

Le point sur la fertilisation en production biologique de la tomate de serre

Auteur :

Robert Robitaille, agr. M.Sc.

Conseiller régional en conservation des ressources, MAPAQ Abitibi-Témiscamingue

Conseiller local en horticulture, Bureau de renseignement agricole de La Sarre

357, 2^e rue est

La Sarre (Québec)

J9Z 2H8

Collaborateur:

Jean Duval, agr. M.Sc.

Chargé de cours en agriculture écologique au campus Macdonald de l'Université McGill

Conseiller au Projet pour une Agriculture Écologique

21111, Lakeshore

Sainte-Anne de Bellevue (Québec)

H9X 3V9

Introduction

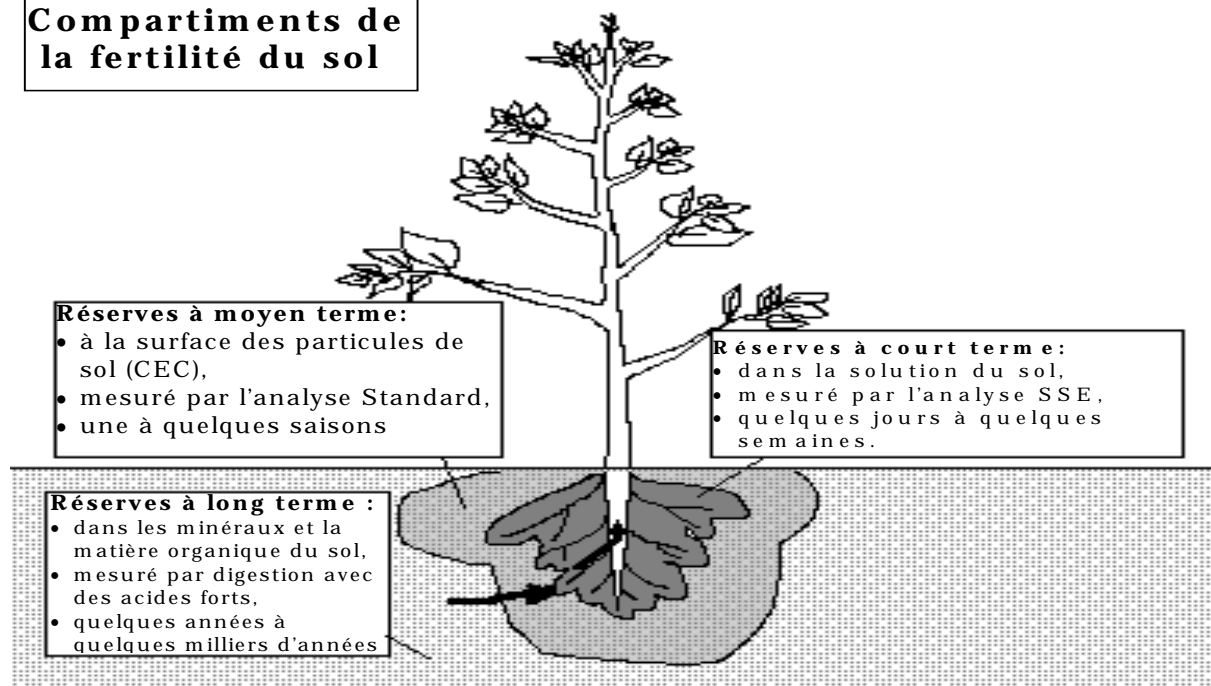
Je veux tout d'abord remercier les organisateurs de m'avoir invité à cette journée. C'est avec beaucoup de plaisir que j'ai accepté de partager avec vous des informations recueillies surtout chez les producteurs. Il y a un côté positif et un côté négatif à cet environnement de découverte. Le côté positif, c'est l'aspect pratique de l'expérience accumulée par le contact avec les producteurs. Le côté négatif, c'est que l'information acquise en situation de production n'est pas aussi claire et aussi fiable que celle résultant de l'expérimentation « scientifique ». Plusieurs facteurs jouent en même temps: fertilisation, ensoleillement, cultivars, historique de culture, etc.. Il est difficile de séparer leurs effets respectifs. C'est donc avec modestie que je dois vous présenter ces informations qu'il ne faut pas prendre comme des recommandations.

