

## 2. Soya

Le soya est la culture en rangs qui occupe la plus grande superficie de la province, avec plus d'un million d'hectares (2,47 millions d'acres) cultivés chaque année. En 2014, pour la première fois, cette superficie a atteint 1,21 million d'hectares (3 millions d'acres). Les facteurs qui ont contribué à la généralisation de cette production sont la création de cultivars plus précoces, les possibilités d'adaptation au semis direct, un plus vaste choix d'herbicides et les coûts de production relativement faibles.

Les cultivars tolérants au glyphosate représentent environ 75 % de la production totale, le reste étant constitué de variétés non génétiquement modifiées. La demande pour des produits à identité préservée destinés à des marchés de spécialité (p. ex. de consommation humaine, organismes non génétiquement modifiés, aliments biologiques) a fait apparaître en Ontario des possibilités commerciales distinctes des débouchés traditionnels du soya que sont la production d'huile et la fabrication d'aliments pour le bétail. L'Ontario est mondialement reconnu pour sa filière du soya à identité préservée. De plus, le soya est le premier produit agricole d'exportation en importance de la province.

---

### Méthodes de travail du sol

On peut cultiver le soya selon diverses méthodes de travail du sol, notamment le semis direct et le travail réduit du sol. L'une ou l'autre de ces méthodes est par ailleurs utilisée sur environ deux tiers des cultures de soya. Depuis quelques années, la méthode traditionnelle et le travail du sol vertical gagnent en popularité, surtout dans les comtés du Nord. Mentionnons aussi que la gestion de la méthode de travail du sol est tout aussi importante que le choix de la méthode.

### Semis direct et travail réduit du sol

D'après l'expérience acquise sur le terrain et des essais menés en Ontario, ces deux méthodes donnent un rendement similaire : le rendement des cultures de soya en semis direct est comparable à celui des cultures effectuées par labour d'automne à la charrue à socs,

avec des rangs espacés de 56 cm (22,5 po) ou moins et avec des rangs jumelés (voir tableau 2-1, *Rendement du soya selon la méthode de travail du sol*). Bien que ces deux méthodes donnent un rendement comparable, le semis direct permet de réaliser de meilleurs profits parce qu'il est moins coûteux en intrants. Pour ce qui est des rangs simples espacés de 76 cm (30 po), c'est le labour à la charrue à socs qui a produit le meilleur rendement. Par contre, les rangs jumelés ont donné des rendements plus élevés que les rangées espacées de 76 cm (30 po), et ce, avec toutes les méthodes de travail du sol. De plus, cette étude n'a pas permis de montrer que le travail du sol par bandes en profondeur produisait une amélioration notable du rendement par rapport au semis direct. D'autres essais effectués en Ontario montrent que la méthode traditionnelle donne un rendement légèrement plus avantageux (environ 0,13 t/ha [2 bo/ac]) que le semis direct. Cet écart peut se creuser si les conditions sont extrêmes. De façon générale, le travail du sol amène une amélioration plus rapide et plus prononcée dans les champs où la rotation des cultures est déficiente que là où elle comprend de moins grandes quantités de soya. Toutefois, à long terme, le semis direct donne un meilleur rendement que la méthode de travail du sol, surtout dans les champs où le soya fait souvent partie de la rotation. Par ailleurs, la présence récurrente de soya dans la rotation entraîne une dégradation de la structure du sol, de la matière organique et de la santé du sol en général, ce qui contribue au rendement de la culture. Dans les sols mal drainés, lourds ou compactés, une forme ou une autre de travail du sol est souvent bénéfique au soya. Le semis direct donne régulièrement un meilleur rendement que la méthode traditionnelle, en particulier les années sèches ou sur les sols plus légers. De plus, cette méthode peut être d'un grand secours si l'on cherche à rétablir un champ qui a été gravement touché par la pourriture à sclérotés.

