sur Agriréseau ([Le Mat, 2019](#)).

Mise en garde

Il est important d'analyser tous les avantages et les inconvénients qu'offrent les différents abris avant d'investir dans une structure particulière (cf. Tableaux 11.6 et 11.7). Les données sont basées sur des entreprises en opération qui maîtrisent bien tous les aspects de la production et qui possèdent une bonne expérience avec la production sous abris. Les rendements moyens retenus sont obtenus grâce à l'ensemble des équipements et intrants prévus (cf. Chapitres 1 et 3). À noter que la serre chauffée fait appel à des connaissances différentes de la culture en champ tout en nécessitant un suivi et une gestion de la culture plus poussés. Les chiffres présentés dans ce document visent à illustrer la rentabilité des différents modèles de production et à les comparer. Les résultats doivent être interprétés avec prudence. Il existe une grande variabilité dans les prix de vente, les coûts d'énergie et le temps de travail d'une entreprise à l'autre. Il est recommandé de faire les calculs selon la situation de chaque entreprise en fonction des données réelles.

Notes générales sur les budgets

- Les prix des produits ont été déterminés selon les prix moyens obtenus par les entreprises maraîchères diversifiées sondées dans différentes régions du Québec en 2018-2019.

⁹ Voir Annexes 1A, 1B, 1C pour les détails.

- Les coûts d'énergie de la serre chauffée sont basés sur une consommation moyenne de 280 kWh par année et un coût du propane à 0,71 \$/L. Cependant, la consommation d'énergie peut varier entre 160 à 400 kWh/année, selon la région et la gestion du climat de l'entreprise, ce qui représente un écart de coût d'énergie entre 17 et 44 \$/m².
- Une partie des coûts indirects de l'entreprise est imputée à la culture sous abri (ex. : frais d'association, certification, honoraires, frais de bureau). Cela repose sur le principe que la production sous abri doit supporter une partie de ces charges. Pour imputer cette part des dépenses dans chaque modèle, il faut utiliser un taux d'affectation. Dans le présent cas, on choisit le pourcentage des revenus bruts de la culture sous abri sur les revenus totaux estimés de l'entreprise¹⁰. La proportion de coûts indirects imputés à la culture sous abri peut donc être élevée, surtout dans le cas des serres.
- Les coûts de main-d'œuvre comprennent le temps et les coûts alloués à la production des transplants, à la préparation du sol, à la plantation, à la taille et au palissage, à la récolte ainsi qu'à l'installation et la désinstallation du tunnel chenille, le cas échéant. Le temps de main d'œuvre alloué au conditionnement (tri, emballage, préparation des commandes) et à la mise en marché (transport, tenue de kiosque) peut être estimé chacun à 50 % du temps de récolte. Cette estimation est basée sur l'étude du CETAB+ (Le Mat et Ménard, 2017). Ce temps est variable d'une entreprise à l'autre selon les formats, les emballages utilisés et la mise en marché. Le temps total de main d'œuvre est comptabilisé à 15 \$/h. Si une partie du travail est réalisé par les exploitants et/ou de la main-d'œuvre non rémunérée, il faudra ajuster les coûts de main-d'œuvre.

¹⁰ Méthodologie de comptabilité de coût de revient. On choisit le taux de répartition qui permet une meilleure estimation de la réalité de la culture. D'autres taux pourraient être choisis dans d'autres circonstances telles que l'utilisation de la main d'œuvre, les superficies cultivées ou les quantités produites.

Tableau 11.4. Résultats obtenus pour les modèles de tomates (\$/m²)¹¹

	Modèle 1	Modèle 2	Modèle 3*
Structure	Serre chauffée trois saisons (avril à octobre)	Serre chauffée trois saisons (avril à octobre)	Tunnel chenille mobile
Tomate indéterminée	Ancestrale (heirloom)	Hybride Beef	Hybride Beef
Rendements (kg/m²)	16 kg/m ²	25 kg/m ²	11,5 kg/m ²
Prix moyen (\$/kg)	6,85 \$/kg	5,40 \$/kg	3,90 \$/kg
BUDGET D'EXPLOITATION	\$ par m²		
1- PRODUITS TOTAUX	110 \$	135 \$	45 \$
2- CHARGES D'OPÉRATIONS			
Approvisionnements	13 \$	14 \$	7 \$
Opérations culturales et énergie	31 \$	31 \$	0,03 \$
Commercialisation	6 \$	6 \$	1 \$
Autres couts	5 \$	6 \$	3 \$
Main-d'œuvre ¹²	32 \$	34 \$	14 \$
Total charges d'opérations	87 \$	90 \$	26 \$
3- CHARGES DE POSSESSION	13 \$	13 \$	4 \$
4- TOTAL DES CHARGES (2 + 3)	99 \$	103 \$	30 \$
BÉNÉFICE D'EXPLOITATION¹³ (1-4)	10 \$	32 \$	15 \$
Taux de bénéfice (%)¹⁴	9 %	24 %	34 %
Marge sur charges d'opérations (avec main-d'œuvre) (1-2)	23 \$	45 \$	19 \$
Total des charges par kg (\$/kg)	6,20 \$	4,12 \$	2,59 \$
Heures de travail par m ² (h/m ²)	2,14	2,26	0,96 h
Heure de travail par kg (h/kg)	0,13	0,09	0,08 h

* Attention : dans le cas du tunnel chenille, les résultats par m² ne peuvent pas être appliqués à l'ensemble de la superficie du tunnel, puisque la tomate indéterminée est cultivée sur le rang central uniquement. Pour évaluer les revenus par structure, il faut additionner les revenus des cultures sur les rangs de côté.

¹¹ Pour utiliser les budgets, il s'agit de multiplier les données au m² selon la superficie réelle associée à chaque culture cultivée par abri.

¹² Les coûts de main-d'œuvre incluent la production, le conditionnement et la mise en marché. Ils sont comptabilisés au coût de 15 \$/h.

¹³ Bénéfice d'exploitation : Produits totaux – charges totales

¹⁴ Taux de bénéfice (%) : Bénéfice ÷ revenus totaux x 100

Tableau 11.5. Résultats obtenus pour les modèles de poivrons (\$/m²)¹⁵

	Modèle 4	Modèle 5
Structure	Tunnel chenille mobile	Serre chauffée trois saisons (avril à octobre)
Poivron	Allongé var. Carmen	Allongé var. Carmen
Rendements (kg/m²)	5,5 kg/m ²	8 kg/m ²
Prix moyen (\$/kg)	9,75 \$/kg	9,75 \$/kg
BUDGET D'EXPLOITATION	\$ par m²	
1- PRODUITS TOTAUX	54 \$	78 \$
2- CHARGES D'OPÉRATIONS		
Approvisionnements	9 \$	13 \$
Opérations culturales et énergie	0,03 \$	31 \$
Commercialisation	1 \$	4 \$
Autres coûts	2 \$	4 \$
Main-d'œuvre ¹⁶	14 \$	15 \$
Total charges d'opérations	27 \$	67 \$
3- CHARGES DE POSSESSION	4 \$	12 \$
4- TOTAL DES CHARGES (2+3)	31 \$	79 \$
BÉNÉFICE D'EXPLOITATION¹⁷ (1-4)	23 \$	-(1) \$
Taux de bénéfice (%)¹⁸	43 %	-1 %
Marge sur charges d'opérations (avec main-d'œuvre) (1-2)	26 \$	11 \$
Total des charges par kg (\$/kg)	5,60 \$	9,89 \$
Heure de travail par m ² (h/m ²)	0,94	1,00
Heure de travail par kg (h/kg)	0,17	0,13

¹⁵ Pour utiliser les budgets, il s'agit de multiplier les données au m² selon la superficie réelle associée à chaque culture cultivée par abri.

¹⁶ Les coûts de main-d'œuvre incluent la production, le conditionnement et la mise en marché. Ils sont comptabilisés au coût de 15 \$/h.

¹⁷ Bénéfice d'exploitation : Produits totaux – charges totales

¹⁸ Taux de bénéfice (%) : Bénéfice ÷ revenus totaux x 100

BILAN DE L'ÉTUDE

Tomate

La tomate de serre hybride Beef cultivée en serre chauffée d'avril à octobre offre le meilleur bénéfice potentiel d'exploitation parmi les 5 modèles à l'étude. La culture en serre permet de doubler le rendement de la tomate hybride (11,5 à 25 kg/m²= 217 % d'augmentation) par rapport au tunnel chenille. Cette culture est souvent identifiée comme une des plus rentables auprès des entreprises maraîchères diversifiées allant jusqu'à compenser les déficits des autres cultures moins payantes comme le poivron de serre. La culture de tomates hybrides, résistantes à la moisissure olive, fait donc partie des choix gagnants de plusieurs entreprises. Par contre, l'obtention de bons prix sur les marchés peut devenir un défi lorsque les volumes de tomate sont importants à écouler. À cet effet, plusieurs entreprises offrent déjà des tomates hybrides biologiques auprès des grossistes et des épiceries locales.

Quant à la tomate ancestrale en serre, le rendement obtenu est nettement inférieur à celui de la tomate hybride (16 kg/m² vs 25 kg/m²= - 40 %). Le potentiel de rendement de ces variétés est inférieur en raison de leurs caractéristiques génétiques et de leur sensibilité accrue aux maladies, principalement à la moisissure olive. Ainsi, le bénéfice d'exploitation des tomates ancestrales en serre chauffée (10 \$/m²) est trois fois moins important que celui de la tomate hybride (32 \$/m²). Il est par contre comparable à celui de la culture de tomates indéterminées sous tunnel chenille (15 \$/m²), et ce, malgré un rendement moyen et des prix inférieurs pour l'abri froid. Les coûts de production plus élevés en serre chauffée par rapport au tunnel chenille, expliquent en bonne partie ce résultat. Afin de prendre une décision éclairée, il est conseillé de calculer séparément les revenus et les coûts de la tomate ancestrale cultivée en serre, car les résultats peuvent varier passablement d'une entreprise à l'autre. Il est également recommandé d'évaluer les avantages de la cultiver en serre selon les attentes de la clientèle.

Toujours concernant la tomate ancestrale, un manque de données sur les rendements en abris froids (tunnel et serre froide) ne nous permet pas de comparer plusieurs modèles de production. Il serait intéressant d'évaluer les bénéfices de la cultiver sous tunnel chenille, considérant les prix de vente élevés pour ce produit et les coûts d'entretien restreints par rapport à la serre chauffée. En outre, une meilleure gestion de la culture et du climat ainsi que la recherche de variétés plus résistantes à la moisissure olive sont des avenues à explorer afin d'augmenter les rendements de la tomate ancestrale.

Poivron

Le rendement du poivron de type allongé, variété Carmen et palissé en horizontal, augmente de 45 % lorsqu'il est cultivé en serre trois saisons (chauffée) par rapport au tunnel chenille soit de 5,5 à 8 kg/m² et les revenus passent de 54 \$/m² à 78 \$/m². Par ailleurs, le bénéfice d'exploitation du poivron cultivé en tunnel chenille est fort intéressant à 23 \$/m² alors qu'il devient négatif en serre chauffée à -1 \$/m².

L'analyse économique démontre peu de rentabilité à consacrer une serre chauffée d'avril à octobre à la culture du poivron uniquement (-1 \$/m²). Les gains de revenus dus à

l'augmentation de rendement sous cette structure ne permettent pas de couvrir les coûts additionnels (+158 %). Ceux-ci comprennent principalement les coûts de possession de la structure et des équipements ainsi que les coûts de chauffage de la serre.

Aussi, la nature physiologique et génétique d'un plant de poivron offre un potentiel de rendement beaucoup moins élevé que la tomate, ceci même en serre chauffée. La croissance du plant est lente, avec de premières récoltes deux à trois semaines plus tard que celles de la tomate. Toutefois, la serre chauffée est la seule façon d'obtenir une récolte hâtive de poivrons colorés (3^e semaine de juin). La culture du poivron s'intègre bien dans une serre chauffée diversifiée. En effet, certains producteurs valorisent par exemple les côtés de la serre avec le poivron, étant donné que les plants nécessitent moins d'espace en largeur que ceux de la tomate. Cette façon de faire permet d'offrir une diversité de produits, plus tôt en saison, de se démarquer de la concurrence, et ainsi fidéliser la clientèle.

Par ailleurs, il serait intéressant de suivre l'évolution des rendements à mesure que la gestion de la culture s'améliore (techniques de taille, palissage, gestion du climat et de l'irrigation, etc.). La production de poivron biologique en plein sol a le potentiel d'atteindre des rendements de 10,5 kg/m² en palissage vertical pour une période de récolte de 20 semaines (Sébastien Couture, agr, communications personnelles, 2019).

À noter que la culture du poivron carré sur palissage vertical en serre chauffée n'a pas été retenue dans les modèles à l'étude puisque les rendements obtenus sur les entreprises étaient mal documentés.

Les coûts de production sont importants en serre chauffée, les coûts de chauffage et les coûts de main-d'œuvre représentent environ 60 % des charges totales. Des mesures de suivi mensuelles peuvent être mises en place pour suivre ces deux catégories de dépenses qui varient du simple au double d'une entreprise à l'autre.

SERRE FROIDE

La serre froide n'a pas fait l'objet d'une analyse économique spécifique dans le cadre de ce chapitre. Toutefois, les données disponibles nous permettent de tirer certaines conclusions pour cette structure. Les budgets CRAAQ 2016 concluent que la serre froide offre les meilleures marges financières parmi les abris froids (en comparaison au tunnel chenille et au grand tunnel), sans toutefois tenir compte des coûts de possession des structures.

La serre froide nécessite des investissements de départ d'environ 18 à 30 % inférieurs à la serre chauffée, selon la présence ou non de ventilation active (mécanique) et d'automatisation (22 864 à 27 564 \$ d'investissement initial (cf. Tableau 11.1 et Annexe 1C)). Les coûts de possession annuels de la serre froide sont de 23 % inférieurs à ceux de la serre chauffée (jusqu'à 40 % inférieurs pour une serre froide sans ventilations et contrôleurs). Les coûts de chauffage et d'électricité représentent 30 % des charges totales pour la serre chauffée et seulement 6 % pour la serre froide. Les autres charges d'opération varient peu entre la serre froide et la serre chauffée. La serre froide est donc à la fois moins chère à acquérir, à posséder et à opérer que la serre chauffée.

Les rendements obtenus en serre froide et le nombre de semaines de récolte peuvent varier beaucoup selon la région au Québec. Plus la saison de production est longue, plus la serre froide devient intéressante. En moyenne, la serre froide permet d'augmenter les rendements de la tomate indéterminée hybride de 30 % soit de 11,5 kg/m² en tunnel chenille à 15 kg/m² en serre froide. Le bénéfice d'exploitation de la tomate en serre froide est donc à mi-chemin entre la serre chauffée et le tunnel chenille mobile.

Pour le poivron, les rendements moyens obtenus en serre froide sont entre 5,5 à 6,8 kg/m², comparativement de 4,8 à 6 kg/m² pour le tunnel chenille. La serre froide et le tunnel chenille, combinés à l'utilisation de couvertures flottantes est une alternative intéressante pour récolter hâtivement et augmenter le nombre de semaines de récolte, tout en maintenant les coûts de production des poivrons plus bas que la serre chauffée. La serre froide est donc une belle alternative pour augmenter la rentabilité de la culture du poivron coloré tout en augmentant la période d'offre.

CONCLUSION

D'un strict point de vue budgétaire et selon les hypothèses de l'étude, il est plus avantageux de cultiver la tomate hybride sous serre chauffée d'avril à octobre puis en serre froide et finalement en tunnel chenille. À noter que ces trois modèles de production de tomate hybride sont tous rentables. Quant à la tomate ancestrale, elle est très coûteuse à produire en serre chauffée. Le rendement et le prix de vente actuel sont insuffisants pour dégager des bénéfices d'exploitation aussi intéressants que dans le cas de la tomate hybride.

Concernant le poivron, il est plus rentable de le cultiver sous tunnel chenille ou en serre froide comparativement à la serre chauffée. Par ailleurs, la serre chauffée diversifiée demeure une structure intéressante afin de répondre aux besoins de la clientèle en circuit court et pour offrir le produit sur une plus longue période.

En terminant, il faudra considérer pour chaque type de structure les différentes successions de cultures possibles afin d'optimiser les bénéfices d'exploitation par m² cultivé. Finalement, c'est la rentabilité globale de l'entreprise maraîchère diversifiée qui compte afin d'en assurer la pérennité. Une meilleure répartition des risques, ainsi que l'utilisation optimale des ressources matérielles et humaines vont contribuer à une bonne santé financière.