Après cette petite mise en garde, passons au sujet de cette conférence. Je veux d'abord vous entretenir des phénomènes généraux qui entourent la nutrition de la plante, des approches utilisées par les tenants de l'agriculture biologique et conventionnelle pour appréhender cette réalité et des conséquences qui en découlent. Nous essayerons par la suite de répondre à la question suivante : comment fertiliser en culture biologique en serre ? On terminera jetant un bref coup d'oeil sur les tendances hors-sol en culture biologique de la tomate.

La nutrition de la plante

Les plantes cultivées en serre tirent la plus grande partie de leur alimentation du sol. La fertilité du sol se divise en plusieurs compartiments qui diffèrent tant par la quantité d'éléments qui s'y retrouvent, par la forme sous laquelle ils s'y retrouvent et par la vitesse avec laquelle ces éléments sont fournis à la plante. Pour faciliter la compréhension, nous allons les regrouper en 3 compartiments : court terme, moyen terme et long terme.

Compartiments de la fertilité du sol



Les éléments fertilisants dissous dans l'eau du sol constituent le compartiment de la fertilité disponible à court terme. La plante se nourrit principalement par absorption des éléments contenus dans la solution du sol. Les éléments y sont très disponibles à la plante. L'analyse SSE (Extrait de Sol Saturé) donne une bonne idée du contenu de ce compartiment. Cette méthode d'analyse extrait les éléments du sol directement solubles dans l'eau. Ces réserves sont épuisées en quelques jours à quelques semaines, selon les éléments concernés.

Le compartiment du moyen terme regroupe des compartiments de natures différentes selon les éléments concernés. Par exemple, le potassium, le calcium et le magnésium, sont retenus sous forme d'ions avec des charges positives, sur la surface des particules de sol chargées négativement. L'ensemble de ces sites constitue la capacité d'échange cationique (C.E.C.). Le phosphore se présente habituellement sous forme d'ion chargé négativement. Il est attiré et retenu par les sites du sol chargés positivement. Le compartiment du moyen terme contient normalement des réserves pour une à quelques saisons de culture. L'analyse de sol selon la méthode standard qui extrait les éléments nutritifs à l'aide d'une solution légèrement saline, nous donne une bonne idée des réserves de ce compartiment.

Le compartiment du long terme est constitué de l'humus du sol pour l'azote, le phosphore, le calcium, le magnésium et le soufre ainsi que dans les particules de sol elles-mêmes pour la plupart des éléments. Ils y sont sous des formes non directement disponibles pour la plante, mais les réserves peuvent couvrir quelques saisons de cultures jusqu'à plusieurs centaines

d'années et même quelques milliers d'années. Pour connaître le contenu de ce compartiment, il faut digérer et analyser le contenu total du sol en éléments par traitement avec des acides forts. On peut même subdiviser ce compartiment en plusieurs sous-compartiments selon la vitesse avec laquelle ils libèrent leur contenu. Ces analyses sont cependant surtout utilisées en recherche. Très peu de laboratoires commerciaux les offrent.

La recherche d'équilibre dans le sol, fait en sorte que lorsque la solution du sol se vide par le prélèvement des racines ou par lessivage, les autres compartiments vont tenter de combler le vide rapidement. Lorsque l'on ajoute des éléments fertilisants dans la solution du sol, une partie est transférée vers les autres compartiments. Les éléments sont donc en mouvement constant d'un compartiment à l'autre. L'analyse de sol nous indique le contenu d'un compartiment à un moment donné. C'est le résultat de la différence entre ce qui en sort et ce qui entre. C'est un peu comme le solde dans un compte de banque à un moment précis de l'année. On sait tous comment un solde bancaire peut varier dans l'année.

Ce mouvement d'éléments, d'un compartiment à l'autre et jusque dans la plante, ne dépend pas que de la richesse du sol mais aussi de la facilité des racines à pénétrer dans le sol pour en explorer tous les recoins. Le sol doit donc être poreux, d'où l'importance d'une bonne nutrition du sol en matière organique. Cette nutrition du sol avec des matières organiques est aussi très importante pour favoriser l'activité des micro-organismes. Ils sont les principaux artisans du transfert des réserves à long terme vers la solution du sol. C'est d'autant plus important en agriculture biologique car les éléments fertilisants sont souvent sous des formes non directement assimilables par la plante. Ils sont aussi impliqués dans l'absorption des éléments par la plante et la protection des racines contre les maladies.