Dans la culture par semis direct, les clés du succès sont la réduction de la compaction du sol, la gestion des résidus et la mise en terre lorsque le sol est prêt. Sur des sols à texture lourde (p. ex. argile, loam limono-argileux et argile limoneuse), la mise en œuvre du semis direct peut être plus difficile que sur les sols plus légers, notamment dans les régions plus

**Tableau 2-1 – Rendement du soya selon la méthode de travail du sol**

Un écart de moins de 0,16 t/ha (2,4 bo/ac) est sans importance sur le plan statistique.

LÉGENDE : – = aucune donnée disponible

Méthode de travail du sol <sup>1</sup>	Écartement des rangs				
	Rang simple 76 cm (30 po)	Rangs jumelés 76 cm (30 po)	Rang de 56 cm (22,5 po)	Rang de 38 cm (15 po)	Rang de 19 cm (7,5 po)
Semis direct	2,72 t/ha (40,4 bo/ac)	3,04 t/ha (45,3 bo/ac)	2,93 t/ha (43,6 bo/ac)	3,06 t/ha (45,5 bo/ac)	3,06 t/ha (45,5 bo/ac)
Charrue à socs à l'automne	2,94 t/ha (43,8 bo/ac)	3,02 t/ha (44,9 bo/ac)	2,93 t/ha (43,6 bo/ac)	3,12 t/ha (46,4 bo/ac)	3,21 t/ha (47,7 bo/ac)
Travail du sol par bandes en profondeur à l'automne	2,78 t/ha (41,3 bo/ac)	2,93 t/ha (43,6 bo/ac)	–	–	–
Travail du sol par bandes en profondeur au printemps <sup>2</sup>	2,71 t/ha (40,3 bo/ac)	3,02 t/ha (45,0 bo/ac)	–	–	–

<sup>1</sup> Essais effectués sur les loams de types suivants : argileux, limono-argileux, limoneux et Guelph.<sup>2</sup> Travail du sol par bandes en profondeur au printemps effectué environ un jour avant les semis.

fraîches. Par ailleurs, si la culture précédente a laissé des résidus de maïs en grande quantité, le semoir pour semis direct peut avoir du mal à pénétrer le sol, ce qui risque fort de réduire la densité de peuplement.

Dans les cultures par semis direct, on effectue parfois les semis plus tard que dans les champs soumis au travail traditionnel, parce que le sol est plus humide et plus frais. Certains producteurs effectuent un travail du sol vertical au printemps (travail du sol peu profond qui laisse la majeure partie des résidus à la surface), ce qui permet de réduire cet écart. Le travail vertical par passage unique de coutres produit un léger gain de rendement par rapport au simple semis direct. En effet, le passage de coutres à une profondeur de 9 cm (3,5 po) au moment des semis a donné un gain de rendement marginal, et le passage de coutres à une profondeur de 3,8 cm (1,5 po) n'a donné aucune amélioration dans les recherches dont les résultats sont résumés au tableau 22, *Effet du travail réduit du sol au printemps sur le rendement du soya*. Avant d'effectuer un travail du sol vertical, il faut impérativement attendre que la couche souterraine soit suffisamment sèche pour que le sol ne soit pas compacté. Le soya est très sensible à la compaction du sol. Même si les cinq premiers centimètres (2 po) du sol sont assez secs pour permettre un travail vertical, l'opération pourrait entraîner le compactage de la couche souterraine si elle est trop humide, et par le fait même une réduction du rendement.

### Gestion des résidus de culture

Quand on sème du soya après des céréales, dès la récolte de celles-ci, on doit porter une attention particulière à la gestion des résidus afin de ne pas nuire à l'établissement du soya. La meilleure méthode consiste à enlever la paille et à étaler la paillette en une couche uniforme. Le retrait de la paille de blé a pour effet d'améliorer l'état des lits de semence et de favoriser l'établissement du peuplement, la croissance et le rendement du soya en semis direct (voir tableau 2-3, *Effets du travail du sol et de la gestion des résidus de blé sur le rendement du soya*). Les résidus céréaliers forment parfois un tapis qui ralentit le réchauffement et l'assèchement du sol au printemps; cela peut avoir pour effet de retarder les semis, la levée et le début de la croissance du soya, et d'accroître les dommages causés par les limaces.