Tableau 11.6. Résumé des facteurs à considérer afin de choisir une structure destinée à la culture de la tomate hybride indéterminée (les cases vertes indiquent les facteurs favorables à la structure, les cases rouges, les facteurs défavorables, les cases orange sont intermédiaires)

	Tunnel chenille	Serre froide	Serre chauffée d'avril à octobre
Coût initial de la structure à l'achat	Bas	Moyen (4,5 x tunnel)	Élevé (6 x le tunnel)
Coût de possession annuel	Bas	Élevé (7,7 x tunnel)	Élevé (10 x tunnel)
Rendement (kg/m²)	Moyen (11,5)	Élevé (15)	Très élevé (25)
Hâtivité	Tardif (fin juillet)	Tardif (3 ^e juillet)	Hâtif (début juin)
Étalement récoltes	Faible 10 semaines	Moyen 12 semaines	Élevé 22 semaines
Bénéfice par m²	Moyen (15 \$/m ²)	Élevé	Très élevé (32 \$/m ²)
Coût de production (\$/kg)	Bas (2,59 \$/kg)	Élevé	Élevé (4,12 \$/kg)
Heures de travail par kg (h/kg)	Moyen (plus d'heures)	Faible	Faible (moins d'heures)

Tableau 11.7. Résumé des facteurs à considérer afin de choisir une structure destinée à la culture de poivron coloré (les cases vertes indiquent les facteurs favorables à la structure, les cases rouges les facteurs défavorables, les cases oranges sont intermédiaires)

	Tunnel chenille	Serre froide	Serre chauffée
Coût initial de la structure à l'achat	Bas	Moyen (4,5 x tunnel)	Élevé (6 x le tunnel)
Coût de possession annuel	Bas	Élevé (7,7 x tunnel)	Élevé (10 x tunnel)
Rendement (kg/m²)	Moyen (5,4)	Moyen (6,2)	Élevé (8)
Hâtivité	Tardif (mi-août)	Moyen (début août)	Hâtif (3 ^e juin)
Étalement récoltes	Faible 8 à 9 semaines	Moyen 11 semaines	Élevé 20 semaines
Bénéfice par m²	Élevé (23 \$/m ²)	Moyen	Négatif (-1 \$/m ²)
Coût de production (\$/kg)	Moyen (5,60 \$/kg)	Moyen	Élevé (9,89 \$/kg)
Heures de travail par kg (h/kg)	Moyen (plus d'heures)	Faible	Faible (moins d'heures)

ANNEXES

ANNEXES 1. COÛT DE POSSESSION DES STRUCTURES 245

Annexe 1A. Coût de possession de la serre chauffée	245
Annexe 1B. Coût de possession du tunnel chenille	246
Annexe 1C. Coût de possession de la serre froide	247

ANNEXES 2. BUDGETS DÉTAILLÉS PAR MODÈLES 248

Annexe 2A. Budget d'exploitation : culture de tomates ancestrales en serre chauffée d'avril à octobre ^{a, b}	248
Annexe 2B. Budget d'exploitation : culture de tomate hybride en serre chauffée d'avril à octobre ^{a, b}	250
Annexe 2C. Budget d'exploitation : culture de tomate hybride en tunnel chenille mobile ^{a, b}	252
Annexe 2D. Budget d'exploitation : culture de poivron allongé var. carmen en tunnel chenille mobile ^{a, b}	254
Annexe 2E. Budget d'exploitation : culture de poivron allongé var. carmen en serre chauffée d'avril à octobre ^{a, b}	256

ANNEXES 1. COÛT DE POSSESSION¹⁹ DES STRUCTURES

Annexe 1A. Coût de possession de la serre chauffée

Serre chauffée isolée, fondation flottante (plein sol), plastique double, ouvrants et irrigation automatisés (30'x100' ou 279 m ²)											
Investissements	Valeur de remplacement (à neuf)	Taux de valeur résiduelle	Durée de vie estimée	D Dépréciation	I Intérêts	R Réparations	T Taxes	A Assurances	Total en % (DIRTA)	Coût de possession ou Loyer annuel	Coût de possession (\$/m ²)
1- Fonds de terre	658 \$			0%	2,27%	0,48%	1,00%	0,00%	3,75%	25 \$	0,08 \$
2- Serre											
Infrastructure + isolation mur sol	18 400 \$	10%	20	4,50%	1,25%	1,40%	1%	0,38%	8,53%	1 570 \$	5,63 \$
Plastique	1 500 \$	0%	4	5,00%	1,19%	0%	0%	0,38%	6,57%	99 \$	0,35 \$
	19 900 \$									1 668 \$	5,98 \$
3- Équipements serre											
Ventilation	2 300 \$	5%	20	4,75%	1,19%	4%	0%	0,38%	10,32%	237 \$	0,85 \$
Chauffage	5 900 \$	5%	20	4,75%	1,19%	4%	0%	0,38%	10,32%	609 \$	2,18 \$
Irrigation	1 100 \$	5%	10	4,75%	1,19%	4%	0%	0,38%	10,32%	114 \$	0,41 \$
Toiles géotextiles	254 \$	5%	25	4,75%	1,19%	4%	0%	0,38%	10,32%	26 \$	0,09 \$
Contrôle climatique et ouvrants motorisés	3 600 \$	5%	5	4,75%	1,19%	4%	0%	0,38%	10,32%	372 \$	1,33 \$
Broches de culture	200 \$	0%	10	5,00%	1,19%	4%	0%	0,38%	10,57%	21 \$	0,08 \$
	13 354 \$									1 379 \$	4,94 \$
4- Réfrigération											
Chambre froide (bâtiment)	2 810 \$	10%	20	4,50%	1,25%	1,40%	1%	0,38%	8,53%	240 \$	0,86 \$
Chambre froide (équipement)	1 730 \$	5%	5	4,75%	1,19%	4%	0%	0,38%	10,32%	179 \$	0,64 \$
	4 540 \$									419 \$	1,50 \$
Total investissements	38 452 \$									3 490 \$	12,50 \$
Total serre et équipements (2+3)	33 254 \$									3 047 \$	10,92 \$

- (1) Fonds de terre : la superficie considérée est de 110 % la superficie de la structure (279 m² x 110 % = 307 m²).
Les frais pour la préparation du terrain (terrassement, remblais, drainage) et l'installation de la structure ne sont pas inclus au coût de possession.

¹⁹ Coût de possession établi à partir de la méthode de calcul (DIRTA) décrite au document *Loyer annuel AGDEX 824/825a*, publié par le CRAAQ (2015).

Annexe 1B. Coût de possession du tunnel chenille

Tunnel chenille mobile (14'x102' ou 132 m ²)												
Investissements	Valeur de remplacement (à neuf)	Taux d'affectation*	Taux de valeur résiduelle	Durée de vie estimée	D Dépréciation	I Intérêts	R Réparations	T Taxes	A Assurances	Total en % (DIRTA)	Coût de possession ou Loyer annuel	Coût de possession (\$/m ²)
1- Fonds de terre	312 \$				0%	2,27%	0,48%	1,00%	0,00%	3,75%	12 \$	0,08 \$
2- Tunnel												
Structure	1 396 \$		10%	10	9,00%	1,19%	4%	0%	0,38%	14,57%	203 \$	1,54 \$
Polyéthylène	449 \$		0%	4	5,00%	1,19%	0%	0%	0,38%	6,57%	29 \$	0,22 \$
	1 845 \$										233 \$	1,76 \$
3- Équipements												
Irrigation	500 \$		5%	10	4,75%	1,19%	4%	0%	0,38%	10,32%	52 \$	0,39 \$
Tuteurs (15 mm, 5') 3 rgs	414 \$		0%	10	5,00%	1,19%	4%	0%	0,38%	10,57%	44 \$	0,33 \$
	914 \$										95 \$	0,72 \$
4- Réfrigération												
Chambre froide (bâtiment)	2 810 \$	25%	10%	20	4,50%	1,25%	1,40%	1%	0,38%	8,53%	60 \$	0,45 \$
Chambre froide (équipement)	1 730 \$	25%	5%	5	4,75%	1,19%	4%	0%	0,38%	10,32%	45 \$	0,34 \$
	4 540 \$										105 \$	0,79 \$
5- Machinerie et équipements globaux												
Préparation de sol, déroulage plastique	63 503 \$	0,5%	10%	20	4,50%	1,25%	1,40%	1%	0,38%	8,53%	26 \$	0,20 \$
Total investissements	4 515 \$										471 \$	3,55 \$
Total infrastructures et équipement (2+3)	2 759 \$										328 \$	2,48 \$

*Le taux d'affectation est le pourcentage de l'investissement qui est affecté à la culture. Les équipements de réfrigération (chambre froide de 6 m² maintenue entre 7 à 12°C) sont utilisés à 25 % par les poivrons cultivés en tunnel chenille. La machinerie et les équipements de préparation de sol sont affectés à seulement 0,5 % à la culture des poivrons sous tunnel. Le taux d'affectation pour la machinerie est basé sur la surface utilisée par le tunnel par rapport à l'ensemble de l'entreprise (132 m² x 110 %/3 ha)= 0,5 %.

(1) Fond de terre : la superficie considérée est de 110 % la superficie de la structure (132 m² x 110 %= 145 m²)

Annexe 1C. Coût de possession de la serre froide

Serre non chauffée isolée, fondation flottante (plein sol), plastique double, ouvrants et irrigation automatisés (30'x100' ou 279 m ²)												
Investissements	Valeur de remplacement (à neuf)	Taux d'affectation*	Taux de valeur résiduelle	Durée de vie estimée	D Dépréciation	I Intérêts	R Réparations	T Taxes	A Assurances	Total en % DIRT	Coût de possession ou Loyer annuel	Coût de possession (\$/m ²)
1- Fonds de terre	658 \$				0%	2,27%	0,48%	1,00%	0,00%	3,75%	25 \$	0,08 \$
2- Serre												
Infrastructure	18 400 \$		10%	20	4,50%	1,25%	1,40%	1%	0,38%	8,53%	1 570 \$	5,63 \$
Plastique	1 500 \$		0%	4	5,00%	1,19%	0%	0%	0,38%	6,57%	99 \$	0,35 \$
	19 900 \$										1 668 \$	5,98 \$
3- Équipements serre												
Ventilation	1 100 \$		5%	20	4,75%	1,19%	4%	0%	0,38%	10,32%	114 \$	0,41 \$
Chauffage	- \$		5%	20	4,75%	1,19%	4%	0%	0,38%	10,32%	- \$	- \$
Irrigation	1 100 \$		5%	10	4,75%	1,19%	4%	0%	0,38%	10,32%	114 \$	0,41 \$
Toiles géotextiles	254 \$		5%	25	4,75%	1,19%	4%	0%	0,38%	10,32%	26 \$	0,09 \$
Contrôle climatique et ouvrant motorisés	3 600 \$		5%	5	4,75%	1,19%	4%	0%	0,38%	10,32%	372 \$	1,33 \$
Tuteurs métal (20 mm, 8')	1 610 \$		0%	10	5,00%	1,19%	4%	0%	0,38%	10,57%	170 \$	0,61 \$
	7 664 \$										795 \$	2,85 \$
4- Réfrigération												
Chambre froide (bâtiment)	2 810 \$	70%	10%	20	4,50%	1,25%	1,40%	1%	0,38%	8,53%	168 \$	0,60 \$
Chambre froide (équipement)	1 730 \$	70%	5%	5	4,75%	1,19%	4%	0%	0,38%	10,32%	125 \$	0,45 \$
	4 540 \$										293 \$	1,05 \$
Total investissements	32 762 \$										2 780 \$	9,96 \$
Total serre et équipements (2+3)	27 564 \$										2 463 \$	8,83 \$

*Le taux d'affectation est le pourcentage de l'investissement qui est affecté à la culture. Les équipements de réfrigération (chambre froide de 6 m² maintenue entre 7 à 12°C) sont utilisés à 70 % par les poivrons cultivés en serre froide.

(1) Fonds de terre : la superficie considérée est de 110 % la superficie de la structure (279 m² x 110 % = 307 m²).

Les frais pour la préparation du terrain (terrassment, remblais, drainage) et l'installation de la structure ne sont pas inclus au coût de possession.

ANNEXES 2. BUDGETS DÉTAILLÉS PAR MODÈLES

Annexe 2A. Budget d'exploitation : culture de tomates ancestrales en serre chauffée d'avril à octobre ^{a, b}

PRODUITS						
Revenus	Prix unitaire (\$)	Unité	Quantité (kg/m ²)	Montant (\$/m ²)	\$/structure (m ² utiles)	Notes
Vente au détail prix \$/kg % des ventes	7,00 \$ 95%	kg	16	106,40 \$	26 717 \$	c, d
Vente aux grossistes prix \$/kg % des ventes	4,00 \$ 5%	kg	16	3,20 \$	804 \$	c, d
Moyenne de prix (\$/kg)	6,85 \$		Total	109,60 \$	27 521 \$	

CHARGES						
1- Approvisionnements	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Montant (\$/m ²)	\$/structure (m ² utiles)	Notes
Transplants	2,65 \$		1,3	3,45 \$	865 \$	e
Tuyau goutte-à-goutte	0,12 \$		2,39	0,29 \$	72 \$	f
Fertilisation	28,75 \$		850	2,44 \$	614 \$	g
Phytoprotection			1	4,50 \$	1 130 \$	h
Fournitures				1,16 \$	291 \$	i
Contenants pour récolte et entreposage	13,22 \$	20%	1,20	0,93 \$	234 \$	j
Emballages	0,23 \$	5%	16	0,18 \$	45 \$	k
Total				12,95 \$	3 251 \$	

2- Opérations culturales et dépenses énergétiques de l'abri	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Montant (\$/m ²)	\$/structure (m ² totaux)	
Opérations mécanisées	absence					l
Dépenses d'énergie (chauffage et ventilation) \$/kWh x kW/m ²	0,11 \$		280	30,52 \$	8 515 \$	m
Total				30,52 \$	8 515 \$	

3- Mise en marché	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Montant (\$/m ²)	\$/structure (m ² utiles)	n
Transport (km)	0,53 \$	15%	7000	2,02 \$	508 \$	o
Location d'un emplacement marché	500 \$	15%	1	0,27 \$	68 \$	p
Entreposage réfrigéré 7 à 12 ° c	0,39 \$	100%	2500	3,49 \$	875 \$	q
Total				5,78 \$	1 451 \$	

Annexe 2A. Budget d'exploitation : culture de tomates ancestrales en serre chauffée d'avril à octobre ^{a, b} (Suite)

4- Main d'œuvre	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Heures (h/m ²)	Heures/structure (m ² utiles)	r
Production de transplants (h/plant x plant/m ²), (heures)		1,3	0,05	0,07	16	s
Installation de la structure, (heures)				-	-	t
Préparation de sol, pose paillis irrigation, fertilisation initiale, (heures)				0,07	16	u
Plantation, (heures)				0,02	6	v
Palissage horizontal: pose poteaux et 1er étage de corde, (heures)				-	-	w
Taille et palissage d'entretien, (heures)				1,50	377	x
Gestion irrigation climat, fertilisation fract., suivi phyto, (heures)				0,20	50	y
Récolte (kg/h x kg/m ²), (heures)		150	16	0,11	27	z
Arrachage plants et enlèvement tuteurage, paillis, (heures)				0,07	18	aa
Désinstallation de la structure (abris), (heures)				-	-	ab
Total sans conditionnement et sans mise en marché (heures)				2,03	510	
Conditionnement (50% du temps de récolte), (heures)				0,05	13	ac
Mise en marché (50% du temps de récolte), (heures)				0,05	13	ad
Total avec conditionnement et mise en marché (heures)				2,14	536	
Total des frais de main d'œuvre (charges sociales comprises)	15 \$			32,04 \$	8 045 \$	ae

5- Autres coûts d'opération	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Montant (\$/m ²)	\$/structure (m ² utiles)	
Coûts fixes de l'entreprise maraîchère diversifiée	5 500 \$	15%		3,31 \$	831 \$	af
Intérêts du financement à court terme	5,50%	50%	79 \$	2,17 \$	608 \$	ag
Total				5,48 \$	1 439 \$	

6- Coût de possession	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Montant (\$/m ²)	\$/structure (m ² totaux)	ah
Terre		110%		0,08 \$	25 \$	ai
Serre (infrastructure)				5,98 \$	1 668 \$	aj
Serre (équipements)				4,94 \$	1 378 \$	ak
Dispositif de réfrigération		100%		1,50 \$	419 \$	al
Total				12,50 \$	3 490 \$	
CHARGES TOTALES				99,26 \$	26 190 \$	

Annexe 2B. Budget d'exploitation : culture de tomate hybride en serre chauffée d'avril à octobre^{a, b}

PRODUITS						
Revenus	Prix unitaire (\$)	Unité	Quantité (kg/m ²)	Montant (\$/m ²)	\$/structure (m ² utiles)	Notes
Vente au détail prix \$/kg % des ventes	5,50 \$ 95%	Kg	25	130,63 \$	32 800 \$	c,d
Vente aux grossistes prix \$/kg % des ventes	3,50 \$ 5%	Kg	25	4,38 \$	1 099 \$	c,d
Moyenne de prix (\$/kg)	5,40 \$		Total	135,00 \$	33 899 \$	