Ce sont là les grandes lignes de la fertilité du sol. Il y a vingt ans, quand j'ai commencé à m'intéresser à l'agriculture biologique, deux philosophies de la fertilisation s'opposaient. D'un côté, l'agriculture conventionnelle qui ne considérait que les réserves de certains éléments et leur contenu dans la plante pour ajuster la fertilisation. De plus, on parlait peu de l'importance de nourrir le sol par des apports de matière organique afin de favoriser une bonne structure du sol et une activité biologique intense. Cet oubli a entraîné des problèmes de dégradation de sol, de pollution et des coûts pour la société.

De l'autre, l'agriculture biologique préconisait fortement la nutrition du compartiment de long terme du sol par des apports de compost et autres matières organiques. On recherchait un sol bien nourri en matière organique, donc vivant, avec un bon équilibre de la CEC et des plants d'allure saine. Les analyses de sol et de feuillage étaient remises en question. Mon expérience de la production en serre montre que cette approche ne suffit pas. On y cultive des plantes exigeantes en fertilisants. Ces besoins ne sont pas toujours dans les mêmes proportions que dans les composts que l'on a sous la main.

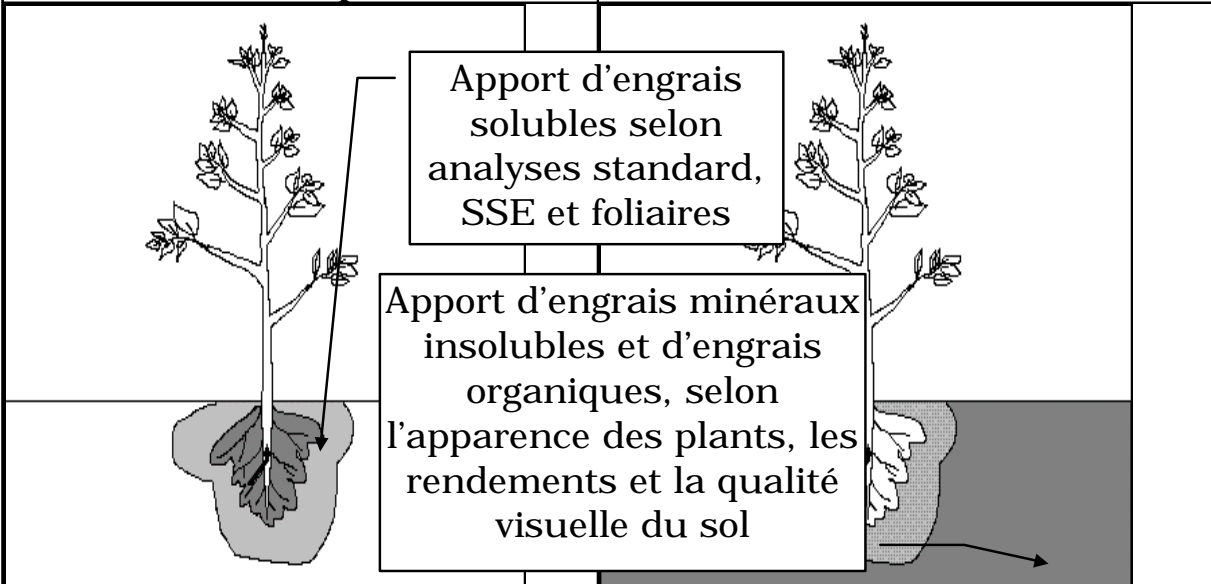
Approche conventionnelle : « Nourrir la plante »	Approche biologique: « Nourrir le sol »
 <p data-bbox="598 808 970 996">Apport d'engrais solubles selon analyses standard, SSE et foliaires</p> <p data-bbox="571 1032 1054 1317">Apport d'engrais minéraux insolubles et d'engrais organiques, selon l'apparence des plants, les rendements et la qualité visuelle du sol</p>	
<ul style="list-style-type: none"> + Bonne connaissance des besoins nutritionnels, rendements élevés. - Dégradation des sols, pollution, santé moindre des cultures, coût pour la société. 	<ul style="list-style-type: none"> + Sols avec une activité biologique intense, riches en matière organique. - Déséquilibres nutritionnels, pollution

Tableau 1 : Bilan des importations et des exportations des éléments majeurs pour une culture de printemps de la tomate de serre biologique chez 8 producteurs.