Avec les rendements de maïs qui sont plus élevés et les tiges qui sont plus vertes à la récolte, les producteurs doivent gérer une plus grande quantité de résidus de maïs, qui se traduit par le même type de problèmes que dans le cas des résidus de céréales : peuplements clairsemés, croissance lente, présence de limaces, etc. En présence de résidus en abondance, il vaut mieux utiliser un semoir en ligne avec un écartement de 38 cm (15 po) plutôt qu'un semoir pour semis direct. On peut aussi effectuer un travail vertical ou une forme ou une autre de travail réduit du sol pour réduire la quantité de résidus de maïs que doit traverser

**Tableau 2-2** – Effet du travail réduit du sol au printemps sur le rendement du soya

LÉGENDE : – = aucune donnée disponible		
Méthode de travail du sol <sup>1</sup>	Profondeur	Rendement moyen
Semoir de semis direct <sup>2</sup>	–	3,03 t/ha (45,1 bo/ac)
Semoir pour semis direct avec coutres <sup>2</sup>	3,8 cm (1,5 po)	3,05 t/ha (45,4 bo/ac)
Semoir pour semis direct avec coutres <sup>2</sup>	9 cm (3,5 po)	3,09 t/ha (46,0 bo/ac)
Travail du sol vertical (un à trois jours avant les semis)	9 cm (3,5 po)	3,15 t/ha (46,9 bo/ac)

<sup>1</sup> Résultats de 40 essais avec semoir pour semis direct JD 1560. Passage de coutres dans le rang au moment des semis (coutres de 2 cm [0,75 po] de large), ajoutés au semoir sur une barre à outils distincte. Travail du sol vertical effectué un à trois jours avant les semis, à une profondeur de 9 cm (coutres de 4,5 cm [1,75 po] de large).

<sup>2</sup> Pas d'écart sur le plan statistique entre le semoir pour semis direct et le semoir pour semis direct avec coutres.

**Tableau 2-3** – Effets du travail du sol et de la gestion des résidus de blé sur le rendement du soya

Recherches effectuées à Centralia et à Wyoming. Le chaume atteignait des hauteurs d'environ 20 à 30 cm (8 à 12 po), sauf dans les parcelles où il avait été coupé et enlevé.

Types de sol – Centralia : loam, loam argileux; Wyoming : argile limoneuse, loam limono-argileux.

Les cultures de soya ont été semées à l'aide d'un semoir de conservation JD 700 muni d'un coutre simple de 3,2 cm (1,25 po). Le semoir pour semis direct était équipé d'un tasse-résidus.

Méthode de travail du sol (et de gestion de la paille)	Rendement du soya
Labour d'automne à la charrue à socs, paille en balles	3,29 t/ha 48,9 bo/ac
Travail du sol au chisel à l'automne, paille en balles	3,30 t/ha 49,1 bo/ac
Travail du sol au pulvérisateur à disques à l'automne, paille en balles	3,21 t/ha 47,7 bo/ac
Travail du sol par bandes en profondeur à l'automne, paille en balles	3,19 t/ha 47,5 bo/ac
Semis direct, paille et chaume entièrement laissés sur place	2,27 t/ha 33,8 bo/ac
Semis direct, paille en balles mais chaume laissé sur place	3,00 t/ha 44,7 bo/ac
Semis direct, paille en balles et chaume enlevé	3,28 t/ha 48,8 bo/ac

Le travail réduit effectué à l'automne ou au printemps, sans travail superficiel supplémentaire, permet d'améliorer l'état des lits de semence et d'ameublir le sol, ce qui accélère le début de la croissance du soya tout en maintenant une quantité suffisante de résidus pour prévenir l'érosion.

**Photo 2-1** – Levée variable du soya en semis direct

le semis pour pénétrer le sol. En augmentant le taux de semis de 10 % dans les rangs serrés, on peut également favoriser l'établissement d'un peuplement acceptable.

Il vaut mieux éviter de travailler le sol des collines et des pentes érodables. Dans ce cas, il serait judicieux de travailler uniquement les terres qui restent habituellement fraîches ou humides au printemps.

