Denis Lévesque, technologue

« La culture du soya prend de plus en plus d'expansion au Québec pour plusieurs raisons : culture de rotation, coûts des intrants plus faibles, adaptation au semis direct, rentabilité plus élevée, etc. Cependant, le soya est une culture exigeante, imprévisible, complexe et plus ou moins comprise. » *Denis Lévesque*

FERTILISER LE SOYA ? ABSOLUMENT !

Afin d'atteindre, dans bien des cas, et/ou d'accroître la rentabilité de la culture du soya, de multiples essais en fertilisation ont lieu ici au Québec. Les résultats s'annoncent positifs.

Photo : Léonard Pigeon

Les rendements de soya au Québec, inférieurs à ceux obtenus à la fin des années '80, stagnent depuis plusieurs années et ce malgré une nette amélioration du potentiel génétique des variétés offertes. La température n'est pas toujours au rendez-vous mais ce n'est pas la raison de cette situation préoccupante car même si les coûts des intrants pour le soya sont inférieurs à ceux du maïs, le coût total de production du soya augmente année après année et de façon importante. Seule une augmentation de rendement permettra de desserrer l'étau coûts/revenus qui étouffe les producteurs du Québec. Nos rendements nettement insuffisants année après année sont un indice que nous devons revoir notre modèle de culture du soya. →

Le soya étant de plus en plus présent (trop !) dans la rotation, il y a de plus en plus de semis de soya dans des champs qui ne sont pas aptes à l'obtention de bons rendements. Au début, dans les années '80 et '90, on n'ensemençait pas de soya dans des champs où le maïs ne produisait pas de bons rendements. La grande place que prend de plus en plus le soya dans la rotation oblige de l'ensemencer dans des champs à faible potentiel pour cette culture. C'est l'une des raisons de notre difficulté à obtenir régulièrement de bons rendements de soya. Selon la Financière du Québec, le rendement moyen de soya pour la région la plus propice au soya, soit la Montérégie, est de 2,8 tm/ha (1,1 tm/acre) alors qu'il est de 2,6 tm/ha (1 tm/acre) pour la moyenne provinciale.

Le soya est une excellente culture de rotation si on respecte scrupuleusement une bonne gestion avec une vision à long terme. Lorsqu'il devient presque aussi important que le maïs et les céréales dans la rotation, lorsqu'on s'imagine que le soya, qui est en mesure de combler une partie importante de ses besoins en azote grâce à ses nodules, peut donner un bon rendement sans une fertilisation adéquate des autres éléments, lorsqu'on pense qu'un semis direct (ou même conventionnel) dans un sol mal chaulé, mal égoutté et compacté permet une bonne croissance du soya, lorsqu'on connaît la difficulté d'obtenir des rendements relativement constants d'une année à l'autre, rendant la rentabilité aléatoire malgré un prix du marché intéressant, on doit douter de la capacité d'obtenir des résultats économiques optimums à court et à long terme.

Le soya est une culture imprévisible : alors qu'on s'attend à des rendements supérieurs, la déception à la récolte est souvent de mise. L'inverse est également vrai : combien de fois la prévision d'un faible rendement a été dépassée et ce, avec un écart important, sans que l'on comprenne pourquoi. Autant le soya peut s'adapter à de mauvaises conditions, autant souvent il ne répond pas lorsque toutes les conditions semblent être à leur meilleur.

Un bon programme de fertilisation peut augmenter et maintenir la fertilité des sols, et il importe de nourrir les plants de soya. Cependant, pour profiter de la fertilité et de la fertilisation, les autres facteurs nécessaires au bon développement du soya doivent être optimums. Nous tentons dans le présent article de comprendre un peu mieux cette culture à très gros potentiel, en autant qu'on la connaisse et la traite bien.

UNE CULTURE EXIGEANTE

À plusieurs points de vue, le soya est une culture exigeante. Les prélèvements, c'est-à-dire les besoins totaux d'éléments nutritifs nécessaires au bon métabolisme des plants pour obtenir rendement et qualité, sont élevés (figure **1**). Les exportations, soit les quantités d'éléments sorties du champ avec la récolte des grains, sont plus élevées, à rendements comparables, que celles du maïs-grain, particulièrement pour le potassium.

