



Ordre des
AGRONOMES
du Québec

Ligne directrice relative aux recommandations en fertilisation
de cultures tuteurées cultivées en serres en plein sol

Membres du comité *ad hoc* sur la fertilisation en serres

Jacques Thériault, agr., Climax Conseils

Karine Labrecque, agr., MELCCFP

Pascale Cantin, MAPAQ

Philippe-Antoine Taillon, agr., MAPAQ

Mahmoud Ramadan, agr., MAPAQ

Yveline Martin, agr., Bio-Action

Geneviève Legault, agr., MAPAQ

Merci à Abdenour Boukhalifa, agronome, et à Gilles Turcotte pour leur participation aux travaux initiaux du comité.

Coordination du projet

Raphaëlle Gendron, agronome, chargée du développement professionnel, OAQ (2021 à 2023)

Raymond Leblanc, agronome et conseiller en pratique professionnelle, OAQ (2020 à 2021)

Notes au lecteur

- Le présent document est basé sur des références scientifiques actuelles au moment de sa publication. Les connaissances scientifiques peuvent évoluer en regard des nouvelles connaissances issues de la recherche.
- Ce texte n'a pas de valeur légale et ne doit, en aucun cas, être substitué aux textes réglementaires originaux. Les règlements peuvent avoir été modifiés. La version officielle a toujours préséance.

1. Introduction et objectifs

La présente ligne directrice s'adresse aux agronomes qui offrent des services-conseils en culture en serre au Québec. Il ne concerne que la fertilisation des cultures en serre tuteurées verticalement cultivées en plein sol. Il vise à mieux outiller les agronomes dans l'élaboration de leurs recommandations.

La recommandation de fertilisation doit optimiser le rendement tout en minimisant les pertes dans l'environnement. Elle doit également respecter les exigences réglementaires, notamment celles du *Règlement sur les exploitations agricoles* (REA) (RLRQ, chapitre Q-2, r. 26), et les règles de l'art.

Objectif général

Présenter une démarche de prise de décision pour orienter les agronomes dans leurs recommandations de fertilisation de cultures tuteurées en serre en plein sol

Objectifs spécifiques

- Déterminer les situations qui impliquent que les serriculteurs doivent détenir un plan agroenvironnemental de fertilisation (PAEF) annuel et transmettre annuellement un bilan de phosphore
- Définir l'approche agronomique qui guidera l'agronome dans la détermination et la justification des apports maximums en phosphore (exprimés en P_2O_5) applicables aux cultures tuteurées en serre cultivées en plein sol pour la production de PAEF et de bilans de phosphore
- Établir les règles de l'art en fertilisation des cultures tuteurées en serre cultivées en plein sol afin de guider l'agronome dans sa recommandation
- Définir les bonnes pratiques pouvant minimiser les risques de lessivage de certains éléments nutritifs (azote, phosphore, etc.) en serre en plein sol

2. Mise en contexte

2.1. Définitions et portée de la ligne directrice

La présente ligne directrice concerne les serres et non les tunnels. Ces deux types de structures présentent des caractéristiques distinctes. Une serre désigne une structure métallique permanente qui reste en place toute l'année. Elle doit utiliser des systèmes rudimentaires ou sophistiqués d'automatisation de l'irrigation et de régulation du climat (MAPAQ, sans date [s.d.] b). Cette structure est considérée comme un bâtiment au sens de la *Loi sur les ingénieurs*. Un tunnel est une structure saisonnière, qui peut être déplacée et dont le plastique est retiré l'hiver puisqu'elle ne peut pas supporter le poids de la neige.

Ce qui distingue les serres des tunnels et justifie un traitement différent, ce sont les rendements obtenus en raison de la régie des cultures tuteurées.

Par cultures «tuteurées», on réfère aux plantes tuteurées verticalement. Sont exclus de cette définition les légumes palissés à l'horizontale. Au Québec, les principales cultures tuteurées cultivées en plein sol en serre sont la tomate et le concombre. Le poivron, l'aubergine et le haricot grimpant peuvent également être cultivés sous cette régie.

Enfin, notons que les rendements des légumes plein sol en serre non tuteurés ne justifient pas une fertilisation plus élevée qu'en champ ou tunnel pour le moment. C'est pourquoi ils ne sont pas abordés dans le présent document.

2.2. Particularités des cultures en serre et références en fertilisation

Les cultures en serre et en champ d'une même espèce diffèrent sur plus d'un plan, notamment :

- La culture en serre se fait dans un environnement contrôlé, ce qui permet d'effectuer des récoltes réparties sur une période plus longue et d'obtenir des rendements totaux supérieurs à ceux de la culture en champ (MAPAQ, 2022);
- La vitesse de croissance hebdomadaire de la plante est beaucoup plus rapide en culture en serre qu'en champ;
- La protection offerte par la serre protège les cultures des précipitations, si bien que certains phénomènes ayant des impacts environnementaux, comme le ruissellement et le lessivage des fertilisants, peuvent être maîtrisés ou évités.

Il n'existe pas de grilles ou de valeurs de référence en fertilisation propres aux cultures en serre en plein sol validées par des comités d'experts ou issues d'essais réalisés en contexte québécois. Les grilles de référence en fertilisation disponibles au Québec (comme les *Grilles de référence en fertilisation* du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec [MAPAQ] ou celles du *Guide de référence en fertilisation* [CRAAQ, 2010]) ne peuvent être utilisées pour produire des recommandations de fertilisation et déterminer les abaques de dépôts maximums annuels de phosphore pour des légumes cultivés en serre, puisqu'elles ont été élaborées pour des cultures en champ, et non en serre.