### Rotation des cultures

Les cultures de soya réagissent très bien à la rotation. Le tableau 2-4, *Effets du travail du sol et de la rotation sur le rendement du soya*, résume les résultats de recherches à long terme effectuées au campus de Ridgetown de l'Université de Guelph. La rotation soya, blé d'automne et maïs et la rotation soya et blé d'automne ont donné les meilleurs rendements, tandis que la monoculture de soya a produit le rendement le plus faible, surtout avec la méthode traditionnelle de travail du sol. Les rotations courtes s'accompagnent d'une plus forte incidence des maladies et d'autres problèmes à long terme :

- Hausse rapide des populations de nématodes à kyste du soya;
- Augmentation de l'incidence de la pourriture à sclérotés; le maintien d'une rotation de trois ou quatre ans avec des espèces qui ne sont pas hôtes permet de réduire cette incidence;
- Multiplication des souches de pourriture phytophthoréenne et augmentation de leur gravité; dans les champs ayant déjà été infectés par la maladie, l'utilisation répétée d'herbicides du groupe 2 (inhibiteurs ALS) favorise la multiplication des mauvaises herbes qui y sont résistantes.

### Semis de blé d'automne après une culture de soya

En Ontario, le soya est souvent suivi d'une culture de blé d'automne. Pour les producteurs, la difficulté est de trouver le juste milieu entre un cultivar de soya qui donne un rendement élevé et un cultivar dont la récolte arrive relativement tôt pour permettre les semis du blé d'automne. Voici quelques mesures à prendre si l'on prévoit de semer du blé d'automne après une culture de soya :

- Il faut choisir un cultivar dont le groupe de maturité est moins élevé (de 0,5 à 1,0) que le groupe qui prévaut dans la région. Selon des recherches menées au campus de Ridgetown, de l'Université de Guelph, un cultivar ayant un groupe de maturité inférieur de 0,5 à celui d'un cultivar adapté à la région vient à maturité cinq jours plus tôt en moyenne (entre trois

et sept jours), et neuf jours plus tôt si l'écart est de 1,0 (voir tableau 2-5, *Dates de maturité physiologique du soya et nombre de jours avant sa maturité*).

- Il faut semer le soya tôt pour éviter de retarder les semis de blé. Si on sème le soya au début du mois de mai, il est important de choisir un cultivar dont le cycle est plus court (groupe de maturité moins élevé).
- On peut calculer la date de semis du blé à partir de la date de semis du soya et du nombre de jours avant la maturité du cultivar en question.

Voir les dates de semis du blé d'automne au chapitre 4, *Céréales*.

## Choix des cultivars

En Ontario, il existe plus de 250 cultivars de soya et leur roulement sur le marché est rapide. Pour faire un choix, il faut prendre en considération non seulement leur date de maturité et leur rendement, mais également leur tolérance ou leur résistance aux maladies et aux pucerons, ainsi que leur résistance à la verse et au nématode à kyste du soya.

## Groupe de maturité (MG)

La croissance du soya dépend des caractéristiques génétiques, de la température et du nombre d'heures d'ensoleillement. Selon le moment où ils surviennent,

**Tableau 2-4 – Effets du travail du sol et de la rotation sur le rendement du soya**

Rendement moyen du soya cultivé en semis direct à long terme (établi en 1995) dans des sols travaillés traditionnellement dans le cadre d'une rotation des cultures sur un loam argileux Brookston à Ridgetown, en Ontario, de 2009 à 2014.

Un écart de moins de 0,27 t/ha (4 bo/ac) est sans importance sur le plan statistique.