Le soya par lui-même favorise la minéralisation (ou la destruction) de la matière organique par des apports élevés en azote et faibles en carbone. Ce faible ratio C/N peut cependant constituer un énorme avantage si le soya suit une culture apportant beaucoup de matière organique riche en carbone, comme les plants de maïs et la paille des céréales, si bien entendu cette dernière reste au champ. La décomposition et l'humification de ces résidus carbonés sera accélérée et l'humus ainsi produit sera plus stable avec un rendement humus/matière fraîche plus élevé, donc

Il importe de favoriser un bon programme de fertilisation afin d'augmenter et de maintenir la fertilité des sols en vue de nourrir adéquatement les plants de soya.

une amélioration du bilan humique. Une rotation comportant plus de 2 ans sur 5 de soya ou autres légumineuses (pois, haricots), en plus de favoriser l'apparition de maladies dommageables, sera la cause de diminution de la matière organique qui, en sols légers, limitera la capacité de rétention en eau si nécessaire au soya et augmentera la densité du sol et la compaction en sols lourds, diminuant la capacité de ressorage de l'eau en limitant ainsi le développement et l'activité des racines et des nodules.

UN BON SYSTÈME DE RACINES, LA CLÉ NÉCESSAIRE POUR DE BONS RENDEMENTS

Pour profiter de la fertilité du sol et de la fertilisation, les plants doivent pouvoir intercepter les éléments nutritifs pour les absorber. Plus un plant aura de racines efficaces, plus il absorbera d'eau et de sels minéraux qui seront transformés en sève élaborée permettant son développement, la formation de fleurs, de grains et le remplissage de ces derniers. Plus la masse de racines de soya est élevée, plus le rendement en grains est important (figure **2**).

Or, le soya comme la plupart des espèces à feuilles larges possède un système de racines moins développé que les graminées, limitant sa capacité à prélever les éléments nutritifs de la solution du sol (figures **3** et **4**). Ceci explique en partie pourquoi le soya est reconnu pour ne pas répondre à la fertilisation. Les recherches qui ont démontré une réponse positive du soya à la fertilisation normalement apportée à la volée avant le semis utilisaient des quantités élevées de fertilisants, rendant l'opération économiquement inacceptable, la valeur du soya ne le justifiant pas. On retrouve la même situation pour la plupart des cultures à feuilles larges, entre autres pour la majorité des légumes, sauf que la valeur de ces cultures justifie économiquement les doses élevées de fertilisants. Par contre, afin de diminuer l'impact sur l'environnement et les coûts de production, des techniques et des équipements permettant l'application en bandes et le fractionnement de la fertilisation ont été développés avec le temps et ainsi apportent les bonnes quantités de fertilisants aux bons moments et à la bonne place. →

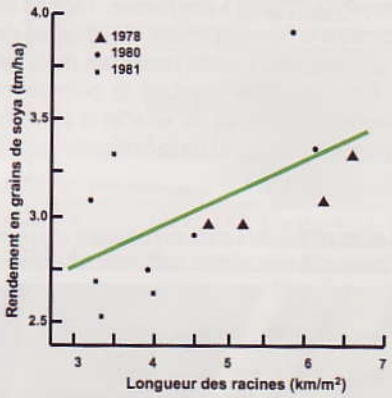
Figure 1

Les besoins du soya
(3.7 t/ha - 1.5 tm/acre)

	kg/ha		
	N	P_2O_5	K_2O
Prélèvements	270	75	140
Exportations	230	55	85
Fertilisation	30	20	20
Réserves du sol	115	65	125
Nodules	135	0	0