La démarche suggérée dans le présent document repose sur des références sur la culture en serre en plein sol provenant de l'extérieur de la province. Des essais réalisés en conditions québécoises seraient nécessaires afin d'obtenir des valeurs de références propres au Québec.

3. Réglementation québécoise encadrant la culture en serre en plein sol

Voici un aperçu des dispositions législatives et réglementaires liées à la fertilisation et à la culture en serre. Certains articles présentés ne concernent que la culture en serre hors sol. Ceux-ci sont présentés afin de distinguer ce qui s'applique ou non à la culture en serre en plein sol.

Notez qu'il s'agit de règles générales. En cas de divergence entre ce texte et les textes officiels, ces derniers ont préséance.

3.1. Principales lois et règlements

- [Loi sur la qualité de l'environnement](#) (LQE) (RLRQ, chapitre Q-2)

Cette loi vise la protection de l'environnement de même que la sauvegarde des espèces vivantes qui y habitent selon les dispositions qui y sont inscrites. Elle est basée sur une vision, soit celle de doter le Québec d'un régime d'autorisation clair, prévisible, optimisé et conforme aux plus hauts standards en matière de protection de l'environnement. Pour connaître les activités visées par une autorisation ministérielle, il faut consulter l'article 22 de la LQE. Bien que l'activité de culture en serre ne soit pas nommée explicitement dans les paragraphes 1 à 9 de cet article, des activités généralement associées à ce type d'installation pourraient l'être (par exemple, le prélèvement d'eau visé au paragraphe 2). L'activité de serriculture est quant à elle visée par l'article 22, par. 10, puisque son encadrement relève directement du *Règlement sur l'encadrement d'activités en fonction de leur impact sur l'environnement* (REAFIE).

- [Règlement sur l'encadrement d'activités en fonction de leur impact sur l'environnement](#) (REAFIE) (RLRQ, chapitre Q-2, r. 17.1)

Le REAFIE vise à préciser l'encadrement des activités soumises à une autorisation ministérielle, en vertu de l'article 22 de la *Loi sur la qualité de l'environnement* (LQE). Le REAFIE classe les activités en fonction de leur type d'impact sur l'environnement et du niveau de risque qu'elles présentent. Ainsi, la culture en serre hors sol et générant des eaux usées est considérée comme ayant des impacts environnementaux multiples (Partie II, Titre II) et elle est traitée de façon plus précise aux articles 132 à 136 du chapitre *Culture et lieux d'élevage* (Section 2 du chapitre XI). Comme le présent document concerne la culture en plein sol et que cette exigence concerne plutôt les cultures hors sol générant des eaux usées, ces exigences ne seront pas détaillées ici. Nous vous invitons à consulter le *Guide de référence du Règlement sur l'encadrement d'activités en fonction de leur impact sur l'environnement* (MELCC, 2022) pour en savoir plus sur les exigences en matière de culture hors sol.

- [Règlement sur les exploitations agricoles](#) (RLRQ, chapitre Q-2, r. 26)

Le *Règlement sur les exploitations agricoles* (REA) a pour objectif principal d'assurer la protection de l'environnement, particulièrement celle de l'eau et du sol, contre la pollution causée par certaines activités du secteur agricole.

L'article 2 du REA vient préciser son application, notamment en ce qui a trait aux parcelles de sols utilisées pour la culture, dont les parcelles sous abris, ainsi qu'à l'utilisation de matières fertilisantes. Les cultures en pots et hydroponiques sont exclues de l'application du REA, car certaines exigences réglementaires ne peuvent s'y appliquer (voir la note explicative de l'article 2 du *Guide de référence du Règlement sur les exploitations agricoles* [MELCC, 2021]).

3.2. Assujettissement au PAEF et au bilan de phosphore

L'assujettissement au PAEF et au bilan de phosphore se fait sur deux bases prises à l'individuel ou combinées, soit la production annuelle de phosphore et la superficie en culture en sol total sans distinction du mode de culture (en pleine terre sous abris ou non).

Pour déterminer si un exploitant est assujéti ou non à la production d'un PAEF et d'un bilan de phosphore, il faut consulter, respectivement, les articles 22 et 35 du REA. De plus, la section *Dans quelles circonstances un exploitant doit-il faire établir un bilan de phosphore?* du *Guide pour remplir le formulaire du bilan de phosphore* (MELCC, 2018) complète l'information donnée dans le Règlement.

- Le paragraphe 2 de l'article 22 du REA précise que les superficies en culture sont cumulatives et détermine si un exploitant de lieu d'épandage est assujéti à l'obligation de détenir annuellement un PAEF et un bilan de phosphore (voir Tableau 1 du *Guide de référence du Règlement sur les exploitations agricoles* [MELCC, 2021]).

Relativement à un lieu d'épandage, les superficies liées à l'assujettissement au PAEF et au bilan phosphore se détaillent comme suit : supérieure à 5 ha dans le cas de production maraîchère ou de fruits; supérieure 15 ha dans le cas d'autres cultures (dont les superficies cultivées en serres en plein sol et, le cas échéant, les superficies cultivées en champ).

Il est à noter que, dans le cas de la culture en serres en plein sol, la superficie est évaluée à partir de la superficie totale couverte et en culture, sans en soustraire les allées (ou entre-rangs), et ce, à l'image des autres grandes cultures ou cultures maraîchères et fruitières en plein champ.