CHARGES						
1- Approvisionnements	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Montant (\$/m ²)	\$/structure (m ² utiles)	Notes
Transplants	2,65 \$		1,30	3,45 \$	865 \$	e
Tuyau goutte-à-goutte	0,12 \$		2,39	0,29 \$	72 \$	f
Fertilisation	28,75 \$		850	2,44 \$	614 \$	g
Phytoprotection			1	4,50 \$	1 130 \$	h
Fournitures				1,16 \$	291 \$	i
Contenants pour récolte et entreposage	13,22 \$	20%	1,88	1,46 \$	366 \$	j
Emballages	0,23 \$	5%	30	0,34 \$	85 \$	k
			Total	13,63 \$	3 423 \$	

2- Opérations culturales et dépenses énergétiques de l'abri	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Montant (\$/m ²)	\$/structure (m ² totaux)	
Opérations mécanisées	absence					l
Dépenses d'énergie (chauffage et ventilation) \$/kWh x kW/m ²	0,11 \$		280	30,52 \$	8 515 \$	m
			Total	30,52 \$	8 515 \$	

3- Mise en marché	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Montant (\$/m ²)	\$/structure (m ² utiles)	n
Transport (km)	0,53 \$	18%	7000	2,41 \$	605 \$	o
Location d'un emplacement marché	500 \$	18%	1	0,32 \$	81 \$	p
Entreposage réfrigéré 7 à 12 ° c	0,39 \$		2500	3,49 \$	875 \$	q
			Total	6,22 \$	1 561 \$	

Annexe 2B. Budget d'exploitation : culture de tomate hybride en serre chauffée d'avril à octobre^{a, b} (Suite)

4- Main d'œuvre	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Heures (h/m ²)	Heures/structure (m ² utiles)	r
Production de transplants (h/plant x plant/m ²), (heures)		1,3	0,05	0,07	16	s
Installation de la structure (heures)				-	-	t
Préparation de sol, pose paillis irrigation, fertilisation initiale, (heures)				0,07	16	u
Plantation (heures)				0,02	6	v
Palissage horizontale: pose poteaux et 1er étage de corde (heures)				-	-	w
Taille et palissage d'entretien (heures)				1,50	377	x
Gestion irrigation climat, fertilisation fract., suivi phyto, (heures)				0,20	50	y
Récolte (kg/h x kg/m ²), (heures)		150	25	0,17	42	z
Arrachage plants et enlèvement tuteurage, paillis (heures)				0,07	18	aa
Désinstallation de la structure (abri) (heures)				-	-	ab
Total sans conditionnement et sans mise en marché (heures)				2,09	525	
Conditionnement (50% du temps de récolte)				0,08	21	ac
Mise en marché (50% du temps de récolte)				0,08	21	ad
Total avec conditionnement et mise en marché (heures)				2,26	566	
Total des frais de main d'œuvre (charges sociales comprises)	15 \$		Total	33,84 \$	8 497 \$	ae

5- Autres coûts d'opération	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Montant (\$/m ²)	\$/structure (m ² utiles)	
Coûts fixes de l'entreprise maraîchère diversifiée	5 500 \$	18%		3,95 \$	991 \$	af
Intérêts du financement à court terme	5,50%	50%	82 \$	2,25 \$	632 \$	ag
Total				6,20 \$	1 623 \$	

6- Coût de possession	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Montant (\$/m ²)	\$/structure (m ² totaux)	ah
Terre		110%		0,08 \$	25 \$	ai
Serre (infrastructure)				5,98 \$	1 668 \$	aj
Serre (équipements)				4,94 \$	1 378 \$	ak
Dispositif de réfrigération		100%		1,50 \$	419 \$	al
Total				12,50 \$	3 490 \$	
CHARGES TOTALES				102,90 \$	27 108 \$	

Annexe 2C. Budget d'exploitation : culture de tomate hybride en tunnel chenille mobile ^{a, b}

PRODUITS						
Revenus	Prix unitaire (\$)	Unité	Quantité (kg/m ²)	Montant (\$/m ²)	\$/rang central (m ² utiles)	Notes
Vente au détail prix \$/kg % des ventes	4,00 \$ 95%	kg	11,5	43,70 \$	2 010 \$	c, d
Vente aux grossistes prix \$/kg % des ventes	2,00 \$ 5%	kg	11,5	1,15 \$	53 \$	c, d
Moyenne de prix (\$/kg)	3,90 \$		Total	44,85 \$	2 063 \$	

CHARGES						
1- Approvisionnements	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Montant (\$/m ²)	\$/rang central (m ² utiles)	Notes
Transplants	1,50 \$		1,5	2,25 \$	104 \$	e
Boyau goutte-à-goutte	0,12 \$		2,61	0,31 \$	14 \$	f
Fertilisation	25 \$		180	0,45 \$	21 \$	g
Phytoprotection			1	1,00 \$	46 \$	h
Fournitures et paillis				1,13 \$	52 \$	i
Contenants pour récolte et entreposage	13,22 \$	20%	1,73	1,34 \$	62 \$	j
Emballages	0,14 \$	5%	11,5	0,08 \$	4 \$	k
			Total	6,57 \$	302 \$	

2- Opérations culturales et dépenses énergétiques de l'abri	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Montant (\$/m ²)	\$/rang central (m ² totaux)	Notes
Opérations culturales mécanisées		110%		0,03 \$	1,52 \$	l
Dépenses d'énergie	absence					m
			Total	0,03 \$	1,52 \$	

3- Mise en marché	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Montant (\$/m ²)	\$/rang central (m ² utiles)	n
Transport (km)	0,53 \$	2,2%	7000	0,30 \$	14 \$	o
Location d'un emplacement marché	500 \$	2,2%	1	0,04 \$	2 \$	p
Entreposage réfrigéré 7 à 12 ° c	0,39 \$	30%	2500	1,05 \$	48 \$	q
			Total	1,39 \$	64 \$	

Annexe 2C. Budget d'exploitation : culture de tomate hybride en tunnel chenille mobile ^{a, b}
(Suite)

4- Main d'œuvre	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Heures (h/m ²)	Heures/rang central (m ² utiles)	r
<i>Production de transplants, (heures)</i>				0,05	2	s
<i>Installation de la structure, (heures)</i>				0,10	4	t
<i>Préparation de sol, pose paillis irrigation, fertilisation initiale, (heures)</i>				0,01	0	u
<i>Plantation, (heures)</i>				0,03	1	v
<i>Palissage horizontale: pose poteaux et 1er étage de corde, (heures)</i>				0,05	2	w
<i>Taille et palissage d'entretien, (heures)</i>				0,09	4	x
<i>Gestion irrigation climat, fertilisation fract., suivi phyto, (heures)</i>				0,06	3	y
<i>Récolte (kg/h x kg/m2), (heures)</i>		50	11,5	0,23	11	z
<i>Arrachage plants et enlèvement tuteurage, paillis, (heures)</i>				0,06	3	aa
<i>Désinstallation de la structure (abri), (heures)</i>				0,06	3	ab
Total sans conditionnement et sans mise en marché (heures)				0,73	33,5	
<i>Conditionnement (50% du temps de récolte), (heures)</i>				0,12	5	ac
<i>Mise en marché (50% du temps de récolte), (heures)</i>				0,12	5	ad
Total avec conditionnement et mise en marché (heures)				0,96	44	
Total des frais de main d'œuvre (charges sociales comprises)	15 \$		Total	14,36 \$	661 \$	ae

5- Autres coûts d'opération	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Montant (\$/m ²)	\$/rang central (m ² utiles)	
Coûts fixes de l'entreprise maraîchère diversifiée	5 500 \$	2,2%		2,69 \$	124 \$	af
Intérêts du financement à court terme	5,50%	50%	24 \$	0,65 \$	32 \$	ag
Total				3,34 \$	155 \$	

6- Coût de possession	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Montant (\$/m ²)	\$/rang central (m ² totaux)	ah
Terre		110%		0,08 \$	4 \$	ai
Tunnel (infrastructure)				1,76 \$	85 \$	aj
Tunnel (équipements)				1,09 \$	53 \$	ak
Dispositif de réfrigération		30%		0,95 \$	46 \$	al
Machinerie		0,5%		0,20 \$	10 \$	am
Total				4,08 \$	197 \$	
CHARGES TOTALES				29,76 \$	1 381 \$	

Annexe 2D. Budget d'exploitation : culture de poivron allongé var. carmen en tunnel chenille mobile ^{a, b}

PRODUITS						
Revenus	Prix unitaire (\$)	Unité	Quantité (kg/m ²)	Montant (\$/m ²)	\$/structure (m ² utiles)	Notes
Vente au détail prix \$/kg	10 \$	Kg	5,5	52,25 \$	6 572 \$	c, d
% des ventes	95%					
Vente aux grossistes prix \$/kg	5 \$	Kg	5,5	1,38 \$	173 \$	c, d
% des ventes	5%					
Moyenne de prix (\$/kg)	9,75 \$		Total	53,63 \$	6 745 \$	

CHARGES						
1- Approvisionnements	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Montant (\$/m ²)	\$/structure (m ² utiles)	Notes
Transplants	1,71 \$		3,6	6,16 \$	774 \$	e
Boyau goutte-à-goutte	0,12 \$		1,40	0,17 \$	21 \$	f
Fertilisation	25 \$	100%	180	0,45 \$	57 \$	g
Phytoprotection			1	1,00 \$	126 \$	h
Fournitures et paillis				0,71 \$	89 \$	i
Contenants pour récolte et entreposage	13,22 \$	20%	1,03	0,80 \$	101 \$	j
Emballages	0,15 \$	5%	5,5	0,04 \$	5 \$	k
			Total	9,33 \$	1 173 \$	

2- Opérations culturales et dépenses énergétiques de l'abri	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Montant (\$/m ²)	\$/structure (m ² totaux)	
Opérations culturales mécanisées		110%		0,03 \$	4 \$	l
Dépenses d'énergie (chauffage et ventilation)	absence					m
			Total	0,03 \$	4 \$	

3- Mise en marché	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Montant (\$/m ²)	\$/structure (m ² utiles)	n
Transport (km)	0,53 \$	4%	7000	0,52 \$	66 \$	o
Location d'un emplacement marché	500 \$	4%	1	0,07 \$	9 \$	p
Entreposage réfrigéré 7 à 12 ° c	0,39 \$	25%	2500	0,87 \$	110 \$	q
			Total	1,46 \$	184 \$	

Annexe 2D. Budget d'exploitation : culture de poivron allongé var. carmen en tunnel chenille mobile ^{a, b} (Suite)

4- Main d'œuvre	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Heures (h/m ²)	Heures/structure (m ² utiles)	r
<i>Production de transplants, (heures)</i>		3,60	0,03	0,11	14	s
<i>Installation de la structure, (heures)</i>				0,10	12	t
<i>Préparation de sol, pose paillis irrigation, fertilisation initiale, (heures)</i>				0,01	1	u
<i>Plantation, (heures)</i>				0,06	8	v
<i>Palissage horizontale: pose poteaux et 1er étage de corde, (heures)</i>				0,05	7	w
<i>Taille et palissage d'entretien, (heures)</i>				0,02	2	x
<i>Gestion irrigation climat, fertilisation fract., suivi phyto, (heures)</i>				0,06	7	y
<i>Récolte (kg/h x kg/m²), (heures)</i>		25	5,50	0,22	28	z
<i>Arrachage plants et enlèvement tuteurage, paillis, (heures)</i>				0,04	5	aa
<i>Désinstallation de la structure (abri), (heures)</i>				0,06	8	ab
Total sans conditionnement et sans mise en marché (heures)				0,72	91	
<i>Conditionnement (50% du temps de récolte), (heures)</i>				0,11	14	ac
<i>Mise en marché (50% du temps de récolte), (heures)</i>				0,11	14	ad
Total avec conditionnement et mise en marché (heures)				0,94	118	
Total des frais de main d'œuvre (charges sociales comprises)	15 \$		Total	14,12 \$	1 775 \$	ae

5- Autres coûts d'opération	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Montant (\$/m ²)	\$/structure (m ² utiles)	
Coûts fixes de l'entreprise maraîchère diversifiée	5 500 \$	4%		1,62 \$	214 \$	af
Intérêts du financement à court terme	5,50%	50%	25 \$	0,69 \$	87 \$	ag
Total				2,31 \$	302 \$	

6- Coût de possession	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Montant (\$/m ²)	\$/structure (m ² totaux)	ah
Terre		110%		0,08 \$	12 \$	ai
Tunnel (infrastructure)				1,76 \$	233 \$	aj
Tunnel (équipements)				0,72 \$	95 \$	ak
Dispositif de réfrigération		25%		0,79 \$	105 \$	al
Machinerie		0,5%		0,20 \$	26 \$	am
Total				3,55 \$	471 \$	
CHARGES TOTALES				30,79 \$	3 910 \$	

Annexe 2E. Budget d'exploitation : culture de poivron allongé var. carmen en serre chauffée d'avril à octobre^{a, b}

PRODUITS						
Revenus	Prix unitaire (\$)	Unité	Quantité (kg/m ²)	Montant (\$/m ²)	\$/structure (m ² utiles)	Notes
Vente au détail prix \$/kg % des ventes	10 \$ 95%	Kg	8	76,00 \$	19 084 \$	c, d
Vente aux grossistes prix \$/kg % des ventes	5,00 \$ 5%	Kg	8	2,00 \$	502 \$	c, d
Moyenne de prix (\$/kg)	9,75 \$		Total	78,00 \$	19 586 \$	

CHARGES						
1- Approvisionnements	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Montant (\$/m ²)	\$/structure (m ² utiles)	Notes
Transplants	1,85 \$		3	5,55 \$	1 394 \$	e
Tuyau goutte-à-goutte	0,12 \$		2,39	0,29 \$	72 \$	f
Fertilisation	25 \$		650	1,68 \$	422 \$	g
Phytoprotection			1	4,50 \$	1 130 \$	h
Fournitures				0,83 \$	208 \$	i
Contenants pour récolte et entreposage	13,22 \$	20%	0,67	0,52 \$	130 \$	j
Emballages	0,15 \$	5%	8	0,06 \$	15 \$	k
			Total	13,43 \$	3 371 \$	

2- Opérations culturales et dépenses énergétiques de l'abri	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Montant (\$/m ²)	\$/structure (m ² totaux)	
Opérations mécanisées	absence					l
Dépenses d'énergie (chauffage et ventilation) \$/kWh x kWh/m ²	0,11 \$		280	30,52 \$	8 515 \$	m
			Total	30,52 \$	8 515 \$	

3- Mise en marché	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Montant (\$/m ²)	\$/structure (m ² utiles)	
Transport (km)	0,53 \$	11%	7000	1,44 \$	361 \$	n, o
Location d'un emplacement marché	500 \$	11%	1	0,19 \$	48 \$	p
Entreposage réfrigéré 7 à 12 ° C	0,39 \$	70%	2500	2,44 \$	613 \$	q
			Total	4,07 \$	1 022 \$	

Annexe 2E. Budget d'exploitation : culture de poivron allongé var. carmen en serre chauffée d'avril à octobre^{a, b} (Suite)

4- Main d'œuvre	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Heures (h/m ²)	h/structure (m ² utiles)	r
Production de transplants, (heures)		3,00	0,03	0,09	23	s
Installation de la structure, (heures)				-	-	t
Préparation de sol, pose paillis irrigation, fertilisation initiale, (heures)				0,07	16	u
Plantation, (heures)				0,05	13	v
Palissage horizontal: pose poteaux et 1er étage de corde, (heures)				0,05	14	w
Taille et palissage d'entretien, (heures)				0,08	19	x
Gestion irrigation climat, fertilisation fract., suivi phyto, (heures)				0,20	50	y
Récolte (kg/h x kg/m ²), (heures)		40	8	0,20	50	z
Arrachage plants et enlèvement tuteurage, paillis, (heures)				0,07	18	aa
Désinstallation de la structure (abri), (heures)				-	-	ab
Total sans conditionnement et sans mise en marché (heures)				0,80	202	
Conditionnement (50% du temps de récolte), (heures)				0,10	25	ac
Mise en marché (50% du temps de récolte), (heures)				0,10	25	ad
Total avec conditionnement et mise en marché (heures)				1,00	252	
Total des frais de main d'œuvre (charges sociales comprises)	15 \$		Total	15,07 \$	3 783 \$	ae

5- Autres coûts d'opération	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Montant (\$/m ²)	\$/structure (m ² utiles)	
Coûts fixes de l'entreprise maraîchère diversifiée	5 500 \$	11%		2,12 \$	592 \$	af
Intérêts du financement à court terme	5,50%	50%	61 \$	1,68 \$	447 \$	ag
Total				3,80 \$	1 039 \$	