Élément	Apport	Prélèvement estimé
	kg/100 m ²	
Azote (N)	12.35 (1.89 à 22.07)	1.7¹ à 3.6²
Phosphore (P)	6.11 (0.31 à 15.45)	0.72¹ à 0.74²
Potassium (K)	6.08 (0.08 à 12.26)	3.02¹ à 6.88²
Calcium (Ca)	15.07 (1.12 à 55.79)	1.11¹ à 1.85²
Magnésium (Mg)	2.43 (0.05 à 5.60)	0.34¹ à 0.40²

¹ Exportations évaluées dans le cadre des travaux de maîtrise de l'auteur.

² Source : Adams P. 1984, Minéral nutrition.

Le tableau 1 illustre la nécessité de tenir compte des besoins nutritifs de la plante. Il présente un bilan moyen des importations et des exportations d'éléments pour une culture biologique de tomate de printemps, chez 8 entreprises serricoles. Les apports (provenant à plus de 70 % des composts) comblaient plusieurs fois les prélèvements, sauf pour le potassium. La tomate est très gourmande en cet élément (300 à 700 kg / ha pour une culture). Une année de ce traitement n'entraîne pas de conséquences graves, mais à la longue, le sol devient déséquilibré. Il est difficile de corriger de tels déséquilibres accumulés. Il est difficile d'enlever les éléments en trop dans le sol. De plus, les éléments excédentaires nuisent à l'absorption du potassium qui est un facteur essentiel de qualité des fruits.

Comment fertiliser en culture biologique en serre ?

Il faut d'après moi combiner les deux approches : bien nourrir le sol tout en tenant compte des besoins de la culture. Pour y arriver, on doit bien connaître la fertilité du sol, l'équilibre nutritionnel de la plante, la valeur des fertilisants que l'on utilise et comment les doser. Il y a donc là plusieurs autres questions auxquelles nous allons tenter de répondre.

Les analyses de sol et les analyses foliaires sont-elles utiles en agriculture biologique ?

L'agriculture s'est doté d'outils pour diagnostiquer l'état nutritionnel des cultures : les analyses de sol et de feuillage. Cependant, pour qu'une analyse soit utile, encore faut-il savoir l'interpréter. Il nous faut des balises pour cerner ce qui est acceptable pour une culture productive. Des grilles d'interprétation ont donc été développées en observant le comportement des cultures dans diverses situations de fertilité du sol et de rapport des éléments nutritifs dans la plante. La question que l'on se pose souvent en agriculture biologique c'est : est-ce que ces grilles sont adaptées ? Oui, au moins en partie.

D'après mon expérience, les normes d'interprétation des analyses foliaires utilisées en culture conventionnelle sont aussi bonnes en culture biologique. Un mauvais équilibre nutritionnel des plantes en culture biologique, est tout aussi limitatif qu'en agriculture conventionnelle. D'après l'expérience de Gilles Breton, conseiller en horticulture pour le MAPAQ en Estrie et d'après mes observations faites chez des producteurs bio, il y a des différences dans certains cas entre les normes SSE en hydroponie et les normes SSE en culture biologique (tableau 2).

En serriculture biologique, on dépasse très souvent et très largement les maximum visés pour les analyses standard en culture conventionnelle. Donc en « bio », le sol ne manque pas de réserves à moyen terme et les analyses standard sont relativement peu utiles lorsqu'exprimées en kg/ha, sauf dans un sol destiné à la culture biologique en serre et qui n'a jamais reçu d'apports massifs de composts. Cependant, les analyses standards fournissent une information utile en agriculture biologique, lorsque l'on exprime les résultats de cette analyse en % de la saturation en K, Ca et Mg de la CEC. Même si les sols en culture biologique sont très riches, il peuvent être déséquilibrés en certains éléments. Il y a une zone de saturation à respecter pour chaque élément afin d'éviter les problèmes de carence ou d'excès (tableau 3).

Tableau 2 : Grille d'interprétation des analyses SSE pour la culture biologique en serre.

Paramètre	Unités	Niveau de fertilité recommandée	
		Gilles Breton	Robert Robitaille
pH		5.5-6.8	
C.E.	MMHOS	3.0-4.5	2.5-4.5
N-NO3	PPM	140-320	140-340
Ca	PPM	220-330	200-700
Mg	PPM	120-180	120 et plus
P	PPM	4-15	4-18
K	PPM	280-420	300-600
B	PPM	0.05-0.5	
Cu	PPM	0.001-0.5	0.1-0.5
Fe	PPM	0.3-3	
Mn	PPM	0.05-3	
Zn	PPM	0.3 -3	

Tableau 3 : Saturation en bases de la capacité d'échange cationique recherchée.