- Le paragraphe 2 de l'article 35 du REA précise en outre que, par défaut, l'exploitant d'un lieu d'épandage visé par un PAEF à l'article 22 doit faire établir un bilan de phosphore par un agronome. On trouvera des précisions sur les situations où un bilan de phosphore est nécessaire en consultant le *Guide pour remplir le formulaire du bilan de phosphore* (MELCC, 2018).

3.3. Abaques de dépôts maximums annuels de phosphore

Les abaques de dépôts maximums annuels de phosphore présentés à l'annexe I du REA ne touchent pas la culture en serre. Dans cette situation, la note 7 de l'annexe I du REA indique que «les dépôts maximums de phosphore (P_2O_5) sur ces parcelles en particulier sont fixés par l'agronome qui conçoit le [PAEF]. L'agronome doit également indiquer au [PAEF] les raisons qui justifient les valeurs des dépôts maximums recommandés.»

Pour ce faire, l'Ordre des agronomes du Québec a émis une Ligne directrice pour le calcul des charges maximales de phosphore total pour les cultures non mentionnées à l'annexe I du Règlement sur les exploitations agricoles (Ordre des agronomes du Québec [OAQ], 2022a). On y recommande d'utiliser les Grilles de référence en fertilisation du MAPAQ ou du Guide de

référence en fertilisation (CRAAQ, 2010) pour « déterminer la superficie minimale en culture pour disposer de la charge de phosphore pour les cultures n'ayant pas d'abaque de dépôts maximums annuels à l'annexe I du REA » (OAQ, 2022). Toutefois, comme nous l'avons précisé précédemment, ces grilles de référence ne sont pas adaptées à la culture en serre.

Ainsi, pour les cultures en serre, l'agronome doit utiliser la méthode présentée dans le présent document en remplacement des grilles de référence en fertilisation pour évaluer la quantité de phosphore nécessaire à la culture en serre (voir [Planification des apports annuels globaux](#)) et évaluer la capacité de l'entreprise à disposer du phosphore.

3.4. Fertilisation des sols saturés en phosphore

La note 3 de l'annexe I du REA précise que « L'agronome doit, par ses recommandations de fertilisation, faire en sorte que le niveau de saturation du sol en phosphore (P/AI) soit abaissé à une valeur inférieure à 7,6 % pour un sol ayant une teneur en argile supérieure à 30 % et à 13,1 % pour un sol ayant une teneur en argile égale ou inférieure à 30 % et qu'il soit maintenu sous cette valeur. »

Pour ce faire, l'Ordre des agronomes du Québec a émis la *Ligne directrice sur les stratégies de fertilisation relatives à l'indice de saturation en phosphore des sols* (OAQ, 2022b). Pour abaisser le taux de saturation des sols en culture maraîchère, on préconise de formuler les recommandations en fonction des *Grilles de référence en fertilisation* du MAPAQ ou du *Guide de référence en fertilisation* (CRAAQ, 2010). Toutefois, comme nous l'avons précisé précédemment, ces grilles de référence ne sont pas adaptées à la culture en serre.

Ainsi, pour la culture en serre, l'agronome doit utiliser la méthode conseillée dans le présent document en remplacement des grilles de référence pour évaluer la quantité de phosphore nécessaire à la culture en serre (voir [Planification des apports annuels globaux](#)) et produire une recommandation de fertilisation permettant d'abaisser les taux de saturation en phosphore en dessous des seuils environnementaux.

Les apports annuels totaux de phosphore recommandés doivent être justifiés en fonction des éléments soulevés dans le présent document. La stratégie de fertilisation doit assurer une fertilisation raisonnée des cultures tout en minimisant les risques environnementaux.

Le suivi de l'évolution des richesses de sol indiquera s'il faut revoir la stratégie au fil du temps.

4. Planification, réalisation et suivi de la fertilisation

L'élaboration du plan de fertilisation d'une culture en serre en plein sol repose sur une approche prévisionnelle qui comprend la détermination du rendement de référence de la culture ou de multiples cultures réparties sur plusieurs périodes de croissance et les résultats d'analyse de paramètres agronomiques des sols. Un suivi est nécessaire pour ajuster les recommandations en fertilisation en cours de croissance des cultures.

4.1. Détermination du rendement des cultures

Définition du rendement

Du côté des légumes tuteurés (tomate, concombre, poivron, aubergine, haricot, etc.), le rendement par unité de surface cultivée est exprimé en kilogrammes de masse fraîche par mètre carré (kg de masse fraîche/m²).

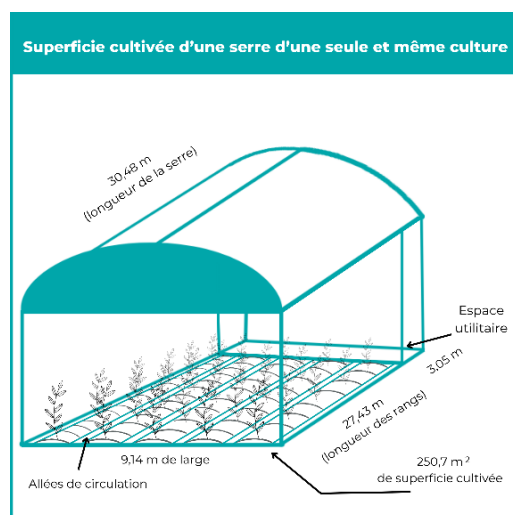
Les rendements sont parfois colligés par le producteur en nombre de légumes cueillis par mètre carré (unités/m²)¹. Dans ce cas, l'agronome devra convertir ce rendement en kg de masse fraîche/m² à l'aide de valeurs de référence² ou selon le poids moyen des légumes cueillis par le producteur si ceux-ci diffèrent des normes du marché.