6- Coût de possession	Coût unitaire (\$)	Facteur	Quantité/m ²	Montant (\$/m ²)	\$/structure (m ² totaux)	ah
Terre		110%		0,08 \$	25 \$	ai
Serre (infrastructure)				5,98 \$	1 668 \$	aj
Serre (équipements)				5,48 \$	1 529 \$	ak
Dispositif de réfrigération		70%		1,05 \$	293 \$	al
Total				12,59 \$	3 515 \$	
CHARGES TOTALES				79,48 \$	21 245 \$	

Notes aux budgets

- a La serre chauffée mesure 30' x 100' ou 279 m². La surface utile à la culture représente 90 % de cette surface soit 251 m². Le tunnel chenille mesure 14' x 102' ou 132 m². La surface utile à la culture représente 95 % de cette surface soit 126 m². Les poivrons peuvent occuper tout l'espace du tunnel chenille soit trois rangs doubles. Les tomates indéterminées peuvent occuper uniquement le rang central du tunnel chenille soit 46 m². Dans le cas des tomates indéterminées, les résultats par m² ne peuvent pas être appliqués à l'ensemble de la superficie du tunnel. Pour évaluer les revenus et dépenses pour le tunnel de tomate, il faut additionner les données des cultures sur les rangs de côté (tomate déterminée ou autres cultures).
- b L'abri est intégré dans une entreprise maraîchère biologique diversifiée qui réalise la culture de légumes de champs sur une superficie de 3 hectares (chiffre d'affaires de 182 100 \$). L'entreprise acquiert une structure abritée, soit un tunnel chenille, soit une serre chauffée, et y cultive le poivron ou la tomate. L'étude de chaque modèle séparément permet de comparer les différences économiques. Les canaux de commercialisation présumés sont la vente directe au consommateur, telle que l'agriculture soutenue par la communauté, les marchés publics, les kiosques à la ferme, dans une proportion de 95 %. La vente aux détaillants (épiceries locales) ou aux grossistes représente une proportion de 5 %.
- c Les rendements sont basés sur des entreprises en opération qui maîtrisent bien tous les aspects de la production et qui possèdent une bonne expérience avec la production sous abris. Les rendements moyens retenus sont obtenus grâce à l'ensemble des équipements et intrants prévus.
- d Les prix des produits ont été déterminés selon les prix moyens obtenus par les entreprises maraîchères diversifiées sondées dans différentes régions du Québec en 2018-2019. À noter qu'il existe une grande variabilité de prix selon les régions et les canaux de commercialisation.
- e L'entreprise produit elle-même ses transplants. La densité de plantation pour la tomate de serre est de 1,3 plant greffé/m² (2,6 têtes/m²) et 3 plants de poivrons/m². La densité en tunnel chenille est de 1,5 plant de tomates/m² et 3,6 plants de poivrons/m². Le coût de production pour les plants inclut le matériel (terreau, pots, matériel greffage), les semences, la fertilisation, la phytoprotection et l'énergie (chauffage et lumière), mais exclut la main d'œuvre. Un surplus de 30 % est prévu pour les semis de poivrons et tomates non greffées et 50 % pour les plants de tomates greffés (+50 % de greffons et +50 % de portes greffes).
- f Le tuyau goutte-à-goutte standard est utilisé sur la surface utile de la serre. En serre chauffée (tomate et poivrons), les besoins en tuyaux sont de 4 lignes par planche. En tunnel chenille, 4 lignes par planche sont utilisées pour la tomate indéterminée et 2 lignes par planche pour les poivrons. Le besoin en tuyau est de 2,39 mètres/m² en serre chauffe, 2,61 mètres/m² en tunnel de tomate et 1,4 mètre/m² en tunnel de poivrons. Le prix moyen du goutte-à-goutte est 0,12 \$/mètre de tuyau.

- g Les coûts de fertilisation varient beaucoup selon l'analyse de sol et les sources de fertilisants. Pour la tomate de serre chauffée, les besoins sont d'environ 850 kg N/ha. Le coût est d'environ 25 \$/kg d'azote (2,13 \$/m²) + 15 % pour les apports en potassium et éléments mineurs (0,31 \$/m²). Les besoins pour le poivron de serre sont de 650 kg N/ha, sans apport de potassium ou éléments mineurs supplémentaires. Pour le tunnel chenille de tomate et de poivron, un besoin de 180 kg N/ha a été retenu.
- h Les coûts de phytoprotection peuvent varier considérablement selon le climat, le niveau d'infestation, le choix des produits, l'utilisation d'agent de lutte biologique et la stratégie de phytoprotection mise en place par l'entreprise. Les valeurs retenues sont entre 4 et 5 \$/m² pour la serre chauffée et 1 \$/m² pour le tunnel chenille.
- i Pour la tomate en palissage vertical, les fournitures comprennent les crochets avec fil préenroulés, les clips et les supports à grappe. Pour le palissage horizontal, les fournitures comprennent la corde pour 8 à 10 étages doubles pour la tomate en tunnel chenille, 3 étages de corde et un clip par plant pour les poivrons en tunnel et 10 étages de corde et un clip par plant pour le poivron en serre. Les tuteurs en métal et les broches de culture en serre sont inclus dans les investissements et non dans les charges d'opération.
- j Les contenants de récolte réutilisables en plastique sont considérés comme une charge d'opération. Le renouvellement est graduel et leur durée de vie est évaluée à 5 ans donc un taux de renouvellement de 20 % est considéré pour le calcul du coût annuel. Le nombre de contenants de récolte nécessaire est déterminé selon les quantités à récolter lors des semaines de pic de production. On double cette quantité pour prendre en compte l'utilisation des contenants pour l'entreposage. Les contenants pour les tomates sont des plateaux avec alvéoles d'une capacité de 15 lbs (6,8 kg) et pour les poivrons, ce sont des bacs de récolte standard multi-usage.
- k Les contenants en carton pour la livraison aux épiceries locales ou grossistes sont nécessaires pour la quantité dédiée à ce canal de mise en marché (5 % du poids vendu). Pour les tomates, ce sont des cartons avec alvéoles de 15 lb (6,8 kg) et pour les poivrons, des boîtes de carton de 11 lbs (5 kg).
- l Pour le tunnel chenille, les opérations culturales mécanisées suivantes sont effectuées : hersage lourd (1) et léger (2), chargement et épandage du compost, buttage et pose de paillis de plastique. Les coûts incluent le carburant et l'entretien des équipements mécanisés (AGDEX 257,19/821a). Ces charges sont calculées sur la surface utilisée par le tunnel (132 m² x 110 %= 145 m²).
- m Les coûts d'énergie de la serre chauffée sont basés sur une consommation moyenne de 280 kWh par année et un coût du propane à 0,71 \$/L. Cependant, la consommation d'énergie peut varier entre 160 à 400 kWh/année, selon la région et la gestion du climat de l'entreprise, ce qui représente un écart de coût d'énergie entre 17 et 44 \$/m². Le coût par m² se calcule pour la superficie TOTALE de la serre (indépendamment de la fraction utilisée). Pour des compléments, consulter les références CRAAQ AGDEX sur le coût des sources d'énergie et sur le chauffage des serres.

- n Une partie des coûts indirects de l'entreprise est imputée à la culture sous abri. Cela repose sur le principe que la production sous abri doit supporter une partie de ces charges. Pour imputer cette part des dépenses dans chaque modèle, il faut utiliser un taux d'affectation. Dans le présent cas, on choisit le pourcentage des revenus bruts de la culture sous abri sur les revenus totaux estimés de l'entreprise.
- o Pour le kilométrage, on considère 7000 km parcourus annuellement principalement pour la mise en marché. On applique un taux de 0,55 \$/km pour les 5000 premiers kilomètres, et de 0,49 \$/km pour les kilomètres suivants. Une portion de ces coûts est affectée à la culture sous abris, selon le taux d'affectation calculé sur le pourcentage de revenus bruts de la culture sous abris sur les revenus totaux estimés de l'entreprise. On utilise ce pourcentage pour affecter les coûts indirects à cette production.
- p Coût annuel indicatif pour la location d'un emplacement de marché. La dépense est répartie avec le même taux d'affectation que pour les frais de transport.
- q Les frais d'énergie pour la réfrigération sont basés sur une chambre froide de 8'x8'x8' soit superficie de 6 m² et un volume de 15 m³, dédiée à la culture de la tomate ou du poivron. L'estimation du besoin de réfrigération pour la chambre froide est d'environ 14 500 BTU/h (4,25 kW). Le prix unitaire d'utilisation (\$/h) est de : 0,091 2 \$/kWh (AGDEX 760/821) x 4,25 kW. On considère 20 semaines de réfrigération (140 jours ; fonctionnant 15 à 20 h par jour soit au total 2500 h) pour une chambre froide de 7 à 12 ° C, dédiée uniquement à cette production. Les frais d'énergie sont répartis selon la portion de la chambre froide utilisée selon la culture pour chaque modèle.
- r Le temps de travail est évalué en heure par mètre² utile de la structure.
- s Le temps de travail pour produire des plants de tomates greffées est estimé à 0,05 heure/plant et les plants de poivrons et tomate non greffés à 0,03 heure/plant multiplié par la densité de plants.
- t Le temps de pose du tunnel chenille est en moyenne 12 h par structure de 132 m².
- u En serre, les travaux de préparation avant plantation sont réalisés manuellement et incluent la préparation de sol, la fertilisation initiale (compost ou autres amendements) et la pose de l'irrigation et du paillis couvre-sol. Pour le tunnel, les opérations culturales sont mécanisées (travail de sol, application de compost, pose paillis de plastique avec irrigation).
- v La vitesse de plantation considérée est de 1 minute par plant (0,016 7 h/plant).
- w Le temps pour la pose du palissage horizontale initial inclut la pose des tuteurs et le 1^{er} étage de corde double (en tunnel et en serre de poivron).

- x Le temps de taille et d'entretien des plants de tomate en palissage vertical inclus les opérations manuelles suivantes : attacher les plants, enlever les drageons, effeuiller, abaisser les plants, installer les supports à grappe et tailler les bouquets, couper les têtes en fin de saison. Pour le palissage horizontal, la taille des tomates en tunnel consiste à enlever les drageons sous la première grappe, effeuiller sous la première grappe et la pose de cordes supplémentaires en conduite multitêtes (dix à onze étages de corde). Pour le poivron sous tunnel, la taille est minimale : tailler le fruit à la fourche (N0), tailler les deux tiges axillaires (A1) et les jeunes fruits qu'ils portent, poser 2 étages de corde supplémentaires. Pour le poivron en serre en palissage horizontal, la taille est un peu plus poussée : tailler les fruits à la fourche (N0) et aux nœuds 1 (N1), tailler les deux drageons (D1), ce qui revient à tailler deux têtes sur quatre et la pose de cordes en conduite multitêtes (huit à neuf étages de corde).
- y Temps de suivi de la culture incluant la gestion de l'irrigation, le suivi phytosanitaire. En serre, ce temps inclut les fertilisations fractionnées aux 3 semaines et le temps de gestion du climat.
- z Les vitesses de récolte retenues sont les suivantes : tomate de serre 150 kg/h ; tomate en tunnel 50 kg/h ; poivron allongé en tunnel 25 kg/h ; poivron allongé en serre 40 kg/h.
- aa Temps pour vider les structures
- ab Temps pour démonter le tunnel chenille (moyenne 8 h par structure de 132 m²).
- ac Le temps de conditionnement est proportionnel au volume récolté et variera beaucoup selon le format de vente et le type d'emballage. Le temps moyen peut être évalué à 50 % du temps de la récolte.
- ad Le temps de mise en marché est proportionnel au volume récolté. Celui-ci variera énormément d'une entreprise à l'autre. Il est ici évalué à 50 % du temps de récolte.
- ae Le coût du temps de travail inclut le salaire et les charges de l'employeur. Il est exprimé ici en \$/m² et en \$/structure (m² utiles). Toutes les heures liées aux opérations et à la mise en marché sont considérées comme étant rémunérées. Le temps de gestion, planification et formation réalisé par les employés et propriétaires n'est pas inclus dans le budget.
- af Une partie des coûts indirects de l'entreprise, estimés à 5500 \$ par année, est imputée à la culture sous abri (ex. : frais d'association, certification, honoraires professionnels, frais de bureau). À noter que les frais d'assurances générales, l'entretien et les taxes foncières sont inclus dans les coûts de possession. Le taux d'affectation est la part des revenus de la culture sous abris sur les revenus totaux de l'entreprise diversifiée.
- ag On considère que les frais à court terme (marge de crédit) s'appliquent sur les dépenses d'approvisionnement, d'énergie, de main d'œuvre et de coûts fixes, et ce sur la moitié de l'année (50 %). Le taux de financement à court terme retenu est de 5,5 %.

- ah Pour refléter la réalité de l'ensemble des coûts d'exploitation, on intègre dans le budget les coûts de possession des actifs nécessaires à la production sous abris. Vous référer aux Annexes 1A, 1B, 1C pour plus de détails sur ces coûts.
- ai La valeur des terres par hectare retenue est de 21 446 \$/ha (Transac'terres, 2017). La surface considérée est de 110 % la surface de la structure.
- aj On considère une durée de vie de 20 ans pour la structure de serre, 10 ans pour le tunnel chenille et 4 ans pour le plastique. On ne prévoit pas de coûts de réparation pour le plastique.
- ak Les équipements incluent les systèmes d'irrigation, de chauffage, de ventilation, les systèmes de contrôle du climat et d'irrigation, les tuteurs de métal ou broches de culture ainsi que les toiles géotextiles de sol, le cas échéant.
- al La chambre froide utilisée (bâtiment et équipement) pour les tomates et poivrons est prise en compte dans les actifs du système de production. Le facteur (taux d'affectation) est le pourcentage de la chambre froide utilisé par la culture dans le modèle.
- am La machinerie de l'entreprise est utilisée pour la préparation de sol, l'épandage de compost, le buttage et déroulage de paillis de plastique. On affecte les coûts de possession en fonction de la superficie utilisée pour la production de tomates sous abri.

RÉFÉRENCES

CHAPITRE 1 : STRUCTURES ET ÉQUIPEMENTS

- Bartok, J.W. 2015a. *Natural ventilation guidelines* [en ligne]. Greenhouse Management. <https://www.greenhousemag.com/article/gm0815-greenhouse-natural-ventilation-guidelines/>
- Bartok, J.W. 2015b. *Reducing Humidity in the Greenhouse* [en ligne]. University of Massachusetts Extension: Greenhouse Crops and Floriculture Program. <https://ag.umass.edu/greenhouse-floriculture/fact-sheets/reducing-humidity-in-greenhouse>
- Beaulieu, B., G. Bilodeau, J.-B. Parr, M. Senécal, F. Tartier, D. Vaillancourt et C. Vallée. 2002. *Guide de production des annuelles en caissettes*. Québec (Québec) : Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec.
- Berger, C. et S. Brazeau. 2018a. *Fiche # 1a : systèmes de production de chaleur efficaces (maintien d'une même source énergétique)* [en ligne]. Les producteurs en serre du Québec. https://www.serres.quebec/download/publications/Energie/efficacite_energetique/Fiche-1A-systeme-de-chaleur-plus-efficace-8-janvier-2018.pdf
- Berger, C. et S. Brazeau. 2018 b. *Fiche # 3 : utilisation d'un recouvrement de serre efficace* [en ligne]. Les producteurs en serre du Québec. https://www.serres.quebec/download/publications/Energie/efficacite_energetique/Fiche-3-recouvrement-de-serre-efficace-23-janvier-2018.pdf
- Berger, C. et S. Brazeau. 2018 c. *Fiche # 4 : implantation d'un système de contrôle du climat* [en ligne]. Les producteurs en serre du Québec. https://www.serres.quebec/download/publications/Energie/efficacite_energetique/Fiche-4-systeme-de-contrôle-du-climat-23-janvier-2018.pdf
- Berger, C. et S. Brazeau. 2018 d. *Fiche # 5 : isolation des parois extérieures* [en ligne]. Les producteurs en serre du Québec. https://www.serres.quebec/download/publications/Energie/efficacite_energetique/Fiche-5-isolation-des-parois-exterieures-29-janvier-2018.pdf
- Berger, C. et S. Brazeau. 2018e. *Fiche # 7 : ventilateurs à circulation d'air horizontale (HAF)* [en ligne]. Les producteurs en serre du Québec. https://www.serres.quebec/download/publications/Energie/efficacite_energetique/Fiche-7-HAF-30-janvier-2017.pdf
- Blomgren, T.A et Frisch, T. 2007. *High Tunnels: Using Low Cost Technology to Increase Yields, Improve Quality, and Extend the Growing Season* [en ligne]. University of Vermont Center for Sustainable Agriculture. <https://www.sare.org/Learning-Center/SARE-Project-Products/Northeast-SARE-Project-Products/High-Tunnels>

Boisvert, A., J.-M. Boudreau, D. Richard, Y. Dubé, J.-P. Lessard, D. Morin et R. Thériault. 1994. *Serre : Construction et aménagement*. Comité des cultures abritées. Québec (Québec) : Conseil des productions végétales du Québec.