Élément nutritif	Saturation recherchée (% de la CEC)	Problème rencontré en cas de déséquilibre ¹ de
		la CEC, en culture de la tomate
Calcium (Ca)	60 à 75	Pourriture apicale des fruits
Magnésium (Mg)	10 à 15	Feuilles du bas qui jaunissent et nécrosent (porte d'entrée pour les maladies)
Potassium (K)	2 à 6	Problèmes de murissement et mauvaise qualité des fruits (couleurs inégales, fruits mous, creux, coeur dur, goût fade)

¹ Soit une saturation insuffisante de l'élément ou une saturation excessive de l'un des deux autres éléments.

À quelle fréquence utiliser les analyses de sol et de feuilles ?

On devrait faire une analyse selon la méthode standard quelques mois avant le début de la saison de culture pour vérifier l'équilibre des réserves et faire les corrections au besoin, avant d'implanter la culture. Cela permet de mélanger les fertilisants et amendements au sol, là où les racines vont se développer. C'est primordial pour plusieurs éléments qui se déplacent lentement dans le sol (le phosphore, le calcium, le magnésium) et pour permettre de corriger le pH à temps, si besoin il y a.

On devrait idéalement faire une série d'analyses SSE et foliaire à toutes les 2 semaines. Les grappes de fruits apparaissent approximativement à cette fréquence et leur développement est influencé par ce qui se passe au jour le jour dans la solution du sol. L'idéal vous semble peut-être difficilement atteignable, mais pensez qu'une analyse coûte environ 20 \$ et qu'une grappe de fruit peut rapporter pour une serre de 200 m² environ 600 à 1200 \$. Il est donc difficilement justifiable de s'en passer. On devrait faire au moins quelques analyses SSE et foliaires en cours d'année, pour comprendre et prévoir les problèmes de carence. On peut compenser par l'achat d'un conductivimètre pour évaluer régulièrement la variation de la conductivité électrique dans l'extrait de sol saturé (conductivité SSE). Cette donnée intègre tous les sels en solution dans l'eau. Les rendements sont fortement influencés par la conductivité.

Comment doser la fertilisation ?

Une fois que l'on connaît la fertilité du sol, par l'observation et par les analyses, en les comparant avec des normes fiables, on doit trouver combien il faut apporter d'engrais ou d'amendement. Pour déterminer les doses des différents produits je recommande d'abord de régler les problèmes importants de déséquilibre de la CEC en K, Ca et Mg, soit par des apports pour atteindre le seuil minimal de saturation recherché, soit par un lessivage pour éliminer un excédent de sel accumulé pendant la saison précédente.

Une fois les interventions de rééquilibrage de la CEC effectuées, il faut évaluer les quantités d'engrais à apporter pour combler les besoins des cultures. Pour me donner une base de départ, j'ai d'abord utilisé les apports moyens recommandés dans les grilles de fertilisation d'Agriculture et Agro-alimentaire Canada et du CPVQ pour la tomate de serre en sol. Sur ces grilles sont indiquées les quantités de N, P, K, Ca et Mg à mettre chaque semaine pour

remplacer ce qui sera prélevé par la plante en cours de saison. Ceci m'a permis de construire une grille de départ en utilisant les engrais approuvés en agriculture biologique. Par la suite j'ai ajusté les recommandations en observant régulièrement les analyses SSE et foliaires. Cet exercice répété à quelques reprises m'a permis d'observer que les sols en culture biologique qui ont reçu beaucoup de compost dans le passé nécessitent des apports moindres en azote. (tableau 4). Beaucoup d'azote est contenue dans le compartiment du long terme et les températures chaudes de l'été favorisent sa transformation en azote soluble par les microorganismes. Ceci est encore plus marqué en culture sur compost. Par contre les apports en potassium s'approchent davantage des recommandations de la culture conventionnelle, parce que les recommandations visent à la fois à couvrir les exportations et à rééquilibrer les réserves à moyen terme. Lorsqu'on utilise un compost comme milieu de culture plus d'une année sans ajout de potassium on voit les réserves de cet élément diminuer rapidement.