Selon la méthode proposée par Koller et coll. (2016) et Gianquinto et coll. (2013), le [rendement attendu](#) (ou rendement de référence) sert de base pour définir les prélèvements d'éléments nutritifs par la culture.

Calcul des superficies

Du côté des légumes tuteurés, la superficie utilisée pour établir les rendements inclut les plates-bandes (surface occupée par la culture) ainsi que les allées nécessaires au passage de la main-d'œuvre entre les plates-bandes.

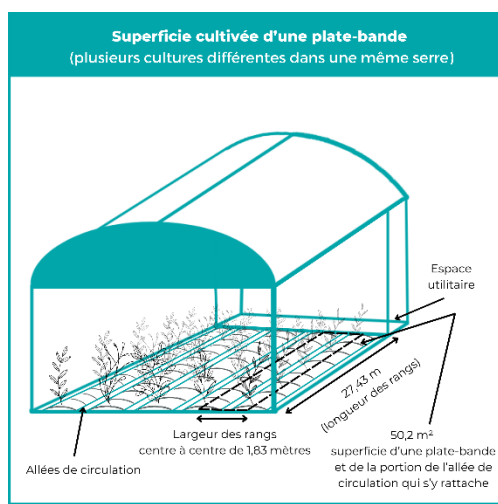
Lorsqu'une seule culture occupe toute la superficie d'une serre, le calcul de la superficie occupée par cette culture se calcule en multipliant la largeur de la serre par la longueur des rangs. La longueur des rangs est la longueur de la serre moins celle de l'espace utilitaire. Par exemple, une serre de 9,14 m sur 30,48 m présentant des rangs de 27,43 m de long et un espace utilitaire d'une profondeur de 3,05 m à l'entrée aura une superficie cultivée de 9,14 m multipliés par 27,43 mètres, soit 251 m², peu importe le nombre de plates-bandes et d'allées.



¹ C'est souvent le cas en culture de concombres.

² On trouvera des valeurs de référence dans la *Fiche technique en serre – Concombres* (CRAAQ, 2020).

En production diversifiée, il arrive couramment qu'une culture n'occupe qu'un seul rang (ou plate-bande) entier ou partiel. Pour déterminer la superficie d'une plate-bande ou d'une partie de celle-ci, il faut multiplier la largeur centre à centre entre les plates-bandes (allée comprise) et la longueur du rang complet ou partiel occupé par la culture. Par exemple, pour une plate-bande de 27,43 m de long consacrée à une même culture où la distance centre à centre fait 1,83 m, on établira la superficie cultivée à 50,2 m².



Détermination du rendement de référence

Le rendement de référence à utiliser pour calculer les prélèvements en éléments nutritifs nécessite une analyse poussée qui tient compte de plusieurs paramètres.

Le **rendement historique**, si disponible, fait partie des données utilisées par l'agronome dans la détermination du rendement de référence. Ce rendement reflète la réalité passée du producteur, c'est-à-dire les rendements moyens qu'il a obtenus jusqu'à maintenant. Ce rendement ne correspondra pas nécessairement au rendement de référence, car il pourrait devenir limitant pour un plan de fertilisation si le producteur apportait des améliorations à sa gestion, son calendrier de production ou ses installations.

Le **rendement attendu** pour la saison est établi par l'agronome après son analyse de différents facteurs propres à l'entreprise, comme :

- l'équipement;
- le type de serre;
- l'utilisation d'éclairage d'appoint et son intensité;
- le profil luminosité régional;
- l'expérience du producteur et de sa main-d'œuvre;
- le type de légume cultivé;
- les cultivars (par exemple, la tomate charnue, la tomate cerise ou la tomate cocktail donnent des rendements différents);
- la période de production;
- l'utilisation et l'intensité d'injection du CO₂;
- l'âge des plants;

- la santé du sol ;
- le drainage ;
- le rendement historique (si connu).

Le rendement attendu peut être plus élevé, plus faible ou égal au rendement historique puisqu'on peut se trouver dans une situation où il y a amélioration des conditions de culture (par exemple : acquisition de nouvel équipement), détérioration des conditions de culture (par exemple : bris d'équipement) ou encore, aucun changement de conditions de culture. Ainsi, un rendement attendu basé uniquement sur le nombre de semaines de production et le rendement hebdomadaire moyen historique d'une entreprise sans égard à tous les autres facteurs pouvant faire varier les rendements d'une année à l'autre ne peut représenter adéquatement la réalité.

Le rendement attendu est le **rendement de référence** à utiliser dans la détermination des prélèvements en éléments nutritifs de la plante. Il prend en compte tous les facteurs qui peuvent intervenir dans le cadre de l'atteinte des objectifs de rendement.

4.2. Élaboration et ajustement des recommandations en fertilisation à l'aide d'analyses de sol et d'eau

La production de légumes tuteurés en serre comporte des calendriers de production longs associés à des vitesses de croissance hebdomadaire beaucoup plus rapides qu'en culture en champ. En conséquence, il est nécessaire de faire des analyses de départ, mais aussi en cours de saison pour ajuster la fertilisation.

Autrement dit, un plan de fertilisation peut être réalisé dans une perspective prévisionnelle en fonction de la fertilité initiale du sol et du rendement attendu (rendement de référence), mais il faudra le réajuster en fonction des écarts entre la fertilité prévue et celle qui sera réellement observée en cours de production.

Avant la mise en place de la culture, une **analyse standard du sol** servira à en déterminer la fertilité minérale initiale. Il est souvent justifié de documenter aussi la **qualité de l'eau d'irrigation**, car celle-ci peut également avoir une incidence non seulement sur l'apport en minéraux, mais surtout sur la présence d'ions indésirables; on pourra alors déterminer les correctifs nécessaires.