Boudreau, J.-M. 1994. *Schémas d'aménagement des serres : disposition et aménagement général*. Saint-Hyacinthe (Québec) : Institut de technologie agroalimentaire de Saint-Hyacinthe.

Boudreau, J.-M. et M. Girouard. 2004. *Séminaire sur la ventilation et les systèmes de refroidissement en serre*. Saint-Hyacinthe (Québec) : Centre d'information et de développement expérimental en serriculture.

Bournet, P.E., S.A. Ould Khaoua, T. Boulard, C. Migeon et G. Chassériaux. 2007. *Effect of Roof and Side Opening Combinations on the Ventilation of a Greenhouse Using Computer Simulation*. American Society of Agricultural and Biological Engineers 50 (1): 201-212.

Carrier, A. 2011. *Gestion de l'environnement des serres froides et des grands tunnels*. Conférence. Saint-Rémi (Québec) : Journées horticoles de Saint-Rémi.

Carrier, A. 2012. *Mieux gérer les serres moins équipées et les grands tunnels* [en ligne]. Agri-Réseau : Réseau d'avertissements phytosanitaires, Bulletin d'information cultures en serres. <https://www.agrireseau.net/Rap/documents/b13cs12.pdf>

Coleman, E. 2009. *The Winter Harvest Handbook: Year-Round Vegetable Production Using Deep-Organic Techniques and Unheated Greenhouses*. White River Junction (Vermont) : Chelsea Green.

Dupéré, R., M. Girouard et L. Lambert. 2004. *Les économies d'énergie : partie 2 - sachez équilibrer* [en ligne]. Agri-Réseau : Réseau d'avertissements phytosanitaires, Bulletin d'information cultures en serres no 4. https://www.agrireseau.net/legumesdeserre/documents/sachez_equilibrer.pdf

Fortier, J.-M. et Bilodeau, M. 2015. *Le jardinier-maraîcher : manuel d'agriculture biologique sur petite surface*. Montréal (Québec) : Écosociété.

Gouvernement du Nouveau-Brunswick. 2015. *Grands tunnels pour allonger la saison de production* [en ligne]. Ministère de l'Agriculture, de l'Aquaculture et des Pêches du Nouveau Brunswick. <http://www2.gnb.ca/content/dam/gnb/Departments/10/pdf/Agriculture/GrandTunnelsAllongerSaisonProduction.pdf>

Jenni, S et M. Dorais. 2007a. *Modification du climat sous les grands tunnels*. Agriculture et agroalimentaire Canada : Centre de recherche et de développement en horticulture. Conférence. Saint-Rémi (Québec) : Les journées horticoles de Saint-Rémi.

Jenni, S et M. Dorais. 2007 b. *Modification du climat sous les grands tunnels* [en ligne]. Agri-Réseau : Agriculture et agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement en horticulture. <https://www.agrireseau.net/legumeschamp/documents/Gynni.pdf>

Jett, L.W. 2008. *Production et rentabilité des cultures légumières et petits fruits sous grands tunnels* [en ligne]. Agri-Réseau : journées horticoles de Saint-Rémi. <https://www.agrireseau.net/legumeschamp/documents/Prod.%20rentabilité%20cultures%20lég.%20fruits%20gr.%20tunnels.pdf>

Multi Shelter Solutions. 2017. *Large Greenhouses* [en ligne]. (Page consultée le 10 octobre 2017). <https://multisheltersolutions.com/applications/large-greenhouses/>

Nennich, T.T. 2012. *Using Solar Energy to Heat the Soil and Extend the Growing Season in High Tunnel Vegetable Production* [en ligne]. University of Minnesota Extension. <https://buildditsolar.com/Projects/Sunspace/HighTunnelSolar/High%20Tunnels%20Nennich.pdf>

Nennich, T.T. et Wold-Burkness, S. 2012. *Minnesota high tunnel production manual for commercial growers*, 2nd Edition [en ligne]. University of Minnesota Extension Service. <http://hdl.handle.net/11299/197952>

Serres Guy Tessier. 2019. *Chauffage de serre-calculateur de BTU* [en ligne]. <https://serres-guytessier.com/wp-content/uploads/2019/05/calcul-btu-2-1.jpg>

Surdek, N. 2015. *Mini-tunnel ou grand tunnel ? Pourquoi pas un entre-deux ?* [en ligne]. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation : journées horticoles régionales des Laurentides. <https://docplayer.fr/112464924-Mini-tunnel-ou-grand-tunnel-pourquoi-pas-un-entre-deux-nadia-surdek-agr.html>

Thériault, F. 2014. *Tunnels chenille 101* [en ligne]. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec : journées horticoles régionales de la Montérégie. https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Regions/Monteregie-Ouest/Journees_horticoles_2014/3_decembre/Horticulture_biologique/15h30_b_tunnelchenille_FTherault.pdf

Thériault, J. 2017. *24 heures de déshumidification dans la vie d'un producteur* [en ligne]. Colloque bio-cultures abritées maraîchères et nouveaux systèmes de production. https://www.agrireseau.net/documents/Document_97509.pdf

Villeneuve, C. 2014. *Les filets anti-insectes ou comment garder les insectes à distance de vos légumes* [en ligne]. Agri-Réseau. <https://www.agrireseau.net/agriculturebiologique/documents/filets%20anti-insectes.pdf>

Villeneuve, C. 2016. *Tomates et poivrons sous tunnels* [en ligne]. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation : Journée INPAC 2016. https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Regions/CentreduQuebec/INPACQ2016/ConferencesHorticole/tomatesetpoivrons_Partie1.pdf

Ward, M.J., M.K. Bomford, A.F. Silvernail et J.C. Cambron, 2011. *Effect of row covers on high tunnel soil temperature* [en ligne]. Kentucky State University. <http://organic.kysu.edu/RowCovers&HTSoilTemp.pdf>

CHAPITRE 2 - SÉLECTION ET PRÉPARATION DU SITE

Beaulieu, B., G. Bilodeau, J.-B. Parr, M. Senécal, F. Tartier, D. Vaillancourt, C. Vallée. 2002. *Guide de production des annuelles en caissettes*. Québec (Québec) : Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec.

Duval, J. 2004. *Moyen de lutte au chiendent en culture biologique* [en ligne]. Agri-Réseau.

<https://www.agrireseau.net/documents/63163/moyens-de-lutte-au-chiendent-en-production-biologique>

Duval, J. 2014. *Optimiser la répression du chiendent en régie biologique* [en ligne]. CETAB + : journées grandes cultures Montérégie Ouest.

https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Regions/Monteregie-Ouest/Journee_grandes_cultures_2014/10h30_e_Chiendent_JDuval.pdf

Gagnon, M., A. Weill, E. Thibault, V. Bouthillier-Grenier et R. Beaulieu. 2015. *Guide d'évaluation des systèmes de drainage : une approche renouvelée* [en ligne]. Agri-Réseau.

https://www.agrireseau.net/documents/Document_89233.pdf

Gouvernement du Québec. 2019. Entreprises Québec : Permis et licences (PerLE) [en ligne]. (page consultée le 3 juillet 2019 <https://www2.gouv.qc.ca/entreprises/portail/quebec/recherche?x=permis>)

Info-sols. [en ligne]. <http://www.info-sols.ca/>

La France, D. 2010. *La culture biologique des légumes*. Eastman (Québec) : Berger. 525 p. Québec. 2019.

Règlement sur le prélèvement des eaux et leur protection : chapitre Q-2, r. 35.2, à jour au 1er juillet 2019 [en ligne]. Éditeur officiel du Québec (Québec). <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2035.2>

Québec. 2019. Règlement sur les exploitations agricoles : chapitre Q-2, r. 26, à jour au 1er juillet 2019 [en ligne]. Éditeur officiel du Québec (Québec). <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2026>

Ville de Lévis. Non daté. Normes applicables : serres [en ligne].

https://www.ville.levis.qc.ca/fileadmin/Documents_PDF/serre.pdf

Weill, A. et J. Duval. 2009. *Engrais verts*. Dans : *Guide de gestion globale de la ferme maraîchère biologique diversifiée* [en ligne].

https://www.agrireseau.net/agriculturebiologique/documents/MARAI_Chapitre_9Engrais_vert.pdf

Weill, A. 2009. *Les profils de sol agronomiques : Un outil de diagnostic de l'état des sols*. Québec (Québec) : Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec.

Weill, A. 2018. *Répression du laiteron des champs, du chardon des champs et du tussilage* [en ligne]. Centre d'expertise et de transfert en agriculture biologique.

https://www.cetab.org/system/files/publications/cetab_repression_laiteron_chardon_tussilage_weill_2018.pdf

Will, E. et J. E. Faust. Non daté. *Irrigation Water Quality for Greenhouse Production* [en ligne]. University of Tennessee Agricultural Extension Service.

<https://extension.tennessee.edu/publications/Documents/pb1617.pdf>

CHAPITRE 3 : CLIMAT ET POTENTIEL DE RENDEMENT

Baez, C. 2010. *Essais des grands tunnels dans la Haute-Gatineau*. [en ligne]. Agri-Réseau.

<https://www.agrireseau.net/legumeschamp/documents/Essai%20des%20grands%20tunnels%20dans%20la%20Haute-Gatineau.pdf>

Bartok, J.W. et V. Grubinger. 2019a. *Greenhouse Ventilation* [en ligne]. Farm-energy USDA cooperative extension. <https://articles.extension.org/pages/32535/greenhouse-ventilation>

Bartok, J.W. et V. Grubinger. 2019 b. *Natural Ventilation in High Tunnels* [en ligne]. Farm-energy USDA cooperative extension: <https://articles.extension.org/pages/27782/natural-ventilation-in-high-tunnels>

Brossard, C., G. Cadotte et G. Turcotte. 2008. *Poivrons de serre : Régie de culture et essai 2007, Projet PSIH06-1-611* [en ligne]. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.

https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Recherche_Innovation/Legumesdeserre/fichedetransfert_PSIH06-1-611.pdf

Cornell University. 2019. *The integrated crop and pest management guidelines for vegetables*. Ithaca (New York) : Cornell Cooperative Extension.

Favreau, R., M. Bergeron, C. Cossette, et J. Painchaud. 2011. *Projet d'expérimentation de cultures de poivrons et de tomates en grand tunnel sous régie biologique : Projet PSDAB 08 BIO 53, Rapport final – saisons 2009 et 2010* [en ligne]. Agri-Réseau.

<https://www.agrireseau.net/agriculturebiologique/documents/80533>

Financière agricole. Non daté. *Répertoire des dates pour l'application du Programme d'assurance récolte* [en ligne]. <https://www.fadq.qc.ca/fileadmin/fr/assurance-recolte/repertoire-dates-importantes.pdf>

Ivy, A. 2017. *Project Report : Advancing Vegetable Production in NNY 2017* [en ligne]. Northern NY Agricultural Development Program.

<http://www.nnyagdev.org/wpcontent/uploads/2018/05/NNYADP2018Veg3ReportOnly.pdf>

Jett, L. 2003. *High Tunnel: High Tunnel Temperature Management* [en ligne].

<http://hightunnels.org/high-tunnel-temperature-management/>

Jett, L. 2004. *Production of Tomatoes within a High Tunnel* [en ligne]. <http://hightunnels.org/production-of-tomatoes-within-a-high-tunnel/>

Jett, L. 2014. *High Tunnel Crop Production Tips* [en ligne]. West Virginia University. <https://sustainable-farming.rutgers.edu/wp-content/uploads/2014/09/High-Tunnel-Crop-Production-Tips-by-Lewis-Jett-WVU.pdf>

Lambert, L. 2003. *Tom'Pousse No1- 3 avril 2003 : Méthodologie pour la prise de donnée Tom'Pousse* [en ligne]. Agri-Réseau : Réseau d'avertissements phytosanitaires-cultures en serre.

<https://www.agrireseau.net/legumesdeserre/documents/t01cs03%20M%C3%A9thodologie%20Tom'Pousse.pdf>

Lambert, L. et M. Ramadan. 2018. *Gestion d'humidité et maladies reliées : fiche technique synthèse* [en ligne]. Réseau d'avertissements phytosanitaires-réseau cultures maraîchères en serre.
https://www.agrireseau.net/documents/Document_97962.pdf

Leblanc, M. et R. Audet. 2019. *L'Atlas agroclimatique et la planification des dates de semis ou de plantation des légumes* [en ligne]. Agri-Réseau : blogue légumes de champ.
https://www.agrireseau.net/legumeschamp/blogue/99704?utm_source=légumes_de_champ2019-04-03&utm_medium=courriel&utm_campaign=ABO

Le Mat, A. et A. Weill. 2015. *Produire sous différentes structures, quelle rentabilité ? Estimation des revenus et des coûts de production pour les tomates biologiques* [en ligne]. Centre d'expertise et de transfert en agriculture biologique. 2015
https://www.cetab.org/system/files/publications/cetab_bio_pour_tous_2015_a_le_mat_a_weill_analyse_economique_grands_tunnels.pdf

Massuard, M. 2012. *Tunnels multichapelles et individuels- les avantages de chaque type d'abris*. Conférence. Saint-Rémi (Québec) : Journées horticoles de Saint-Rémi.

MAAARO. 2010. *La culture des légumes de serre en Ontario*. Toronto (Ontario) : ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario.

Ngouajio, M. 2009. *Row covers for frost protection and earliness in vegetable production* [en ligne]. Michigan State University Extension.
https://www.canr.msu.edu/news/row_covers_for_frost_protection_and_earliness_in_vegetable_production

Perry, J. 2017. Pro-mix : zone du savoir. Comment l'humidité influence-t-elle la qualité des cultures ? [en ligne]. <https://www.pthorticulture.com/fr/zone-du-savoir/comment-lhumidite-influence-t-elle-la-qualite-des-cultures/>

Thériault, J. 2017. *24 heures de déshumidification dans la vie d'un producteur* [en ligne]. Agri-Réseau : colloque bio cultures abritées maraîchères et nouveaux systèmes de production.
https://www.agrireseau.net/documents/Document_97509.pdf

Turcotte, G. et L. Lambert. 2003. *Tom'pousse-semaine 18* [en ligne]. Agri-Réseau : Réseau d'avertissements phytosanitaires cultures en serre.
<https://www.agrireseau.net/legumesdeserre/documents/t07cs03%20sem%2018%20Vigueur%20pH%20Ventilation%20froide.pdf>

Turcotte G., R. Larouche, A. Carrier et L. Lambert. 2015. *Guide de production de la tomate de serre au Québec* [en ligne]. Agri-Réseau : Agrisys consultants.
<https://www.agrireseau.net/legumesdeserre/documents/90890>

Utah State University Extension. Non daté. *Vegetable Production - Mulches and Row Covers* [en ligne]. Utah State University: Utah vegetable production and pest management guide.

<http://vegetableguide.usu.edu/production/vegetable-production-recommendations/mulches-row-covers>

Villeneuve, C. 2003. *Poivron : Tuteurer ou planter plus serré ?* [en ligne]. Agri-Réseau. <https://www.agrireseau.net/legumeschamp/documents/poivron%20tuteurer.PDF>

Villeneuve, C. 2007. *La tomate de champ sous grands tunnels* [en ligne]. Agri-Réseau. <https://www.agrireseau.net/legumeschamp/documents/La%20tomate.pdf>

Villeneuve, C. 2019, Synthèse de différentes sources d'informations concernant le rendement de la tomate de champ au Québec https://fr.wikipedia.org/wiki/Humidit%C3%A9_relative

CHAPITRE 4 : VARIÉTÉS

Babadoost, M. 1989. *Leaf mold of greenhouse tomatoes* [en ligne]. University of Illinois extension. <https://ipm.illinois.edu/diseases/rpds/941.pdf>

Erard, P., A. Bellamy et A. Bardet. 2002. *Le poivron*. Paris : Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes.

Ferme coopérative Tourne-Sol. 2019. Semences légumes bio [en ligne]. <https://fr.boutique.fermetournesol.qc.ca/collections/organic-vegetable-seeds>

GHlinc. 2019. Semences [en ligne]. <http://boutiquepro.ghlinc.com/semences>

Harris Seeds. 2019. [en ligne]. <https://www.harriseseeds.com/>

High Mowing Organix Seeds. 2019. [en ligne]. <https://www.highmowingseeds.com/>

Hodgson, L. 2017. *Prévention de la pollinisation croisée* [en ligne]. <https://jardinierparesseux.com/tag/prevention-de-la-pollinisation-croisee/>

Johnny's Selected Seeds. 2019. [en ligne]. <https://www.johnnyseeds.com/>

Jones, J. B. 2008. *Tomato plant culture : in the field, greenhouse, and home garden*. Boca Raton (Florida) : CRC Press.