Il faut relativement peu d'ajouts de phosphore en culture sur compost, mais en pleine terre, le phosphore est parfois peu présent dans la solution du sol, bien qu'abondant dans les réserves à moyen terme. Ceci est probablement attribuable à une grande capacité de fixation du phosphore par le sol minéral ce qui n'est pas le cas des cultures en milieu organique. À ce jour, les produits que j'ai recommandé à cette fin (poudre d'os, phosphate naturel et biosuper) ont été inefficaces à combler les carences en phosphore, malgré des apports recommandés jusqu'à 30 à 50 kg par 100 m² (3 à 5 tonnes à l'hectare).

Tableau 4: Apports d'éléments majeurs assimilables nécessaire en culture de la tomate de serre pour une production de mars à octobre (22-23 semaines de récolte)

	Azote (N)	Phosphore (P ₂ O ₅) kg/100 m ²	Potassium (K ₂ O)
Recommandé en culture conventionnelle	11	6	19
Appliqué en culture biologique en sol	2 à 3.5	?	10 à 15
Prélèvement approximatif de la culture	2.72	1.15	4.83
Appliqué en culture sur compost	1 à 2.5	0	3 à 9
Prélèvement approximatif de la culture	3.69	1.56	6.55

Les apports spécifiques de calcium et le magnésium sont rarement nécessaires en pleine terre. Avec les années, la décomposition des matières organiques des composts libère du calcium et du magnésium, qui s'accumulent dans le compartiment du moyen terme. De plus leur

assimilation par la plante est peu influencée par le contenu de la solution du sol, en autant qu'il n'y a pas de déséquilibre majeur de la CEC. C'est surtout la santé de la plante qui influence leur absorption. Une plante stressée par des racines malades, trop de salinité, trop de fruits aura tendance à accumuler ces éléments en excès dans le feuillage. Quand j'observe ce phénomène j'ai tendance à l'interpréter comme du vieillissement. Dans le cas des carences en oligo-éléments détectées sur le feuillage ou les fruits, je conseille des chélats selon les doses recommandées par les fabricants.

En « bio », on devrait faire des apports le plus régulièrement possible pour éviter de voir l'effet sur la croissance des plants. Un plant qui a des poussées et des arrêts de croissance a aussi une production fluctuante qui rend plus difficile la planification de l'offre des produits. Pendant les périodes de creux de croissance, le plant subit des préjudices qui ont un effet à long terme sur les rendements potentiels.

Valeur fertilisante de quelques engrais utilisés en agriculture biologique

Le compost

La base de la fertilisation en agriculture biologique demeure le compost. Il contient une diversité d'éléments utiles à la plante et aux microorganismes du sol. Les composts sont cependant de composition très variable selon les matériaux de base et les méthodes utilisées. Il est important de rechercher un compost dont la composition respecte le plus possible les besoins de la tomate. Par exemple, les fumiers et composts qui ont été protégés des intempéries peuvent contenir 2 à 4 fois plus de potassium que ceux qui y ont été exposés pour de longues périodes. En début de culture, une forte application de compost fait sous bâche peut entraîner un excès de potassium et de la pourriture apicale, alors qu'en période de récolte, les besoins en potassium sont très élevés et nécessitent des apports importants en cet élément. Les composts de champignonnière contiennent beaucoup de gypse. Il sont donc très riches en calcium, la culture sur ces composts entraîne souvent une carence en magnésium.

La maturité du compost a un gros impact sur la vigueur des plants. Elle dépend d'un ensemble de facteurs, comme l'humidité et l'aération, le nombre de brassages, ainsi que l'âge du compost. Par exemple, un producteur a comparé les qualités de 3 composts de composition et d'âge différents utilisés comme milieux de culture. La qualité des composts a eu un effet

dominant, même si des apports complémentaires ont été fait pour équilibrer la fertilisation (tableau 5).