En cours de saison, des **analyses de sol SSE** (*Soil Saturated Extract* ou extrait de sol saturé à l'eau) ou des **mesures de la conductivité électrique du sol (CE)** permettront de mesurer les éléments nutritifs en solution dans le sol et de réajuster les apports.

Une description des types d'analyses de sol et d'eau est présentée en [annexe](#).

4.3. Approche prévisionnelle et corrective relative au plan de fertilisation

L'élaboration du plan de fertilisation selon une approche prévisionnelle et corrective devrait comprendre certaines étapes précises, soit la planification, la mise en œuvre du plan et le suivi périodique des recommandations de fertilisation.

4.3.1. Planification des apports annuels globaux

Étape 1 : Évaluer le potentiel du sol à fournir les éléments nutritifs en fonction des résultats des analyses recommandées et des caractéristiques du sol, et en tenant compte de son évolution des dernières années, le cas échéant

Étape 2 : Déterminer un **rendement attendu** (en kg/m²) (voir [Détermination du rendement de référence](#))

Étape 3 : Établir les besoins annuels en fonction des **prélèvements en éléments fertilisants de la plante** et les recommandations de fertilisation à apporter en fonction de la fertilité globale du sol³

- Utiliser les références disponibles pour connaître les prélèvements en éléments nutritifs (g/m²) selon le rendement (kg de masse fraîche/m²) de chaque culture (par exemple, celles qui sont présentées en [Annexe 1](#))⁴
- Utiliser des critères agronomiques (structure de sol, texture de sol, pH, activité microbiologique, résultats des années antérieures, etc.) pour préciser les recommandations de fertilisation (valeur moyenne ou s'approchant du minimum/maximum des prélèvements en éléments nutritifs)

Étape 4 : Évaluer le taux de **disponibilité des éléments fertilisants présents dans les matières fertilisantes** utilisées (minéralisation du compost, fumier granulé, farine de luzerne, engrais minéraux, etc.), selon les références et les études disponibles

Étape 5 : Évaluer le **risque de lessivage des éléments fertilisants** en fonction de différents facteurs (granulométrie du sol, optimisation de l'irrigation, outils d'aide à la décision, etc.)

Étape 6 : Calculer les **apports prévisionnels globaux en éléments fertilisants** provenant des quantités de matières fertilisantes à appliquer

4.3.2. Mise en œuvre du plan de fertilisation

Étape 7 : Planifier le fractionnement des apports en éléments fertilisants dans le temps en tenant compte des différents éléments présentés ci-après.

- Correction de la fertilité du sol en début de saison et en cours de saison, si nécessaire
- Prélèvements attendus de la culture par période, en fonction :

³ Dans le présent document, le terme « fertilité globale du sol » désigne la capacité du sol à soutenir la croissance végétale. Cette fertilité dépend de facteurs physiques, chimiques et biologiques. Elle ne doit pas être confondue avec la classe de fertilité du sol. Cette dernière réfère plutôt à la fertilité chimique, c'est-à-dire à sa capacité de fournir des éléments nutritifs à la plante (adapté de Gianquinto et coll., 2013).

⁴ À noter que les prélèvements de différentes variétés (tomate cerise, *beef*, cocktail, etc.) ne sont pas les mêmes, mais ils ne sont pas tous connus. De même, les prélèvements de certaines cultures ne sont pas connus. L'agronome doit justifier ses recommandations si elles diffèrent de celles des valeurs de références d'une culture.

- de la vitesse de croissance due à la luminosité réelle variant notamment en fonction du moment de la saison ou de la couverture nuageuse⁵
- des stades de la culture (ratios des éléments fertilisants à apporter) (Letard et coll., 1995; Vitre, 2002)

Les recommandations doivent aussi tenir compte du fait que, en fin de saison (c'est-à-dire environ 4 à 5 semaines avant la fin de la production),

- on vise une diminution de la charge fertilisante de la solution du sol et de la salinité du sol;
- on tient compte de la minéralisation résiduelle des matières fertilisantes.

4.3.3. Suivi du plan de fertilisation

Étape 8 : Afin de valider le plan de fertilisation, effectuer un suivi en cours de croissance de la culture, au moyen de la mesure de la conductivité (CE) et/ou d'analyses SSE, ainsi que des données qualitatives **et quantitatives de l'état et de la croissance des plants, de la nouaison et des rendements et ajuster la fertilisation (au besoin) selon les résultats obtenus et l'analyse effectuée**

4.4. Bonnes pratiques pour optimiser l'irrigation

Une pratique optimale de l'irrigation est importante lorsqu'on aborde les questions de fertilisation en culture abritée. Comme son nom l'indique, une culture abritée ne profite d'aucun apport provenant de la pluie. Tous les besoins en eau doivent être comblés par l'irrigation. L'eau est essentielle pour assurer la minéralisation des engrais et pour solubiliser les éléments fertilisants. L'eau d'irrigation fera transiter les éléments fertilisants vers les cultures. En assurant un confort hydrique à la culture, on favorise l'absorption d'éléments minéraux de même qu'une croissance et une productivité optimales.

Les conséquences d'une irrigation trop abondante sont nombreuses :

- perte d'éléments fertilisants par lessivage;
- possible pollution des sources d'eau;
- stress sur la culture nuisant à sa croissance, sa productivité et sa consommation en éléments fertilisants;
- dépérissement des racines et de la culture;
- coût supplémentaire (et inutile) de l'apport en eau;
- usage inutile pouvant avoir des conséquences sur d'autres cultures si l'accès à l'eau est limité.