Jardins de l'écoumène. 2019. Semences potagères [en ligne]. <https://www.ecoumene.com/categorie-produit/semences/potageres/>

Norseco. 2019. Maraîcher [en ligne]. <https://www.norseco.com/c/norseco-1/maraicher-1169/>

Ramadan, Mahmoud. 2019. *Guide des variétés et des porte-greffes de tomate de serre commercialisés au Québec* [en ligne]. https://www.agrireseau.net/documents/Document_101113.pdf

Secret Seed Cartel. 2019. [en ligne]. <https://secretseedcartel.com/>

Seedway. 2019. Vegetable Seed [en ligne]. <http://shop.seedway.com/vegetable-seed/>

Semences du portage. 2019. Catalogue de semences [en ligne]. <https://semencesduportage.com/catalogue/>

Seminova. [en ligne]. <http://www.seminova.ca/fr/site/accueil>

Société des plantes. 2019. Produits [en ligne]. <https://www.lasocietedesplantes.com/produits/>

Stokes seeds. [en ligne]. <https://www.stokeseeds.com/ca/>

Turcotte, G. 2008. *La culture en serre du poivron*. Québec (Québec) : Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec.

West Coast Seeds. 2019. [en ligne]. <https://www.westcoastseeds.com/>

William Dam Seeds. 2019. Vegetables [en ligne].

<https://www.damseeds.ca/productcart/pc/viewCategories.asp?idCategory=2>

CHAPITRE 5 : TRANSPLANTS ET GREFFAGE

Transplants

Beaulieu, B., G. Bilodeau, J.-B. Parr, M. Senécal, F. Tartier, D. Vaillancourt, C. Vallée. 2002. *Guide de production des annuelles en caissettes*. Québec (Québec) : Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec.

Bilodeau, G. 2017. *Partir du bon pied avec ses semis* [en ligne]. Agri-Réseau : Réseau d'avertissements phytosanitaires, Bulletin d'information cultures en serres.

https://www.agrireseau.net/documents/Document_94199.pdf

Blanchard, c. 2013. *Transplant Production Decision Tool* [en ligne]. Iowa State University : Leopold Center for Sustainable Agriculture. (page consultée le 2 octobre 2015)

https://www.leopold.iastate.edu/cool_tools/transplant-production-decision-tool-3

Boudreault, D. 2017. *Des transplants biologiques de qualité, ça commence bien l'année !* [en ligne]. Agri-Réseau : Colloque bio - Cultures abritées maraîchères et nouveaux systèmes de production.

https://www.agrireseau.net/documents/Document_97953.pdf

Boudreault, D. 2017 b. *Trucs et astuces pour améliorer la régie du climat des primeurs en serre pour les producteurs de paniers de légumes biologiques* [en ligne]. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec : INPACQ horticulture biologique. (consulté le 5 mars 2018)

<https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Regions/CentreduQuebec/INPACQ2017/ConferecesHorticoleBiologique/trucsetastuces.pdf>

Coleman, E. 1995. *The new organic grower: A master's manual of tools and techniques for the home and market gardener*. Halifax (Nouvelle-Écosse) : Nimbus.

Cornell Small Farms. 2011. *Sweet Land Vacuum Seeding and Growing Transplants* [vidéo]. Cornell University. 8:39 Min. <https://www.youtube.com/watch?v=YnNN0icBcwA>

Gagnon, E. 2019. Trois défis de taille : eau, intrants, transition biologique. Colloque maraîcher en serre 2019. CRAAQ. https://www.craaq.qc.ca/Evenements-du-CRAAQ/colloque-maraicher-en-serre-2019/e/2529#tab_tab-en-detail

Gagnon, S. 2003. *Des méthodes faciles pour mesurer le pH et la conductivité électrique* [en ligne]. Agri-Réseau : Journée d'information en sericulture. [https://www.agrireseau.net/legumesdeserre/Documents/PH%20CONDUCTIVITE%20ELECTR%20\(SERGE%20GAGNON\).PDF](https://www.agrireseau.net/legumesdeserre/Documents/PH%20CONDUCTIVITE%20ELECTR%20(SERGE%20GAGNON).PDF)

Gouvernement du Nouveau-Brunswick. 2015. *Substrats de culture (terreaux) pour la production biologique en serre* [en ligne]. <http://www2.gnb.ca/content/dam/gnb/Departments/10/pdf/Agriculture/TerreuxProductionBiologiqueEnSerre.pdf>

Greer, L. et K.L. Adam. 2005. *Plug and Transplant Production for Organic Systems* [en ligne]. National Center for Appropriate Technology (NCAT) ATTRA Sustainable Agriculture Program. <https://attra.ncat.org/attra-pub/summaries/summary.php?pub=55>

Guimont, S. et Y. Martin. 2015. *Journée d'information : production de transplants sous régie biologique et production de tomates et poivrons sous tunnel* [en ligne]. Agri-Réseau. http://www.agrireseau.qc.ca/documents/Document_89270.pdf

La France, D. 2010. *La culture biologique des légumes*. Eastman (Québec) : Berger. 525 p.
Lambert, L. 2007. *Une analyse d'eau et de terreau, c'est important* [en ligne]. Agri-Réseau : Réseau d'avertissements phytosanitaires, Bulletin d'information cultures en serre. <https://www.agrireseau.net/Rap/documents/b03cs07.pdf>

Lambert, L. et J. Leblanc. 2017. *Le nettoyage et la désinfection des serres en production biologique* [en ligne]. Agri-Réseau : Réseau d'avertissements phytosanitaires Production légumière en serre. https://www.agrireseau.net/documents/Document_96389.pdf

Leblanc, M. 2005. *L'endurcissement des transplants de légumes* [en ligne]. Agri-Réseau. <http://www.agrireseau.qc.ca/legumeschamp/documents/endurcissement.PDF>

LeBoeuf, J. 2013. *Production de plants de légumes en plateaux alvéolés* [en ligne]. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario. <http://www.omafr.gov.on.ca/french/crops/facts/transplants-plugtrays.htm>

Maximum Yield. 2017. *Pros and cons of the different Types of Grow Lights Available for Indoor Agriculture* [en ligne]. www.maximumyield.com/the-pros-and-cons-of-the-different-types-of-grow-lights-available-for-indoor-agriculture/2/3452

Office des normes générales du Canada, Conseil canadien des normes. 2015. *Systèmes de production biologique — Principes généraux et normes de gestion CAN/CGSB-32.310-2015* [en ligne].
Gouvernement du Canada. <https://www.tpsgc-pwgsc.gc.ca/ongc-cgsb/programme-program/normes-standards/internet/bio-org/pgng-gpms-fra.html>

Tremblay, N. et M. Senécal. 1991. *La production de plants maraîchers en plateaux multicellulaires* [en ligne]. Agri-Réseau : Conseil québécois des productions végétales.

<http://www.agrireseau.qc.ca/legumeschamp/documents/02-9102.pdf>

Turcotte, G. 2004. *Lumière sur les semis et les transplants de légumes de serre* [en ligne]. Agri-Réseau : Réseau d'avertissements phytosanitaires Cultures en serres.

<https://www.agrireseau.net/Rap/documents/b06cs04.pdf>

Vallée, C. et G. Bilodeau. 1999. *Les techniques de culture en multicellules*. Institut québécois du développement de l'horticulture ornementale. Québec (Québec) : Presses Université Laval. 394 p.

Weill, A. et J. Duval. 2011. *Production des transplants*. Dans : *Le maraîchage biologique diversifié : Guide de gestion globale*. Montréal (Québec) : Équiterre.

Greffage

Barthélémy, C. 2014. *EARI14-091: Implementation of Production Technologies and Monitoring for Season Extension Infrastructures (Greenhouses and high tunnels)* [en ligne]. Agriculture, Aquaculture and Fisheries New Brunswick : Project reporting website. <https://agri.gnb.ca/010-005/Project.aspx?Culture=en-CA&ProjectId=268>

Bletsos F.A. et C.M. Olympios. 2008. *Rootstock and Grafting of Tomatoes, Peppers and Eggplants for Soil-Born Disease Resistance- Improved Yield and Quality* [en ligne]. Global Science Books.

[http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOline/images/0812/EJPSB_2\(SI1\)/EJPSB_2\(SI1\)62-73o.pdf](http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOline/images/0812/EJPSB_2(SI1)/EJPSB_2(SI1)62-73o.pdf)

Groff, S. 2015. *Long term high tunnel production : Grafting tomatoes* [en ligne]. Cornell College of Agriculture and Life Sciences School of Integrative Plant Science Horticulture Section.

<http://www.hort.cornell.edu/expo/proceedings/2015/high-tunnels/Long%20term%20production%20-%20grafting.pdf>

Guan, W et S. Hallett. 2016. *Vegetable Grafting-Techniques for Tomato Grafting* [en ligne]. Purdue University Extension. <https://extension.purdue.edu/extmedia/HO/HO-260-W.pdf>

Hu, B. et M.D. Kleinhenz. 2015. *Selecting Rootstock and Scion Varieties for Organic Grafted Tomato Production* [en ligne]. Ceres Trust. <https://cerestrust.org/wp-content/uploads/hu-kleinhenz-tomato-grafting-march-2015.pdf>

Hu, B., J. Moysenko, S. Short, S. Walker et M. D. Kleinhenz. 2014. *Eighteen Rootstock and Five Scion Tomato Varieties: Seedlings Growth Rate before Grafting and Success in Grafting the Ninety Grafting Combinations*. Purdue University College of Agriculture.

Hu, B., S. Short, M. Soltan et M.D. Kleinhenz. 2017. *Grafting Guide: A Pictorial Guide to the Cleft and Splice Graft Methods for Tomato and Pepper* [en ligne]. Ohio State University Extension.

<http://hightunnels.org/pictorial-guide-cleft-splice-graft-methods-tomato-pepper/>

Kansas State University. 2013a. *Grafting Tomatoes: Healing Chamber* [vidéo]. Kansas State University Department of Communications and Agricultural Education. 6:27 min.

<https://www.youtube.com/watch?v=9Mxy0HfgpKY>

Kansas State University. 2013b. Tomato Grafting: the Process [vidéo]. Kansas State University Department of Communications and Agricultural Education. 7 min
<https://www.youtube.com/watch?v=zhgsPkeZEBk>

Kleinhenz, M.D, M. Waiganjo, J.M. Erbaugh et S. A. Miller. Non daté. *Tomato Grafting Guide: Preparing Grafted Tomato Plants using the Cleft Graft Method* [en ligne]. University of California Davis Horticulture Innovation Lab.
https://horticulture.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk1816/files/extension_material_files/tomato_grafting_guide.pdf

Lamothe, S. et C. Provost. 2016. *Projet Innovation Rapport final-2016 : Greffage de la tomate pour une culture sous grand tunnel* [en ligne]. Centre de recherche agroalimentaire de Mirabel. http://www.cram-mirabel.com/wp-content/uploads/2014/04/16-InnovAction_rapport-final_V3.pdf

M'Hamdi, M., N. Boughalleb, N. Ouhaibi, N. Tarchoun, M. Souli et L. Belbahri. 2010. *Evaluation of grafting techniques and a new rootstock for resistance of pepper (Capsicum annuum L.) towards Phytophthora nicotianae*. Journal of Food, Agriculture & Environment 8(1): 135-139.

Palada, M.C. et D. Wu. *Grafting Sweet Pepper for Production in Hot-Wet Season* [en ligne]. AVRDC-the World Vegetable Center International Cooperator's Guide Publication number 09-722-e.
http://203.64.245.61/web_docs/manuals/IntlCoopGuides/grafting%20sweet%20pepper_web.pdf

Reid, J, K. Klotzbach et N. Hoover. 2012. *Grafting of Tomatoes for Soil-based Production in Greenhouse and High Tunnels* [en ligne]. Cornell Cooperative Extension Vegetable Program.
<https://cvp.cce.cornell.edu/submission.php?id=121>

Rodriquez M. et P. W. Bosland. 2010. *Grafting Capsicum to Tomato Rootstocks* [en ligne]. The Journal of Young Investigators. <http://legacy.jyi.org/articleimages/3661/Grafting%20Capsicum.pdf>

Turcotte, G et M. Jetté. 2012. *Le greffage, un incontournable sous abris !* [en ligne]. Agri-Réseau : Journées horticoles de Saint-Rémi. [https://www.agrireseau.net/agriculturebiologique/documents/\(M_Jette\).pdf](https://www.agrireseau.net/agriculturebiologique/documents/(M_Jette).pdf)

Turcotte G., R. Larouche, A. Carrier et L. Lambert. 2015. *Guide de production de la tomate de serre au Québec* [en ligne]. Agri-Réseau : Agrisys consultants.
<https://www.agrireseau.net/legumesdeserre/documents/90890>

Vegetable Grafting research-based information portal. Non daté. *Rootstock Tables* [en ligne]
<http://www.vegetablegrafting.org/resources/rootstock-tables/>

CHAPITRE 6 : CONDUITE DE LA CULTURE

Agri-Réseau. Non daté. *Réseau d'avertissements phytosanitaires-culture maraîchère en serre* [en ligne].
<https://www.agrireseau.net/rap/documents?s=3166&page=1>

Avenue Bio de l'est. 2015. *Essai de densité pour la production de tomate indéterminée en tunnel individuel sous régie biologique- Projet Innovbio 12- INNO1-03 : Rapport final* [en ligne]. Agri-Réseau.
https://www.agrireseau.net/documents/Document_89806.pdf

British Columbia, and BC Greenhouse Growers' Association. 2005. *Growing greenhouse peppers in British Columbia*. Surrey (Colombie Britannique) : BC Greenhouse Growers' Association.

Brossard, C., G. Cadotte et G. Turcotte. 2008. *Poivrons de serre : Régie de culture et essai 2007 : Projet PSIH06-1-611* [en ligne]. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Recherche_Innovation/Legumesdeserre/fichedetransfert_PSIH06-1-611.pdf

Charlo, H.C.O., R. Castoldi, L.A. Ito, C. Fernandes, et L.T. Braz. 2007. *Productivity of Cherry Tomatoes under Protected Cultivation Carried out with Different Types of Pruning and Spacing*. ACTA HORTICULTURAE (761): 323-326.

Cornell Cooperative Extension. 2019. *Eastern New York Commercial Horticulture: Greenhouse & Tunnels*. [en ligne] https://enych.cce.cornell.edu/greenhouse_tunnels.php

Couture, S. 2019. *Poivron : Savoir lire pour bien conduire* [en ligne]. Agri-réseau : Journée horticole de Saint-Rémi. 3 décembre 2019.

<https://www.agrireseau.net/legumeschamp/documents/101455/poivron-savoir-lire-pour-bien-conduire?a=1>

Dubois Agrinovation [en ligne]. <https://www.duboisag.com/> (consulté le 11 décembre 2018).

El Ouafi, H. 2010. *Poivron : choisir le bon système de palissage*. Agriculture du Maghreb. (43) : 70-77.

Erard, P., A. Bellamy et A. Bardet. 2002. *Le poivron*. Paris : Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes.

Favreau, R. 2018. *Résultats de recherche sur la taille des bouquets (tomates indéterminées en abri non chauffé)* [en ligne]. Agri-réseau : Journée horticole de Rivière-du-Loup 2018.

https://www.agrireseau.net/documents/Document_99003.pdf

GHL inc. : Groupe horticole Ledoux [en ligne]. <http://ghlinc.com> (consulté le 11 décembre 2018).

Ivy, A. 2017. *Project Report : Advancing Vegetable Production in NNY 2017* [en ligne]. Northern NY Agricultural Development Program. https://rvpadmin.cce.cornell.edu/uploads/doc_701.pdf

Lambert, L. 2003. *Tom'Pousse No1- 3 avril 2003 : Méthodologie pour la prise de donnée Tom'Pousse* [en ligne]. Agri-Réseau : Réseau d'avertissements phytosanitaires-cultures en serre.

<https://www.agrireseau.net/legumesdeserre/documents/t01cs03%20M%C3%A9thodologie%20Tom'Pousse.pdf>

Lambert, L. 2017. *Bulletin d'information no 6-28 avril 2017 : pollinisation de la tomate par les bourdons, c'est tout naturel !* [En ligne]. Agri-Réseau : Réseau d'avertissements phytosanitaires-cultures en serre.

https://www.agrireseau.net/documents/Document_94933.pdf

Morgan, L. et S. Lennard. 2000. *Hydroponic Capsicum Production: a Comprehensive, Practical and Scientific Guide to Commercial Hydroponic Capsicum Production*. Narrabeen (NSW): Casper.