Tableau 5 : Rendement obtenus en culture de tomate hors-sol avec divers composts

Milieu de culture	Rendements en tomate par semaine	
	1995 (22 sem)	1996 (23 sem)
	kg/m²	
Compost de l'entreprise âgé de 3 ans, brassé 1 fois/an (apparence de terreau)	1.02	0.87
Compost de champignonnière agé de 1 ans (très fibreux)	0.71	0.66
Terreau contenant 1/3 de compost agé de 4 mois ayant peu chauffé (pâteux et malodorant)	0.68	0.74

La disponibilité des éléments dans les composts varie beaucoup mais on peut considérer pour la première année environ 5 à 25 % de l'azote, 60 % du phosphore et 80 à 100 % du potassium. Le compost nourri autant le sol que la plante. Pour les composts qui ne sont pas mûrs, il faut considérer une fourniture d'azote à peu près nulle. Les sols amendés depuis plusieurs années avec des doses importantes de compost peuvent accumuler beaucoup de matière organique et des réserves importantes d'éléments fertilisants. Dans ces conditions, il serait préférable de diminuer les doses de compost ou de se tourner vers d'autres formes de fertilisants. Certains producteurs se tournent maintenant vers les apports de lisiers à l'automne suivis d'engrais vert. Je vous glisse cette idée comme une possibilité à explorer. Ces 2 amendements organiques ont pour effet d'activer la flore microbienne du sol et de favoriser les transformations des réserves de minéraux.

Les engrais composés bio

Ce sont de bons produits, mais attention à leur coût. De plus, ils apportent peu de matière organique et leur contenu en calcium est souvent aussi élevé et même plus élevé en calcium qu'en azote, phosphore et potassium, ce qui ne convient pas à l'équilibre des besoins de la tomate.

Fertilisants liquides

Les purins de plantes et les extraits d'algues ont des effets réels sur les cultures mais ils sont surtout des apports d'hormones végétales, plus que des fertilisants. Parmi les effets sur diverses cultures cités par des producteurs ou dans la littérature on note: une meilleure résistance aux stress hydriques, aux insectes et aux maladies, un retard du vieillissement, une augmentation du nombre de fleurs, de fruits et du rendement, une amélioration des qualités gustatives. Leur contribution aux apports fertilisants sont minimes, même lorsqu'on en applique souvent. L'émulsion de poisson est efficace pour apporter de l'azote rapidement en cas de manque de vigueur des plants. La principale limitation à l'utilisation des extraits d'algues et des émulsions de poisson est leur coût élevé.

Les farines

J'inclus dans ce groupe différentes sources concentrées d'azote. L'azote y est souvent de disponibilité comparable à celle des engrais minéraux (tableau 6). Ils libèrent l'azote de façon un peu plus graduelle et ils sont moins sujets au lessivage. Ils contiennent parfois des éléments peu absorbés par la plante. La farine de plume est riche en soufre qui s'accumule dans le sol parce que la tomate en utilise peu. Il faut donc varier les produits utilisés. Il faut aussi faire attention aux doses trop fortes et au contact direct avec les plants qui provoque une accumulation de NH_4 (azote ammoniacal) toxique pour les plants.

Tableau 6 : Taux de minéralisation de différents produits riches en azote

Produit	Nombre de références	Taux de minéralisation de l'azote (%)	
		Écarts	Moyenne
Urée ¹	3	88 à 135	107.6
Sulfate d'ammoniac ¹	5	92 à 100	93.4
Guano	6	95 à 99	84
Farine de poisson	2	62 et 103	82.5
Farine de plume	2	71 et 81	76
Farine de viande et os	2	66 et 81	73.5
Farine de sang	10	50 à 88	68
Farine de crabe	1	65	65
Farine d'os	4	43 à 65	55.25
Farine d'os non traitée à la vapeur	2	6 à 10	8

¹ Produits non autorisés en agriculture biologique, présentés ici pour fin de comparaison.

Les sources de phosphore

En dehors des fumiers et composts, la fertilisation phosphatée est un peu problématique parce que les sources de phosphore disponibles dans le commerce sont trop riches en calcium et ils n'agissent pas rapidement. Par exemple la poudre d'os et le phosphate naturel contiennent des formes de phosphore solubles en milieu acide ($\text{pH} < 6$), alors que les sols de serre en culture biologique ont un pH souvent près de la neutralité. Des essais en sol de culture biologique ont montré que des doses très importantes de phosphate naturel n'ont pas changé de façon significative le niveau de P SSE sur 2 saisons de culture. Il n'y a pas eu d'effet non plus sur la plante. Il serait préférable d'ajouter ces produits lors de la préparation du compost. Le contact avec le compost de même que leur application avant un engrais vert de légumineuses va les rendre plus assimilables.