Les conséquences d'une irrigation insuffisante sont aussi importantes :

- stress sur la culture qui nuit à sa croissance, sa productivité et sa consommation en éléments fertilisants;

⁵ L'agronome peut obtenir des données sur la luminosité à partir de sites comme <https://www.weatherstats.ca>.

- accumulation de sels dans le sol;
- diminution de la vie du sol et ralentissement de la minéralisation des engrais organiques.

Il faut adopter de bonnes pratiques pour minimiser les risques pour l'environnement dus aux pertes de fertilisants par lessivage.

L'agronome devrait faire une estimation des besoins en eau de la plante en fonction de son stade physiologique et de la météo, en plus d'évaluer le fractionnement optimal des apports en eau. Une vérification du système devra aussi être recommandée, mais l'ampleur de la vérification du bon fonctionnement du système variera selon la situation.

Estimation des besoins en eau

Les agronomes disposent de façons simples d'estimer les besoins journaliers, notamment :

- en fonction du rayonnement solaire journalier, à l'aide d'un pyranomètre installé à la ferme ou d'une station météorologie équipée d'un tel équipement (comme par l'entremise du réseau Agrométéo Qc);
- en fonction de l'évapotranspiration, qui est mesurée et prédite par certains outils (dont les stations du réseau Agrométéo Québec).

Fractionnement des apports en eau

L'évaluation du fractionnement optimal des apports en eau doit se faire en fonction des caractéristiques du système cultural de chaque entreprise. Pour faire cela, il faut connaître :

- les caractéristiques physiques du sol en place (texture et structure, taux de matière organique);
- les caractéristiques de colonisation du sol par les racines de la culture en place (par exemple, la profondeur d'enracinement);
- les caractéristiques et la capacité du système d'irrigation en place.

Ces paramètres permettent à l'agronome d'évaluer s'il faut fractionner fortement ou non l'irrigation journalière (par exemple, un sol léger ou une colonisation faible).

Outils d'aide à la décision

Dans la mesure du possible, l'agronome devrait miser sur l'utilisation d'outils d'aide à la décision (tensiomètres, sonde TDR, pyranomètre, lysimètre, etc.) pour valider l'optimisation des apports en eau, les seuils de démarrage de l'irrigation et le fractionnement des apports en eau.

Qualité de l'eau

Comme nous le mentionnons au point [Analyse physico-chimique de l'eau d'irrigation](#), il est recommandé d'effectuer une analyse de l'eau d'irrigation au début de la production et au besoin par la suite (par exemple, aux deux à trois ans pour les entreprises qui s'approvisionnent en eau à partir de puits profonds ou de surface). Dans les autres cas, cette analyse est recommandée au début de la production et au besoin par la suite (par exemple, lorsque survient une

problématique). Ainsi, on pourra diagnostiquer, voire éviter des problématiques d'excès de salinité ou de colmatage des systèmes d'irrigation.

Vérification régulière des volumes d'apport en eau

Il est important de vérifier régulièrement les volumes journaliers d'eau irriguée.

5. Conclusion

Les cultures tuteurées en serre cultivées en plein sol ont connu un essor considérable au cours des dernières années. Or, la majorité des données sur la fertilisation proviennent de cultures hors sol et/ou pratiquées ailleurs qu'au Québec. Il serait important que, au cours des prochaines années, la recherche se penche sur certains aspects de la fertilisation et les impacts environnementaux de la fertilisation en plein sol sous abri. Les balises relatives à celle-ci devront être adaptées en fonction de l'évolution des connaissances sur la question.

Le présent document vise à établir la démarche agronomique pour répondre aux besoins des cultures et optimiser les rendements, tout en limitant les risques liés à l'apport des fertilisants sur le milieu. Enfin, il sert également à donner aux agronomes des directives leur permettant de respecter les exigences réglementaires en matière de fertilisation.

6. Références bibliographiques

CENTRE DE RÉFÉRENCE EN AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE DU QUÉBEC (CRAAQ). *Guide de référence en fertilisation*, 2^e édition, 2010, 473 p.

CHAGANTI, Vijayasatya, et Steve CULMAN. *Historical Perspective of Soil Balancing Theory and Identifying Knowledge Gaps: A Review*. cftm, 3. 10.2134/cftm2016.10.0072, 2017.

Comité ad hoc groupe mobilité phosphore. *Les sources, les formes et la gestion du phosphore en milieu agricole*. CRAAQ, 2008.

Comité de cultures en serres du Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). *Fiche technique en serre – Concombres*, 2020.
<https://www.craaq.qc.ca/Publications-du-CRAAQ/fiche-technique-en-serre-concombres-pdf/p/PCUA0109-01PDF>

Comité légumes du Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec du Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ). *Guide technique – Gestion raisonnée de l'irrigation*, 2018.
https://www.craaq.qc.ca/Publications-du-CRAAQ/guide-technique-gestion-raisonnee-de-l_irrigation-pdf/p/PLEG0102-PDF

COUTURE, I. *Analyse d'eau pour fin d'irrigation*, 2003.
https://www.agrireseau.net/petitsfruits/documents/61548/analyse-d_eau-pour-fin-d_irrigation

GIANQUITO, G., P. MUÑOZJ, A. PARDOSSI, S. RAMAZZOTTI et D. SAVVAS. *Soil fertility and plant nutrition. In: Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable crops. Principles for Mediterranean climate areas*. FAO Plant Production and Protection Paper 217, 2013.
<https://www.fao.org/3/i3284e/i3284e.pdf>

GIROUX, M., et R. ROYER. *Effets à long terme des applications de phosphore sur les rendements, l'évolution des teneurs, de la saturation et de la solubilité du P dans deux sols très riches*. Agrosolutions. 18 (1) : 17-24, 2007.