Figure 2

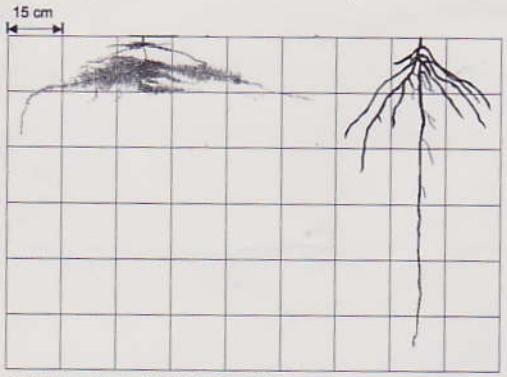
Corrélation entre le rendement de soya et le volume de racines



Adapté de Havlin, Beaton, Tisdale et Nelson, 1999

Figure 3

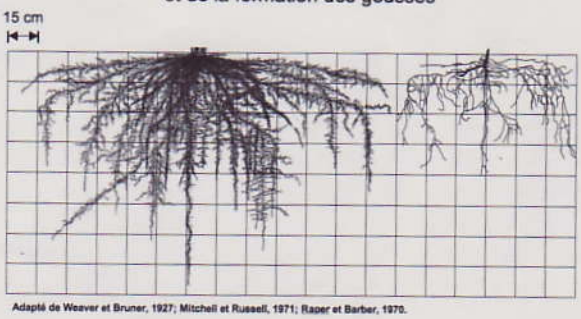
Développement des racines de maïs (gauche) et de soya (droite) au début de la croissance végétative intense



Adapté de Weaver et Bruner, 1927; Mitchell et Russell, 1971.

Figure 4

Développement des racines de maïs (gauche) et de soya (droite), de la floraison au début du développement des épis et de la formation des gousses



Adapté de Weaver et Bruner, 1927; Mitchell et Russell, 1971; Raper et Barber, 1970.

DES BESOINS ÉLEVÉS

La majorité de l'absorption des éléments nutritifs a lieu après la moitié du stade végétatif (V6-V9), normalement au début juillet, au début de la période d'intense absorption qui s'étire jusqu'à la fin août, soit pendant une soixantaine de jours (figure **5**). L'absorption quotidienne maximale est de 8 kg/ha d'azote (N), 1 kg/ha de phosphore (P_2O_5), 5,5 kg/ha de potassium (K_2O), 3 kg/ha de calcium (Ca) et 1,7 kg/ha de magnésium (Mg).

L'absorption quotidienne maximale d'azote et de potassium est énorme. En présence d'un mauvais développement du système racinaire, d'une mauvaise nodulation ou d'une disponibilité insuffisante d'éléments nutritifs provenant du sol ou de la fertilisation, il est probable de connaître une importante diminution de rendement. Même si la moitié des besoins d'azote peut provenir de l'air par l'intermédiaire des nodules si l'inoculation et la nodulation sont adéquates, l'autre moitié doit provenir de la matière organique du sol et peut-être de la fertilisation. La légende rurale qui dit que le soya est à l'abri d'un manque d'azote car les nodules lui fournissent la plus grande part de ses besoins est fausse. Si la fourniture d'azote par le sol lui-même est faible à cause de la compaction, d'un mauvais drainage, d'un pH trop bas ou d'un faible niveau de matière organique efficace, le soya manquera d'azote et les rendements seront à la baisse.

Une autre croyance a intérêt à être révisée : l'apport d'azote par la fertilisation diminue le développement et l'efficacité des nodules... Oui, mais pas toujours. L'azote provenant de la fertilisation ne doit pas être disponible pendant la période intense d'absorption décrite précédemment, car en effet le soya absorbe en priorité l'azote provenant du sol et de la fertilisation au dépend de celui pouvant être fourni par les nodules. Dès que l'azote du sol diminue, le soya absorbera l'azote provenant de l'air (N_2) du sol par l'intermédiaire de la bactérie fixatrice d'azote (rhizobium) dans le nodule. L'intensité de la fixation d'azote par la bactérie est fonction de la quantité d'azote nitrique (NO_3-N) provenant de la matière organique ou de la fertilisation présente dans le sol. En général, la quantité d'azote symbiotique fixée augmente lorsque la quantité d'azote nitrique dans le sol diminue. Même si la quantité d'azote fixée par les nodules est faible en présence élevée d'azote dans le sol, la fixation est toujours active, et si la disponibilité de l'azote du sol vient à diminuer, la fixation d'azote augmentera rapidement pour combler les besoins en azote du soya. L'azote provenant de l'application de fumier et de lisier, qui est disponible surtout en juillet et août lorsque les sols sont chauds, diminue grandement l'efficacité des nodules.