Les sources de K, Ca et Mg

Pour combler des carences en potassium, on peut utiliser du sulpomag, du sulfate de potassium, ou de la cendre (potassium disponible à 75 %), lorsque les besoins en magnésium sont déjà comblés. Si le pH du sol est adéquat, on peut utiliser de l'extrait de cendre à l'eau où l'on récupère 75 % du potassium de la cendre mais 5 % de son effet sur le pH. Tous ces produits contiennent cependant du soufre. De plus la préparation de l'extrait de cendre demande du travail. Un baril d'extrait de cendre de 200 litres (1 volume de cendre pour 4 parties d'eau) équivaut à 0.5 à 1 kg de sulfate de potassium. La cendre peut aussi apporter du calcium comme la chaux hydratée. Par contre si le pH est déjà adéquat, le gypse peut régler des problèmes de carence rapidement. Le gypse contient également beaucoup de soufre. Il en est de même pour les principales sources de magnésium, comme le sel d'epsom et le sulpomag. Certaines poudres de roches sont vendues dans le commerce : basalte, mica, etc. D'après le peu d'expérience que j'ai eu avec ces produits, ils ont peu d'effet à court terme et sont surtout utiles pour créer une réserve d'éléments disponible sur une longue période.

Les tendances hors-sol

Une bonne régie de fertilisation règle une partie des problèmes de croissance, de carence et de rendements. Ce n'est toutefois pas un remède miracle. Un développement anormal des plants est souvent explicable par d'autres facteurs: manque de contrôle sur le nombre de fruits par grappe, mauvaises conditions de température au niveau des racines, irrigation inadéquate. De plus, très souvent, après quelques années de production en absence de rotation, on observe le

développement d'une maladie redoutable : la racine liégeuse. On la remarque d'abord par un flétrissement plus fréquent des plants après les périodes nuageuses, par des plants plus faciles à arracher à l'automne, un système racinaire brun dont l'écorce s'enlève facilement par anneaux circulaires et finalement par des rendements qui peuvent être 2 à 4 fois plus faibles.

Dans ces conditions, la meilleure fertilisation du monde ne règlera pas le problème. Différentes solutions ont été utilisées dans le passé pour palier à l'absence de rotations des cultures: ajout d'argile à haute CEC avec du calcium et des humus de qualité, stérilisation à la vapeur, utilisation de cultivars résistants à la maladie, culture sur porte-greffe résistants, culture sur compost, sur terreau et même hydroponie certifiée biologique. Voici les résultats sur 2 ans d'un essai de producteur qui a comparé quelques unes de ces techniques. C'est la culture sur compost qui a donné les meilleurs résultats économiques et c'est la seule technique qui a permis d'atteindre un seuil de rentabilité (tableau 7).

Tableau 7: Comparaison des résultats économiques cumulés sur 2 ans de diverses solutions pour combattre la racine liégeuse.

Item	Cultivars résistants	Culture sur greffe	Culture sur compost du producteur		Compost de champignonnière	Terreau à base de compost et algues
			1 an	2 ans		
Utilisation			1 an	2 ans	2 ans	2 ans
Revenu brut supplémentaire par rapport à la méthode habituelle du producteur (\$/ m ²)						
	29.97	45.64	82.42	87.66	54.40	57.74
Coûts supplémentaires par rapport à la méthode habituelle du producteur (\$/m ²)						
Greffe		3.77				
Terreau ¹			2.94	1.47	3.03	7.88
Bacs			3.02	3.02	3.02	3.02
Vidange des bacs			1.56	0.78	0.78	0.78
Fertilisants	2.70	0.71	-1.17	-1.32	-1.22	0.14
Marge brute supplémentaire par rapport à la méthode habituelle du producteur (\$/m ²)						
	27.27	41.30	76.07	83.71	48.79	45.93

¹ Inclue les coûts de remplissage des bacs.

Conclusion

Pour de bons résultats en culture biologique en serre, il faut nourrir le sol et la plante. Le compost demeure l'ingrédient de base pour atteindre ces objectifs. Cependant il faut éviter de surdoser le compost et compléter la fertilisation par d'autres apports, surtout en ce qui concerne le potassium et l'azote. Pour bien gérer cette fertilisation, les analyses de sol et de feuillage demeurent de bons outils, lorsque l'on sait les interpréter. Mais pour obtenir de bons résultats en culture en serre, la fertilisation seule ne suffit pas. Il faut tenir compte d'un ensemble de facteurs pour arriver à produire des aliments de qualité dans un environnement sain et réussir à en vivre.