GUIMONT, S., C. VILLENEUVE, Y. Martin, J. LEBLANC, G. LEGAULT, A. LE MAT et P.-A. TAILLON. *Guide de production – Poivron et tomate biologiques sous abris*. CRAAQ, 2020. https://www.craaq.qc.ca/Publications-du-CRAAQ/guide-de-production-poivron-et-tomate-biologiques-sous-abris-pdf/p/PEABI004#tab_tab1

KOLLER, M., F. RAYNS, S. CUBISON, U. SCHMUTZ, G. J. MESSELINK et W. VOOGT. *Guidelines for experimental practice in organic greenhouse horticulture*. BioGreenhouse, 2016.
<https://doi.org/10.18174/373581>

LETARD, M., P. ERARD et B. JEANNEQUIN. *Maîtrise de l'irrigation fertilisante. Tomate sous serre et abris en sol et hors sol*. CTIFL, 1995, 220 p.

QUÉBEC. MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION (MAPAQ). *Grilles de référence en fertilisation*, 17 mars 2022.
<https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/Agroenvironnement/fertilisants/Pages/grilles-reference.aspx>

QUÉBEC. MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION (MAPAQ). (s. d. a) *Culture des fruits et légumes de serre*. Consulté le 12 janvier 2022.
<https://www.quebec.ca/agriculture-environnement-et-ressources-naturelles/agriculture/industrie-agricole-au-quebec/productions-agricoles/culture-fruits-legumes-serre-serriculture>

QUÉBEC. MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION (MAPAQ). (s. d. b) *Développement des entreprises serricoles : 2020-2024*. Consulté le 14 décembre 2022.
https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Formulaires/Programme_Soutien_Developpement_Serres.pdf

QUÉBEC. MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). *Guide pour remplir le formulaire du bilan de phosphore Règlement sur les exploitations agricoles : Loi sur la qualité de l'environnement (L.R.Q., c. Q -2, r. 26)*, 2018.
https://www.environnement.gouv.qc.ca/milieu_agri/agricole/phosphore/guide-form.pdf

QUÉBEC. MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). *Guide de référence du Règlement sur les exploitations agricoles (L.R.Q., c. Q -2, r. 26)*, 2021.
https://www.environnement.gouv.qc.ca/milieu_agri/agricole/guide-reference-REA.pdf

QUÉBEC. MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MELCC). *Règlement sur l'encadrement d'activités en fonction de leur impact sur l'environnement (Q-2, r. 17.1) : Guide de référence*, 2022.
<https://www.environnement.gouv.qc.ca/lqe/autorisations/reafie/guide-reference-reafie.pdf>

ORDRE DES AGRONOMES DU QUÉBEC (OAQ). *Ligne directrice pour le calcul des charges maximales de phosphore total pour les cultures non mentionnées à l'annexe I du Règlement sur les exploitations agricoles*, 2022.
https://oag.qc.ca/wp-content/uploads/2023/03/Calcul-charges-de-phosphore_final_2023-03-20.pdf

ORDRE DES AGRONOMES DU QUÉBEC (OAQ). *Ligne directrice sur les stratégies de fertilisation relatives à l'indice de saturation en phosphore des sols*, 2022.
https://oaq.qc.ca/wp-content/uploads/2023/03/Strategies_fertilisationP_final_2023-03-20.pdf

PERRON, B. *Impact de la nutrition azotée sur l'activité microbienne du milieu de culture et sur la qualité de la tomate et du concombre biologiques de serre* [Mémoire de maîtrise, Université Laval]. CorpusUL, 2018. <http://hdl.handle.net/20.500.11794/31390>

SONNEVELD, C., et W. VOOGT. *Plant Nutrition of Greenhouse Crops*. Dordrecht : Springer, 2009, 431 p.

THÉRIAULT, J. *La fertilisation biologique en serre en culture plein sol* [Conférence]. Colloque maraîcher en serre 2021, en webdiffusion, 2021.

VITRE, A. *La gestion du travail en serre de tomate*, 2002.
<https://www.agrireseau.net/documents/70071/la-gestion-du-travail-en-serre-de-tomate>

WEILL, A., et coll. *Guide de gestion globale de la ferme maraîchère biologique et diversifiée*. Module 3 – Sol. Chapitre 5. Les fertilisants autres que les fumiers et les composts, 2022. Wiki maraîcher. https://wikimaraicher.ca/wiki/Guide_04-05-01

Annexe 1

Valeurs de référence

Note : Le présent tableau fournit des données permettant d'estimer les prélèvements en éléments nutritifs de la plante. Ces données ne correspondent pas à ses besoins en fertilisants.