UN BON DÉMARREUR POUR FAVORISER LA NODULATION

Les bactéries impliquées dans la fixation de l'azote de l'air se nourrissent des sucres de la sève élaborée par le plant de soya et provenant des feuilles suite au processus de photosynthèse. La quantité et la qualité de sève disponible dépendent de la quantité et de la qualité des feuilles dès le début du développement du plant de soya. Plus les feuilles se développent hâtivement et rapidement, plus le potentiel de l'implantation et du développement des nodules est grand. Pour y arriver, il est nécessaire de fournir un apport adéquat de tous les éléments nutritifs incluant l'azote dès les premiers développements de la plantule de soya. Lorsque le semis est hâtif, une condition favorisant les rendements élevés,

L'approvisionnement en potassium est critique à ce stade de croissance où une insuffisance de cet élément essentiel au grossissement des grains peut avoir un effet dramatique sur une baisse de rendement.

les sols sont froids et l'azote du sol provenant de la minéralisation de la matière organique est présent en très petites quantités difficilement assimilables par un système racinaire peu développé et peu efficace. L'utilisation d'un démarreur adapté au soya apporte les éléments nutritifs, dont l'azote, peu disponibles dans le sol et nécessaires au développement rapide des plantules, et peut favoriser un meilleur développement des racines. L'apport d'un démarreur efficace est possible selon les équipements pour le semis en rangs à espacement larges entre 38 cm (15") et 76 cm (30"), en bande liquide ou granulaire à 5 cm X 5 cm (2" X 2") de la semence ou en liquide près de la semence, en autant qu'une couche de sol sépare l'engrais de la semence. Le démarreur doit permettre aux plantules de prendre une couleur verte et de se développer rapidement pour favoriser une implantation hâtive de nodules nombreux et efficaces qui fourniront, jusqu'au remplissage des gousses, une grande partie des besoins en azote du soya.

LE REMPLISSAGE DES GOUSSES, STADE CRITIQUE POUR LE RENDEMENT

Au stade de croissance R5.5, soit le début du remplissage des gousses et du grossissement des grains, le plant diminue rapidement l'approvisionnement en sucres aux nodules qui, à leur tour, ralentissent l'apport d'azote au soya. À ce stade, il reste encore 25 % des besoins totaux en azote à prélever (figure 6). Cet azote proviendra surtout de la matière organique en minéralisation, et possiblement d'une fertilisation d'appoint au sol ou foliaire.

L'approvisionnement en potassium est également critique à ce stade de croissance où une insuffisance de cet élément essentiel au grossissement des grains peut avoir un effet dramatique sur une baisse de rendement. La majorité des sols du Québec sont mal pourvus en potassium. Plus un sol est pauvre en un élément donné, plus la fertilisation doit être élevée pour obtenir des rendements plus faibles qu'en sols plus riches avec une fertilisation plus →

Figure 5

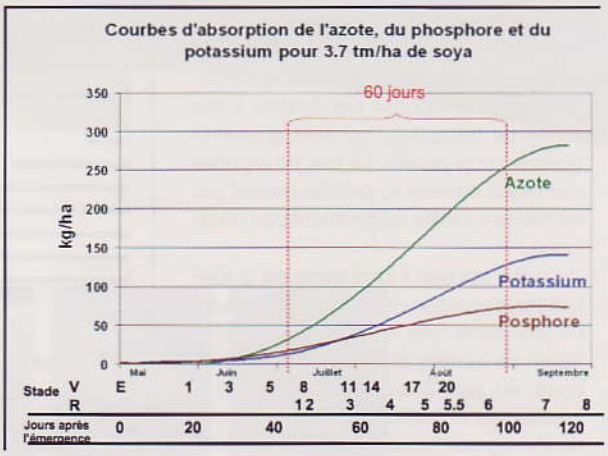
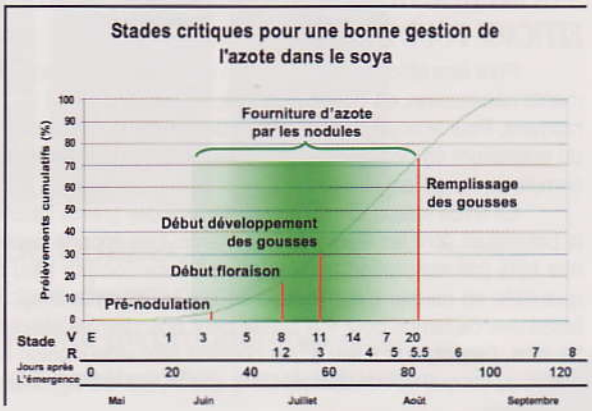