Turcotte, G. 2003. *Tom'Pousse semaine 32 – août 2003* [en ligne]. Agri-Réseau : Réseau d'avertissements phytosanitaires-cultures en serre.

<https://www.agrireseau.net/legumesdeserre/documents/T21CS03%20sem%2032%20Lumi%C3%A8re%20basse%20C3%89t%C3%AAtage%20et%20charge%20en%20fruits%20automne.pdf>

Turcotte, G. 2004. *Tom'Pousse semaine 13-mars 2004* [en ligne]. Agri-Réseau : Réseau d'avertissements phytosanitaires-cultures en serre.

https://www.agrireseau.net/legumesdeserre/documents/TP04_sem13_2004.pdf

Turcotte, G. 2008. *La culture en serre du poivron*. Québec (Québec) : Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec.

Turcotte G., R. Larouche, A. Carrier et L. Lambert. 2015. *Guide de production de la tomate de serre au Québec* [en ligne]. Agri-Réseau : Agrisys consultants.

<https://www.agrireseau.net/legumesdeserre/documents/90890>

Villeneuve, C. 2018. Informations personnelles recueillies auprès de fermes maraîchères.

Vitre, A. 2002. *La gestion du travail en serre de tomate* [en ligne]. Agri-Réseau.

<https://www.agrireseau.net/legumesdeserre/documents/70071>

CHAPITRE 7 : FERTILISATION

Aurea-Agrosciences. 2016. Wiki-Aurea [en ligne]

https://wiki.aurea.eu/index.php/De_l%27analyse_au_travail_du_sol

Beaulieu, B., G. Bilodeau, J.-B. Parr, M. Senécal, F. Tartier, D. Vaillancourt, C. Vallée. 2002. *Guide de production des annuelles en caissettes*. Québec (Québec) : Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec.

Bégin, S. 1990. *Légumes de serre, culture sur film nutritif (NFT) sur laine de roche et en milieux tourbeux*. Québec (Québec) : Conseil des productions végétales du Québec.

Dorais, M. 2001. *Qualité de la tomate de serre*. Québec (Québec) : Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec.

Duval, J., A. Weill et V. Roy Fortin. 2013. *Fertilisation de la tomate et du poivron sous grands tunnels en régie biologique* [en ligne]. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec : journées horticoles régionales de la Montérégie.

https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Regions/Monteregie-Ouest/Journees_horticoles_2013/5_decembre/Horticulture_biologique/11h10_Fertilisation_tomate_grands_tunnels_JDuval.pdf

Duval, J. 2016. *Stratégies et engrais pour la fertilisation en production horticole biologique* [en ligne]. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec : journées horticoles régionales Montréal-Laval-Lanaudière.

<https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Regions/LavalLanaudiere/Journeesagricoles2016/10h45JeanDuval.pdf>

Judson, R., C. Hall et E. Buck. 2016. *2015/16 High Tunnel Nutrient Management Update* [en ligne]. Cornell College of Agriculture and Life Sciences.

<http://www.hort.cornell.edu/expo/proceedings/2016/High%20tunnel.High%20tunnel%20soils%20nutrient%20management%20update.Reid.pdf>

Lambert, L. 2017. *Cultures maraîchères en serre, Avertissement No 20, 26 juin 2017* [en ligne]. Agri-Réseau : Réseau d'avertissements phytosanitaires, Bulletin d'information cultures en serre.

https://www.agrireseau.net/documents/Document_95608.pdf

Legault, G. 2018. Fertilisants pour la production biologique. Agri-Réseau : colloque maraîcher bio.

https://www.agrireseau.net/documents/Document_99844.pdf

Letard, M., P. Erard, B. Jeannequin, et S. Le Quilic. 1995. *Maîtrise de l'irrigation fertilisante : tomate sous serre et abris en sol et hors sol*. Paris : Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes.

Machanoff, C. et J. Reid. 2017. *Nitrogen Fertility Options for Organic High Tunnels* [en ligne]. Cornell University Cooperative Extension. https://rvpadmin.cce.cornell.edu/uploads/doc_570.pdf

Ordre des agronomes du Québec. 2018. *Stratégies de fertilisation relatives à l'indice de saturation en phosphore des sols* [en ligne] https://oaq.qc.ca/wp-content/uploads/2018/10/Strategies_fertilisationP_2018_12_15.pdf

Parent, L.-É. et G. Gagné. 2010. *Guide de référence en fertilisation*, 2e édition. Québec (Québec) : Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec.

Québec. 2019. Règlement sur les exploitations agricoles : chapitre Q-2, r. 26, à jour au 1er juillet 2019 [en ligne]. Éditeur officiel du Québec (Québec). <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cr/Q-2,%20r.%2026>

Sanchez, E. 2017. *Dealing with High Soluble Salt Levels in High Tunnels* [en ligne]. Penn State University Extension. <https://extension.psu.edu/dealing-with-high-soluble-salt-levels-in-high-tunnels>

Turcotte G. et Agrisys Consultants inc. 2012. *Suivi de la fertilité des sols en serres et en tunnel dans le Bas-Saint-Laurent (Phase 2) : Projet 10 - INNO3-14* [en ligne]. Agri-Réseau.

https://www.agrireseau.net/agriculturebiologique/documents/Rapport_Projet_10_INNO_14_20120326.pdf

Turcotte G., R. Larouche, A. Carrier et L. Lambert. 2015. *Guide de production de la tomate de serre au Québec* [en ligne]. Agri-Réseau : Agrisys consultants.

<https://www.agrireseau.net/legumesdeserre/documents/90890>

Weill, A. et J. Duval. 2009. *Guide de gestion globale de la ferme maraîchère biologique diversifiée*. Montréal (Québec) : Équiterre.

Weill, A, V. Roy-Fortin et J. Duval. 2014. *Optimisation de la fertilisation pour la production de tomates en grands tunnels : Projet Innov'bio 10 INNO1-07* [en ligne]. Agri-Réseau : centre d'expertise et de transfert en agriculture biologique. <https://www.agrireseau.net/agriculturebiologique/documents/10INNO1-07%20Rapport%20final.pdf>

CHAPITRE 8 : IRRIGATION, PAILLIS ET COUVRE-SOL

Irrigation

Agri-Réseau. Non daté. *Réseau d'avertissements phytosanitaires-culture maraîchère en serre* [en ligne] <https://www.agrireseau.net/rap/documents?s=3166&page=1>

Agrométéo Québec. [En ligne] <http://www.agrometeo.org/>

ARDEPI. Non daté a. *Coefficient cultural poivron* [en ligne]. Association régionale pour la maîtrise des irrigations. <http://www.ardepi.fr/nos-services/vous-etes-irrigant/estimer-ses-besoins-en-eau/maraichage/> (consulté le 5 novembre 2019 pour le poivron).

ARDEPI. Non daté b. *Coefficient cultural tomate* [en ligne]. Association régionale pour la maîtrise des irrigations. <http://www.ardepi.fr/nos-services/vous-etes-irrigant/estimer-ses-besoins-en-eau/maraichage/> (consulté le 5 novembre 2019 pour la tomate).

Beaulieu, B., G. Bilodeau, J.-B. Parr, M. Sénécal, F. Tartier, D. Vaillancourt, C. Vallée. 2002. *Guide de production des annuelles en caissettes*. Québec (Québec) : Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec.

Berger, C. et S. Brazeau. 2018. *Fiche # 3 : utilisation d'un recouvrement de serre efficace* [en ligne]. Les producteurs en serre du Québec.

https://www.serres.quebec/download/publications/Energie/efficacite_energetique/Fiche-3-recouvrement-de-serre-efficace-23-janvier-2018.pdf

Bergeron, D. 2012. *Irrigation, irrigation, irrigation : production légumière sous abris non chauffés* [en ligne]. Agri-Réseau : journées horticoles de Saint-Rémi.

<https://www.agrireseau.net/agriculturebiologique/documents/84937>

Bergeron, D. 2013. *Irrigation : il faut vraiment creuser la question* [en ligne]. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec : journées horticoles de Saint-Rémi.

https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Regions/Monteregie-Ouest/Journees_horticoles_2013/5_decembre/Horticulture_biologique/9h30Conference_irr_Bio_St-RemiFINALE5dec2013.pdf

Bergeron, D. et C. Boivin. 2005. *Mieux irriguer avec les tensiomètres* [en ligne]. Agri-Réseau.

<https://www.agrireseau.net/pdt/documents/Tensiometre.pdf>

Boivin, C., J. Vallée, P. Deschênes, M. Guillou et D. Bergeron. 2016. *Caractérisation de l'usage de l'eau en irrigation : Rapport final* [en ligne]. Agri-Réseau. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA). https://www.agrireseau.net/documents/Document_92075.pdf

Boivin, C., D. Bergeron, S. Bonin, C. Côté, I. Couture, P. Deschênes, M. Généreux, A. Lamontagne, C. Landry, M. Marchand-Roy et J. Vallée. 2018. *Gestion raisonnée de l'irrigation : guide technique*. Québec (Québec) : Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec.

Calcet, C. et C. Mazollier. 2016. *Maitriser son irrigation en maraîchage biologique* [en ligne]. Sud & Bio : Association interprofessionnelle Languedoc-Roussillon. <https://www.sud-et->

bio.com/sites/default/files/Fiche_Technique_Maitriser%20son%20irrigation%20en%20maraichage%20bio_2016.pdf

Couture, I. 2004. *Analyse d'eau pour fin d'irrigation* [en ligne]. Agri-Réseau. <https://www.agrireseau.net/petitsfruits/documents/analyse%20eau.pdf>

Couture, I. 2018. *Principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau en micro-irrigation* [en ligne]. Agri-Réseau. <https://www.agrireseau.net/legumeschamp/documents/texte%20final.pdf>

Dorais, M. 2001. *Qualité de la tomate de serre*. Québec (Québec) : Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec.

Euskal, H. et J.-F. Bouchy. *La conduite de l'irrigation en maraîchage biologique* [en ligne]. L'atelier paysan, BLE – CIVAM Pays basque : groupe pilote maraîchage bio de BLE. <https://www.latelierpaysan.org/IMG/pdf/76819159.pdf>

Hannan, J. M., L. Naeve, A. Nair, L. Iles, S. L. M. Rodriguez, C. Chase, et P. O'Malley. 2017. *Iowa high tunnel : fruit and vegetable production manual*. Iowa State University Extension. 93 p.

Jett, L.W. et D.H. Trinklein. 2014. *Watering and Fertilizing Tomatoes in High Tunnel* [en ligne]. University of Missouri Extension. <https://extension2.missouri.edu/g6462>

Lambert, L. 2000. *Acides, engrais et mystères...* [en ligne]. Agri-Réseau. <https://www.agrireseau.net/legumesdeserre/Documents/Acidengtab%202000%20FINAL29nov00.pdf>

LeBoeuf, J, R. Shortt, C. Tan et A. Verhallen. 2012. *Établissement d'un calendrier d'irrigation pour les tomates* [en ligne]. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales : fiche technique Agdex 257/560. <http://www.omafr.gov.on.ca/french/crops/facts/08-012.htm>

Martin, Y. 2018. *Problématique de salinité et réflexions sur les pratiques d'irrigation sous abris froids* [en ligne]. Agri-Réseau : Journées horticoles de Saint-Rémi. https://www.agrireseau.net/documents/Document_99137.pdf

MELCCQ. 2019. *La qualité de l'eau de mon puits* [en ligne]. Ministère de l'Environnement et lutte contre les changements climatiques du Québec. <http://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/potable/depliant/index.htm#bacteries>

Nikolaou, G., D. Neocleous, N. Katsoulas et C. Kittas. 2019. *Irrigation of Greenhouse Crops*. Horticulturae 5(1):7.

Tan., C.S. 1990. *Programme d'irrigation des tomates-méthode du bilan hydrique* [en ligne]. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales : fiche technique Agdex 257/560. <http://www.omafr.gov.on.ca/french/crops/facts/90-113.htm>

Turcotte G., R. Larouche, A. Carrier et L. Lambert. 2015. *Guide de production de la tomate de serre au Québec* [en ligne]. Agri-Réseau : Agrisys consultants. <https://www.agrireseau.net/Legumesdeserre/documents/95590/production-de-la-tomate-de-serre-au-quebec-guide-technique>

Vallée, J., J. Leblanc, D. Bergeron, C. Boivin. 2017. *Améliorer la gestion de l'eau des cultures en plein sol sous abri* [en ligne]. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA).

<https://irda.blob.core.windows.net/media/5449/boivin-et-al-2017-ameliorer-la-gestion-de-leau-des-culture-en-plein-sol-sous-abri-rapport.pdf>

Wright, J. 2009. *Drip Irrigation Considerations with High Tunnel Production Systems*. University of Minnesota Extension. 42 p.

Paillis et couvre-sol

Bio en ligne. Non daté. *Solarisation : Alternative à la désinfection du sol*. [en ligne] <https://www.bio-enligne.com/lutte-biologique/286-solarisation.html#Principe> (consulté le 16 mai 2019).

Couture, I. 2018. *Des paillis plastiques compostables et biodégradables*. [en ligne] https://www.agrireseau.net/documents/Document_99771.pdf

Dubois Agrinovation [en ligne]. https://www.duboisag.com/ca_fr/ (consulté le 21 mai 2019).

Gardner, J. 2005. *Paillis réfléchissant pour mieux répartir la lumière dans les vergers* [en ligne]. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario.

http://www.omafr.gov.on.ca/french/crops/facts/orchard_mulch.htm

Lamont, William J. 1999. *Vegetable production using plasticulture*. Tapei City (Taiwan): Food & Fertilizer Technology Center.

Maughan, T. et D. Drost. 2016. *Use of plastic Mulch for Vegetable Production* [en ligne]. Utah State University Horticulture Extension. https://digitalcommons.usu.edu/extension_curall/786/

Comité français des plastiques en agriculture. Non daté. *Les films de bâche d'ensilage en plasticulture animale* [en ligne]. <http://www.plastiques-agricoles.com/les-plastiques-pour-lelevage/films-de-bache-densilage/> (consulté le 16 mai 2019).

Plastitech. [en ligne]. <https://www.plastitech.com/> (consulté le 21 mai 2019).

Récoltech. [en ligne]. <https://www.recoltech.com/> (consulté le 21 mai 2019).

Teris. [en ligne]. <https://www.teris.co/> (consulté le 21 mai 2019).

Weill, A. et J. Duval. 2009. *Guide de gestion globale de la ferme maraîchère biologique diversifiée*. Montréal (Québec) : Équiterre.