Tableau 1 : Quantité d'éléments nutritifs prélevés (g/m²) selon le rendement (kg/m²) (cultures en serres tuteurées en plein sol)

	Azote (g de N/kg de rendement)			Phosphore (g de P ₂ O ₅ /kg de rendement)			Potassium (g de K ₂ O/kg de rendement)			Magnésium (g de Mg/kg de rendement)		
	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max
Culture												
Aubergine	4,2	2,2	7,0	1,4	0,2	2,1	5,5	2,5	11,2	0,6	0,6	0,6
Concombre	1,7	1,2	3,6	0,9	0,0	3,2	2,9	1,6	4,8	0,3	0,2	0,5
Courgette	3,6	2,7	5,0	1,6	0,5	3,9	7,3	3,0	12,5	0,2	0,2	0,2
Haricot	5,3	1,3	19,0	2,5	1,6	8,0	5,3	3,6	10,0	0,6	0,6	0,6
Poivron	4,1	2,7	8,0	0,9	0,7	1,4	6,1	4,2	13,6	0,5	0,5	0,5
Tomate	2,9	1,3	7,4	0,9	0,5	2,1	5,4	2,3	13,2	0,5	0,4	0,5

Source : Le présent tableau est adapté de l'annexe B de Koller et coll. (2016), qui présente les résultats de différentes sources. Il fournit les moyennes, les minimums et les maximums des sources présentés par Koller et coll. relativement à différents légumes. Mentionnons que, dans le cas du phosphore et du potassium, les chiffres de Koller et coll. (2016) ont été convertis en grammes de P₂O₅ et en grammes de K₂O au lieu d'être exprimés en grammes de P et de K. Enfin, les valeurs de référence d'autres cultures sont présentées dans l'annexe B de Koller et coll. (2016).

Annexe 2

Description des types d'analyses de sol et d'eau

Le sol

La caractérisation des sols en serre repose sur une méthode d'échantillonnage (zone de la plate-bande) qui est valable pour trois types d'analyses. L'agronome doit décrire et justifier la méthode d'échantillonnage utilisée, notamment en se servant des historiques d'analyses des sols.

Analyse standard des sols

La culture des légumes tuteurés requiert une minéralisation intensive et équilibrée pour répondre à leurs besoins. Une analyse standard des sols permet d'établir la richesse du sol et de voir son évolution au fil des ans. Elle permet de moduler le plan de fertilisation. Il est recommandé d'effectuer une telle analyse tous les ans, à la même période de l'année.

Analyse SSE (Soil Saturated Extract ou extrait de sol saturé à l'eau)

L'analyse SSE permet d'évaluer l'équilibre minéral de la solution du sol en temps réel et de réajuster le plan de fertilisation au besoin en cours de saison. Dans les entreprises de grande envergure (plus de 5 000 m² qui cultivent durant plus de 10 mois), ces analyses sont mensuelles. Dans les petites entreprises menant des cultures durant 6 mois ou moins, une analyse SSE devrait se faire à la mi-temps de la production. Elle servira aussi à confirmer ou infirmer des déséquilibres observés relativement à la culture ou au comportement d'un sol au moment de sa mise en production.

- Paramètres physico-chimiques à analyser selon le jugement de l'agronome : nitrates (NO₃), ammonium (NH₄), phosphore (P), potassium (K), calcium (Ca), magnésium (Mg), sodium (Na), chlore (Cl), sulfate (SO₄), fer (Fe), manganèse (Mn), bore (B), cuivre (Cu), molybdène (Mo), zinc (Zn), pH et conductivité électrique (CE)

Conductivité électrique (CE)

La mesure de la CE permet d'effectuer un suivi régulier de la salinité du sol, qui est liée à la concentration en éléments minéraux dans la solution du sol, à un moment donné. On peut y recourir avant chaque apport en fertilisants pour mesurer les écarts entre la prévision des apports en minéraux et les prélèvements réels de la culture. Cette mesure pourra amener à retarder ou accélérer l'application de fertilisants, ou encore à effectuer certains ajustements dans la stratégie d'irrigation. Pour la procédure, on peut se référer à Sonneveld et Voogt (2009).

L'eau

Analyse physico-chimique de l'eau d'irrigation

La culture en serre n'est pas assujettie aux aléas climatiques comme la pluie et la fonte des neiges. Il est donc important d'éviter d'entrer dans le système de la serre tout élément comportant un risque accumulateur à long terme, comme le Na ou le SO₄). Ainsi, une eau utilisable en champ ne répond pas nécessairement aux critères de qualité requis en serre. De plus, cette eau peut contenir des éléments fertilisants qui auront des répercussions sur l'équilibre minéral du sol et dont le plan de fertilisation devra tenir compte.

Il est recommandé d'effectuer une analyse d'eau au début de la production et au besoin par la suite (par exemple aux deux ou trois ans) dans le cas des entreprises qui s'approvisionnent en eau à partir de puits artésiens. Dans les autres cas, cette analyse est recommandée au début de la production et au besoin par la suite (par exemple, en présence d'une problématique).

- Analyser les paramètres physico-chimiques nécessaires, selon le jugement de l'agronome (pH, CE, alcalinité, NO₃, NH₄, P, K, Ca, Mg, Na, Cl, SO₄, Fe, Mn, B, Cu, Mo, Zn, etc.)⁶

Voici une liste non exhaustive de références québécoises pouvant aider l'agronome à mieux connaître les paramètres physico-chimiques de l'eau d'irrigation et leur impact sur les cultures et l'équipement :

- Analyse d'eau pour fin d'irrigation (Couture, 2003);
- Gestion technique – Gestion raisonnée de l'irrigation (CRAAQ, 2018) : Chapitre 3 et Annexe 3B-Intervalles de valeurs acceptables pour différents paramètres de qualité de l'eau d'irrigation;
- Guide de production – Poivron et tomate biologiques sous abris (Guimont et coll. 2020), chapitre 8. Irrigation, paillis et couvre-sol.

⁶ Il est recommandé de faire réaliser les analyses d'eau par un laboratoire reconnu par le MELCCFP. On trouvera la liste de ces laboratoires au <https://www.ceaeg.gouv.qc.ca/documents/publications/listes.htm>.