Figure 6



La concentration en bande de la fertilisation près des racines efficaces favorise le développement de ces dernières et assure une disponibilité des éléments nutritifs.

faible (figure 7). Tous les essais de fertilisation sur le soya visant à augmenter le rendement par la fertilisation potassique à la volée incorporée au sol avant le semis démontrent une réponse significative à des doses de potassium qui sont économiquement non viables. Le peu de réponse s'explique comme vu précédemment par un système racine relativement peu développé.

La solution à long terme est d'augmenter la richesse des sols en potassium, un processus long et dispendieux. L'utilisation de fumiers et lisiers est toute indiquée, en autant qu'une réglementation inadéquate et inefficace, autant du point de vue agronomique qu'environnemental, ne nous empêche pas de les utiliser correctement.

Figure 7

Évaluation de la fertilité							Probabilité d'une réponse à court terme à la fertilisation	Probabilité d'obtenir un rendement économique
Très faible	Faible	Moyen faible	Optimum	Moyen élevé	Élevé	Très élevé		
							Très élevée	Très faible
							Élevée	Faible
							Moyenne	Moyenne
							Faible	Élevée
							Faible	Élevée
							Nulle*	Élevée
							Nulle*	Élevée

* Réponse possible à un démarreur

Adapté de Havlin, Beaton, Tisdale et Nelson, 1999

À LA RECHERCHE D'UN MODÈLE DE FERTILISATION EFFICACE POUR LE SOYA

Pour être efficace, la fertilisation doit apporter les bons éléments nécessaires en bonne quantité, au bon endroit et au bon moment. Pour le soya, il est question de l'azote, du phosphore et du potassium en démarrage, ce qui est relativement facile à accomplir en rangs larges.

En fin de saison lors du grossissement des grains, l'azote et le potassium sont les éléments importants. Les apports peuvent être faits par absorption foliaire, peu efficace compte tenu des quantités en cause. L'application au sol est complexe car elle laisse peu de temps pour à la plante pour absorber les éléments. De plus, l'absorption a lieu à une certaine profondeur selon l'humidité du sol qui, à cette époque de la saison, est relativement sec en surface.

Depuis 2005, chez Synagri, nous essayons de développer ce modèle performant, avec des résultats très positifs, et d'autres moins intéressants. Il nous faut trouver la bonne dose et les bonnes sources, déposer le tout à la bonne place au bon moment. Un point est certain : l'application tardive en bande incorporée au sol est la voie à suivre. La concentration en bande de la fertilisation près des racines efficaces favorise le développement de ces dernières et assure une disponibilité des éléments nutritifs. Il faut trouver comment faire.

Plusieurs équipements munis de dispositifs différents sont à l'essai sous différentes conditions de sols afin de raffiner notre modèle de fertilisation du soya. L'année 2009 en sera une d'essais intensifs qui devraient nous permettre d'obtenir des données décisives. ◆

Denis Lévesque, technologue, est directeur services techniques, sols et fertilisants chez Synagri

Les essais en fertilisation dans le soya se poursuivirent cette saison 2008 sur plusieurs sites au Québec, comme ici à la ferme de Luc Hébert de Saint-Germain-de-Grantham, qui évalue les démarches à suivre dans ce type d'essais pour le moins innovateurs.