LÉGENDE : tr = contre-ensemencé de trèfle rouge

rotation des cultures	Méthode de travail du sol		Moyenne entre les deux méthodes
	Traditionnelle	Semis direct	
Monoculture de soya	3,74 t/ha (55,6 bo/ac)	4,06 t/ha (60,3 bo/ac)	3,90 t/ha (58,0 bo/ac)
Maïs et soya	3,87 t/ha (57,6 bo/ac)	4,14 t/ha (61,5 bo/ac)	4,01 t/ha (59,6 bo/ac)
Blé d'automne et soya	4,35 t/ha (64,7 bo/ac)	4,55 t/ha (67,6 bo/ac)	4,45 t/ha (66,2 bo/ac)
Blé d'automne (tr) et soya	4,49 t/ha (66,8 bo/ac)	4,34 t/ha (64,6 bo/ac)	4,42 t/ha (65,7 bo/ac)
Blé d'automne, soya et maïs	4,37 t/ha (65,0 bo/ac)	4,42 t/ha (65,7 bo/ac)	4,40 t/ha (65,4 bo/ac)
Blé d'automne (tr), soya et maïs	4,51 t/ha (67,0 bo/ac)	4,31 t/ha (64,1 bo/ac)	4,41 t/ha (65,6 bo/ac)
Moyenne des différentes rotations des cultures	4,22 t/ha (62,8 bo/ac)	4,30 t/ha (64,0 bo/ac)	4,26 t/ha (63,4 bo/ac)

**Tableau 2-5 – Dates de maturité physiologique du soya et nombre de jours avant sa maturité**

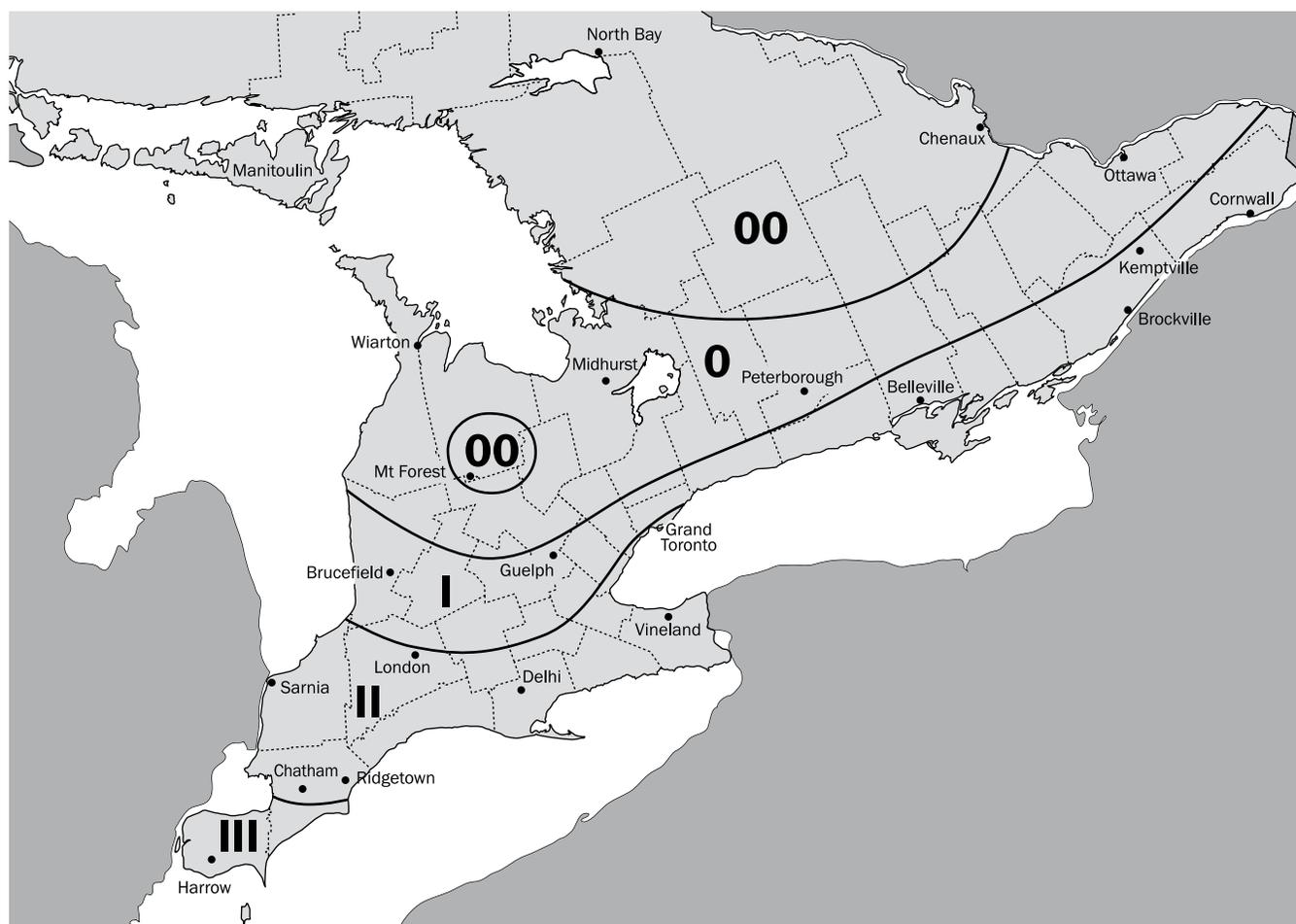
La récolte a eu lieu entre trois et dix jours après ces dates.