CHAPITRE 9 : LUTTE AUX MALADIES ET AUX RAVAGEURS

Agri-Réseau. 2019a. *Réseau d'avertissements phytosanitaires-culture maraîchère en serre*. [en ligne] <https://www.agrireseau.net/rap/documents?s=3166&page=1>

Agri-Réseau. 2019 b. *Réseau d'avertissements phytosanitaires-solanacées*. [en ligne] <https://www.agrireseau.net/rap/documents?s=1188&page=1>

- Blancard, D. 2013a. *Clavibacter michiganensis* subsp. *Michiganensis* : biologie, épidémiologie. Institut National de la recherche agronomique (INRA). <http://ephytia.inra.fr/fr/C/5231/Tomate-Biologie-epidemiologie>
- Blancard, D. 2013b. *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Fusariose) [en ligne]. Institut National de la recherche agronomique (INRA). <http://ephytia.inra.fr/fr/C/5118/Tomate-Fusarium-oxysporum-f-sp-lycopersici>
- Blancard, D. 2013c. *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (Fusariose racinaire) [en ligne]. Institut National de la recherche agronomique (INRA). <http://ephytia.inra.fr/fr/C/5122/Tomate-Fusarium-oxysporum-f-sp-radicis-lycopersici>
- Blancard, D. 2013d. *Virus* [en ligne]. Institut National de la recherche agronomique. <http://ephytia.inra.fr/fr/C/4953/Tomate-Virus>
- Blancard, D. 2019. *Passalora fulva* (Cooke) U. Braun & Crous, (2003) : Cladosporiose [en ligne]. Institut National de la recherche agronomique (INRA). <http://ephytia.inra.fr/fr/C/4999/Tomate-Passalora-fulva-cladosporiose>
- Blancard, D. et H. Laterrot. 2009. *Les maladies de la tomate : identifier, connaître, maîtriser*. Versailles : Quae.
- Boivin, G. et C. Richard. 1994. *Maladies et ravageurs des cultures légumières au Canada : un traité pratique illustré*. Ottawa (Ontario) : Société canadienne de phytopathologie.
- Caron, L. 2015. *Le tarsonème, un ravageur méconnu dans le poivron* [en ligne]. Journées horticoles des Laurentides 2015. <https://docplayer.fr/74722355-Le-tarsoneme-un-ravageur-meconnu-dans-le-poivron.html>
- CRAAQ. 2011. *Lutte biologique en serre* [affiche]. Québec (Québec) : Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec.
- Duval, B. et coll. 2018. *Fiche technique maïs sucré : pyrale du maïs* [en ligne]. Agri-Réseau : réseau d'avertissements phytosanitaires. https://www.agrireseau.net/documents/Document_97138.pdf
- Gaudin, C et G. Boivin. 2002. Guide d'identification des pucerons dans les cultures maraîchères au Québec [en ligne]. Agriculture et Agroalimentaire Canada. https://www.agrireseau.net/documents/Document_97508.pdf
- Gillespie, D. et L. Lambert. 2005. *Identification des principaux pucerons en serre* [en ligne]. Agri-Réseau. https://www.agrireseau.net/horticulture-serre/documents/puceron_montage%E2%80%A6FINALISE.pdf
- Guimont, S. 2015. *Survол des différents projets réalisés en 2015 au Club Bio Action* [en ligne]. Agri-Réseau : journées horticoles de Saint-Rémi. https://www.agrireseau.net/documents/Document_100147.pdf
- Institut National de la recherche agronomique. Non daté. *Ephytia : Fiches maladies et ravageurs*. [en ligne] <http://ephytia.inra.fr/fr/C/4943/Tomate-Connaître-et-maitriser-maladies-et-ravageurs>

IQDHO. 2017. *Lutte biologique* [en ligne]. Centre d'expertise en horticulture ornementale du Québec. <http://www.iqdho.com/luttebio/>

IQDHO. 2018. *Identification des pucerons en serre ornementale* [vidéo]. Institut québécois du développement de l'horticulture ornementale. 6:44 min. <https://www.youtube.com/watch?v=TnCaC8SiYB8>

Iriis phytoprotection [en ligne] <https://www.iriisphytoprotection.qc.ca/>

Lambert, L. 2019a. *Comment différencier les principaux pucerons en serres maraîchères et utiliser le bon parasitoïde* [en ligne]. Agri-Réseau. https://www.agrireseau.net/documents/Document_99902.pdf

Lambert, L. 2019 b. *Moisissure grise : fiche technique synthèse* [en ligne]. Agri-Réseau : réseau d'avertissements phytosanitaires cultures en serre. https://www.agrireseau.net/documents/Document_89693.pdf

Lambert, L., C. Côté et P. Goulet. 2017. *Compatibilité des pesticides avec la lutte biologique en serre* [en ligne]. Agri-Réseau : réseau d'avertissements phytosanitaires-cultures en serre. https://www.agrireseau.net/documents/Document_94619.pdf

Lambert, L. et R. Larouche. 2018. *Carence en calcium-pourriture apicale ou nécrose apicale* [en ligne]. Agri-Réseau. https://www.agrireseau.net/documents/Document_98452.pdf

Lambert, L. et R. Larouche. 2019. *Maturation inégale* [en ligne]. Agri-Réseau. https://www.agrireseau.net/documents/Document_100559.pdf

Lambert, L. et J. Leblanc. 2017. *Le nettoyage et la désinfection des serres en production biologique* [en ligne]. Agri-Réseau : Réseau d'avertissements phytosanitaires Production légumière en serre. https://www.agrireseau.net/documents/Document_96389.pdf

Lambert, L. et Muller, F. 2019a. *Tétranyque à deux points* [en ligne]. Agri-Réseau. https://www.agrireseau.net/documents/Document_100780.pdf

Lambert, L. et Muller, F. 2019b. *Thrips* [en ligne]. Agri-Réseau. https://www.agrireseau.net/documents/Document_89692.pdf

Lambert, L. et Muller, F. 2019c. *Thrips des petits fruits* [en ligne]. Agri-Réseau. https://www.agrireseau.net/documents/Document_90253.pdf

Lambert, L. et M. Ramadan. 2018. *Gestion d'humidité et maladies reliées : fiche technique synthèse* [en ligne]. Réseau d'avertissements phytosanitaires-réseau cultures maraîchères en serre. https://www.agrireseau.net/documents/Document_97962.pdf

Lamothe, S. et C. Provost. 2016. *Efficacité de différents filets comme méthode de lutte physique contre les insectes et impacts sur les conditions climatiques dans les grands tunnels : quel est le meilleur compromis à faire ?* [en ligne]. Centre de recherche en agroalimentaire de Mirabel. https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Agroenvironnement/1649_Rapport.pdf

Legault, G. et J. Marcoux. 2019. *Bulletin spécial phytoprotection bio* [en ligne]. Agri-Réseau : Réseau d'avertissements phytosanitaires. https://www.agrireseau.net/documents/Document_100319.pdf

Malais, M., and W. J. Ravensberg. 2008. *Connaître et reconnaître : la biologie des ravageurs des serres et de leurs ennemis naturels*. Berkel (Rodenrijs) : Koppert.

Martineau, C. 2011. *Connaissez-vous vos pucerons ?* [en ligne]. Agri-Réseau : journées sur les méthodes biologiques en horticulture ornementale 2011. https://www.agrireseau.net/documents/Document_97116.pdf

MAAARO. 2009a. *Ontario LiCultures* [en ligne]. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario. <http://www.omafr.gov.on.ca/IPM/french/index.html>

MAAARO. 2009 b. *Ontario LiCultures tomates et poivrons : maladies virales* [en ligne]. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario. <http://www.omafr.gov.on.ca/IPM/french/peppers/diseases-and-disorders/viruses.html#advanced>

MAAARO. 2019. *Cultures de serre en Ontario* [en ligne]. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario. <http://www.omafr.gov.on.ca/french/crops/hort/greenhouse.html>

MAPAQ. 2018. *Légumes de serres* [en ligne]. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. <https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/md/recherche/serres/Pages/serres.aspx>

MAPAQ. 2019. *Laboratoire d'expertise et de diagnostic en phytoprotection* [en ligne]. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. <https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/Protectiondescultures/diagnostic/Pages/diagnostic.aspx>

MELCC. 2019. *Formation et certification* [en ligne]. Ministère de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques du Québec. <http://www.environnement.gouv.qc.ca/pesticides/permis/formation/index.htm>

Muller, F. et L. Lambert. 2015. *Maladie du blanc (mildiou poudreux)* [en ligne]. Agri-Réseau. https://www.agrireseau.net/documents/Document_89673.pdf

Muller, F. et L. Lambert. 2018a. *Aleurodes* [en ligne]. Agri-Réseau. https://www.agrireseau.net/documents/Document_89672.pdf

Muller, F. et L. Lambert. 2018 b. *Pucerons* [en ligne]. Agri-Réseau. https://www.agrireseau.net/documents/Document_97499.pdf

Muller, F., L. Lambert et S. Ameur. 2018. *Punaise terne* [en ligne]. Agri-Réseau. https://www.agrireseau.net/documents/Document_97906.pdf

Office des normes générales du Canada. 2018. *Systèmes de production biologique : listes des substances permises- CAN/CGSB-32.311-2015* [en ligne]. Gouvernement du Canada. http://publications.gc.ca/collections/collection_2018/ongc-cgsb/P29-32-311-2018-fra.pdf

Plant Products. 2019. *Tableau lutte intégrée* [en ligne] https://www.plantproducts.com/fr/images/Tableaux_lutte_integree_2019.pdf

Québec. 2019. Loi sur les pesticides : chapitre P-9.3, à jour au 1er septembre 2019 [en ligne]. Éditeur officiel du Québec (Québec). <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cs/P-9.3>

Ramadan, M., A. Cécylre et L. Lambert. 2019a. *Fongicides et biofongicides homologués en 2019 dans les cultures maraîchères et fruitières en serre* [en ligne]. Réseau d'avertissements phytosanitaires : bulletin d'informations cultures maraîchères en serres. https://www.agrireseau.net/documents/Document_99766.pdf

Ramadan, M., A. Cécylre et L. Lambert. 2019 b. *Insecticide, bio-insecticides, acaricides et bioacaricides homologués en 2019 dans les cultures maraîchères et fruitières en serre* [en ligne]. Réseau d'avertissements phytosanitaires : bulletin d'informations cultures maraîchères en serres. https://www.agrireseau.net/documents/Document_99765.pdf

Ramadan, M. et L. Lambert. 2018a. *Collet vert ou jaune sur fruit* [en ligne]. Agri-Réseau. https://www.agrireseau.net/documents/Document_98453.pdf

Ramadan, M. et L. Lambert. 2018 b. *Fendillements sur fruit (concentrique ou radiale)* [en ligne]. Agri-Réseau. https://www.agrireseau.net/documents/Document_98454.pdf

SAgE pesticides [en ligne]. Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec. <https://www.sagepesticides.qc.ca/>

Santé Canada. Non daté. *Recherche dans les étiquettes de pesticides* [en ligne]. <http://pr-rp.hc-sc.gc.ca/lr-re/index-fra.php>

Santé Canada. 2015. *Note d'information concernant l'utilisation des pesticides dans les grands tunnels* [en ligne]. https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/migration/hc-sc/cps-spc/alt_formats/pdf/pubs/pest/_fact-fiche/tunnels-pesticides/tunnels-pesticides-fra.pdf

Thériault, J. 2015. *Carences et de maladies dans les productions de légumes de serre : quand la fertilisation et les pesticides ne suffisent plus !* [en ligne]. <https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Regions/ChaudiereAppalaches/Espaceconferences/Carencesmaladiesproductionlegumesserre.pdf>

Thériault, J. 2017. *24 heures de déshumidification dans la vie d'un producteur* [en ligne]. Agri-Réseau. https://www.agrireseau.net/documents/Document_97509.pdf

Turcotte, G. 2008. *La culture en serre du poivron*. Québec (Québec) : Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec.

Turcotte, G. et T. Chouffot. 2013. *Culture du poivron en serre au Québec : Fiche technique de lutte biologique* [en ligne]. Agri-Réseau. <https://www.agrireseau.net/legumesdeserre/documents/Fiche%20lutte%20bio%20VF.pdf>

Turcotte G., R. Larouche, A. Carrier et L. Lambert. 2015. *Guide de production de la tomate de serre au Québec* [en ligne]. Agri-Réseau : Agrisys consultants. <https://www.agrireseau.net/legumesdeserre/documents/90890>

Villeneuve, C. 2005. *Les maladies bactériennes du poivron et de la tomate de champ*. Québec (Québec) : Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec.

Villeneuve, C. 2009. *Le nettoyage et la désinfection des serres en production biologique* [en ligne]. Agri-Réseau : Réseau d'avertissements phytosanitaires.
<https://www.agrireseau.net/Rap/documents/b01so09.pdf>

Villeneuve, C. 2014. *Les filets anti-insectes ou comment garder les insectes à distance de vos légumes* [en ligne]. Agri-Réseau. <https://www.agrireseau.net/agriculturebiologique/documents/filets%20anti-insectes.pdf>

Weill, A. et J. Duval. 2009. *Guide de gestion globale de la ferme maraîchère biologique diversifiée*. Montréal (Québec) : Équiterre.

CHAPITRE 10 : RÉCOLTE ET CONSERVATION

Agence canadienne d'inspection des aliments. 2018. *Exigences relatives aux catégories de fruits ou légumes frais. Recueil des normes canadiennes de classification : Volume 2 – Fruits ou légumes frais* [en ligne]. <http://www.inspection.gc.ca/au-sujet-de-l-acia/lois-et-reglements/liste-des-lois-et-reglements/documents-incorpores-par-renvoi/recueil-des-normes-canadiennes-de-classification-v/fra/1519996239002/1519996303947?chap=1>

Erard, P., A. Bellamy et A. Bardet. 2002. *Le poivron*. Paris : Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes.

Fraser, H. 2018. *Systèmes de refroidissement par air forcé pour les fruits et légumes frais de l'Ontario* [en ligne]. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales : fiche technique Agdex 736/20. <http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/14-040.htm>

Gast, K.L.B. 2001. *Storage Conditions : Fruits & Vegetables* [en ligne]. University of Maine Cooperative Extension. <https://extension.umaine.edu/publications/4135e/>

Guan, W. 2017. *Optimal Storage Conditions for Vegetable* [en ligne]. Purdue University Cooperative Extension Service. <https://vegcropshotline.org/article/optimal-storage-conditions-for-vegetables/>

Jones, J. J. B. 2007. *Tomato Plant Culture : In the Field, Greenhouse, and Home Garden, Second Edition*. Baton Rouge (Louisiane) : CRC Press.

Lopez-Camelo, A. F. 2007. *Manuel pour la préparation et la vente des fruits et des légumes : du champ au marché*. Bulletin des services agricoles de la FAO. Rome : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

Marceau, J. et Y. Bédard. 2017. *Refroidissement rapide : pour une meilleure conservation des fruits et légumes* [en ligne]. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec : Journal Vision agricole.

<https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Regions/chaudiereappalaches/journalvisionagricole/decembre2017/Pages/Refroidissement-rapide.aspx>

MAAARO. 2012. *Manutention et entreposage après récolte* [en ligne]. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario.

http://www.omafra.gov.on.ca/CropOp/fr/general_agronomics/post_harvest_handling.html

Snowdon, A. L. 2010. *A colour atlas of post-harvest diseases and disorders of fruits and vegetables*. Boca Raton (Floride) : CRC Press.

Turcotte, G. 2008. *La culture en serre du poivron*. Québec (Québec) : Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec.

Turcotte G., R. Larouche, A. Carrier et L. Lambert. 2015. *Guide de production de la tomate de serre au Québec* [en ligne]. Agri-Réseau : Agrisys consultants.
<https://www.agrireseau.net/legumesdeserre/documents/90890>

Warbick, J.P. 2018. *Diagnostic d'anomalies dans les entrepôts frigorifiques* [en ligne]. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario : fiche technique Agdex 202/732.
<http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/17-004.htm>

CHAPITRE 11 : RENTABILITÉ

CRAAQ. 2016a. Tomate biologiques : budget sur paillis plastique en tunnel 2 saisons, grand tunnel 2 saisons et serre tunnel 3 saisons, *Références économiques*, AGDEX 257.19/821 a.

CRAAQ. 2016 b. Poivrons rouges biologiques : budget sur paillis plastique en tunnel 2 saisons, grand tunnel 2 saisons et serre tunnel 3 saisons, *Références économiques*, AGDEX 257.19/821 b.

CRAAQ. 2015. Loyer annuel : fonds de terre, bâtiments, machinerie et équipement, *Références économiques*, AGDEX 824/825 a.

Le Mat, A. et G. Ménard. 2017. *Analyse technico-économique de groupe maraîchage biologique diversifié*, Centre d'expertise et de transfert en agriculture biologique (CETAB+).

Le Mat, A. 2019. Tomate et poivron sous abris : Comment en tirer les meilleurs revenus ? [en ligne], Agri-Réseau : Journées horticoles de Saint-Rémi.
https://www.agrireseau.net/agriculturebiologique/documents/101539?utm_source=agriculture_biologique2019-12-19&utm_medium=courriel&utm_campaign=ABO

Turcotte, G. 2008. *Essai de deux systèmes de palissage pour la culture du poivron en serre*, Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec (CDAQ).

MAPAQ. 2013. *Guide technico-économique de démarrage de l'entreprise maraîchère commercialisant selon la formule d'agriculture soutenue par la communauté diversifiée*. [en ligne]
[\[https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/md/Publications/Pages/Details-Publication.aspx?guid=%7B87f00bdb-a8f5-492a-bdf9-15dc51593514%7D\]](https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/md/Publications/Pages/Details-Publication.aspx?guid=%7B87f00bdb-a8f5-492a-bdf9-15dc51593514%7D).

Coûts et prix qui prévalaient sur le marché au moment de la rédaction (2018-2019).



Ce guide est le fruit du travail de plusieurs agronomes, conseillers spécialisés et entrepreneurs agricoles qui ont mis en commun leur savoirs et leurs expériences pour mieux outiller le secteur biologique dans la production de poivrons et de tomates sous abris. Dans cet ouvrage, il sera fait mention des termes suivants pour désigner les différentes structures qui sont toutes en plein sol et sans fondation :

- Abri froid : tunnel chenille, tunnel ou serre froide
- Serre chauffée d'avril à octobre : serre, serre chauffée, serre trois saisons

Ces abris sont de plus en plus populaires auprès des maraîchers diversifiés engagés dans une mise en marché de proximité et qui désirent optimiser les rendements en allongeant la saison de production, tout en offrant à leur clientèle des légumes de grande qualité. Le guide traite plus particulièrement des aspects suivants : STRUCTURES ET ÉQUIPEMENTS, SÉLECTION ET PRÉPARATION DU SITE, CLIMAT ET POTENTIEL DE RENDEMENT, VARIÉTÉS, TRANSPLANTS ET GREFFAGE, CONDUITE DE LA CULTURE, FERTILISATION, IRRIGATION, PAILLIS ET COUVRE-SOL, LUTTE AUX MALADIES ET AUX RAVAGEURS, RÉCOLTE ET CONSERVATION, RENTABILITÉ.