Année	Date de semis	Groupe de maturité (MG)		
		1,6 MG	2,1 MG	2,6 MG
1990	28 mai	20 sept. 115 jours	25 sept. 120 jours	30 sept. 125 jours
1991	11 mai	8 sept. 120 jours	13 sept. 125 jours	20 sept. 132 jours
1992	15 mai	25 sept. 133 jours	27 sept. 135 jours	2 oct. 140 jours
1993	20 mai	21 sept. 124 jours	26 sept. 129 jours	1 <sup>er</sup> oct. 134 jours
1994	27 mai	14 sept. 109 jours	16 sept. 111 jours	21 sept. 116 jours
1995	23 mai	16 sept. 115 jours	18 sept. 117 jours	21 sept. 120 jours
1997	23 mai	17 sept. 116 jours	21 sept. 120 jours	27 sept. 126 jours
1998	21 mai	14 sept. 115 jours	17 sept. 118 jours	23 sept. 124 jours
1999	12 mai	10 sept. 121 jours	13 sept. 124 jours	19 sept. 130 jours

la maladie, le stress hydrique et d'autres types de stress peuvent avoir pour effet d'avancer ou de retarder la date de maturité.

La maturité relative est un système qui consiste à comparer, au fil des ans, la maturité des nouveaux cultivars à celle des cultivars établis. En Amérique, il existe 13 groupes de maturité (MG), du plus petit, MG 000, au plus grand, MG X. Au Canada, les groupes vont de MG 000 à MG III. Chaque décimale correspond à peu près à un jour de maturité; donc un cultivar coté 1,5 MG arrivera à maturité environ cinq jours plus tard qu'un cultivar coté 1,0 MG dans sa région d'adaptation.

Il est conseillé de choisir un cultivar dont le groupe de maturité est celui de la région (voir figure 2-1, *Carte de la maturité relative du soya en Ontario*). Ainsi, un cultivar adapté à la région arrivera à maturité au début de l'automne, s'il est semé dans les temps.



**Figure 2-1 – Carte de la maturité relative du soya en Ontario**

Les cultivars adaptés permettent de tirer profit de toute la saison de croissance pour assurer le meilleur rendement possible. Cependant, pour les cultures de soya de spécialité comme les cultivars à hile blanc, il est conseillé de choisir ceux ayant un cycle plus court (groupe de maturité moins élevé) pour s'assurer une récolte de qualité.

### Couleur du hile

Le hile est le point d'attache de la graine de soya à la gousse. Sa couleur diffère d'un cultivar à l'autre : jaune (Y), jaune imparfait (IY), gris (GR), chamois (BF), brun (BR), noir (BL) ou noir imparfait (IBL). En général, le soya à hile jaune est celui qui est le plus recherché pour les marchés d'exportation. Dans les cultivars à hile jaune imparfait (IY), celui-ci est parfois décoloré, et il se peut que les graines touchées ne soient pas propres à l'exportation.

### Cultivars de qualité supérieure

En plus de la date de maturité, d'autres facteurs sont pris en compte dans le choix des cultivars :

- Le potentiel de rendement;
- La résistance aux herbicides;
- La résistance à la verse;
- La résistance aux insectes et aux maladies.

Pour le choix des cultivars de qualité supérieure, il existe trois principales sources de renseignements :

- Les résultats d'essais de rendement;
- Les résultats des bandes d'essai à l'exploitation;
- Les renseignements donnés par les fournisseurs sur les caractéristiques des cultivars.

L'Ontario Soybean and Canola Committee effectue chaque année des essais de rendement à divers endroits de la province. Chaque automne, il publie ses résultats dans un rapport (*Ontario Soya Variety Trials*), qu'il affiche également sur son site Web, au [www.gosoy.ca](http://www.gosoy.ca). Ce rapport permet de comparer le potentiel de rendement des différents cultivars et d'établir des cotes de maturité, de hauteur des plants, de résistance à la verse, ainsi que d'autres caractéristiques, telles que la résistance à la pourriture phytophthoréenne dans les sols à texture lourde et la résistance au nématode à kyste du soya.

Pour faciliter les choix, les fournisseurs de semences diffusent des renseignements détaillés sur plusieurs caractéristiques de croissance de leurs cultivars. Dans l'évaluation du rendement, il ne faut pas oublier que les résultats des essais effectués avec le travail du sol traditionnel constituent aussi une indication fiable du rendement du même cultivar obtenu avec la méthode du semis direct.

Si le soya est destiné à nourrir le bétail à la ferme, il faut choisir un cultivar ayant une forte teneur en protéines.

En Ontario, la verse peut réduire considérablement le rendement. Dans les champs qui ont un sol à texture moyenne à légère, qui reçoivent régulièrement du fumier, qui ont une forte teneur en azote résiduel ou qui ont déjà été touchés par la verse, il faut semer des cultivars qui ont une bonne résistance à la verse. On peut aussi diminuer le taux de semis pour prévenir ce phénomène.

Le choix des cultivars est l'un des aspects à ne pas négliger si l'on veut améliorer le rendement du soya. Il est conseillé de cultiver au moins trois cultivars différents chaque année pour évaluer les nouveaux cultivars, qui donnent un rendement plus élevé.

Un même cultivar peut donner des résultats différents selon les conditions de croissance. Pour réduire le risque d'échec de la culture, il est bon de semer plus d'un cultivar. Il faut consacrer le gros de la superficie ensemencée à des cultivars éprouvés et mettre les nouveaux à l'essai sur une superficie moindre.

### Cultivars à identité préservée

La préservation de l'identité est l'isolement d'un cultivar à partir du semis jusqu'à la livraison à l'utilisateur. Ce concept n'est pas nouveau puisque ce type de cultivars est déjà présent dans un certain nombre de marchés, par exemple ceux des semences et du soya de consommation humaine. L'arrivée de cultivars génétiquement modifiés a fait naître, chez les consommateurs, une demande pour des soyas à identité préservée non génétiquement modifiés, et ce marché permet au producteur de bénéficier de divers contrats et primes pour produire ce type de cultivars.

Cependant il faut évaluer les primes offertes pour la production de ces cultivars en fonction de leur potentiel de rendement, et du temps, de l'effort de gestion et des coûts supplémentaires que cela entraîne. Il faut limiter ces cultures à une superficie permettant de faire toute la récolte rapidement. Les renseignements sur le rendement de certains cultivars de spécialité peuvent ne pas être disponibles, ou ils ne sont parfois diffusés que par les entreprises qui vendent la semence ou qui acceptent de prendre livraison des récoltes. Il faut évaluer les qualités agronomiques d'un cultivar à identité préservée (rendement, résistance aux maladies et date de maturité) afin de déterminer si la prime offerte à la vente est suffisante. L'Ontario Soybean and Canola Committee effectue des essais de rendement sur divers cultivars de soya de consommation humaine, dont il affiche les résultats sur son site Web, au [www.gosoy.ca](http://www.gosoy.ca). Aux fins d'assurance-récolte, Agricorp publie un facteur d'ajustement du rendement pour plusieurs cultivars de soya de spécialité, étant donné que le rendement de certains peut être moindre.

### **Biotechnologie**

En Ontario, il existe des cultivars aux propriétés particulières (p. ex. résistance à certains herbicides). Plus de 75 % des cultivars de soya sont des organismes génétiquement modifiés qui tolèrent les herbicides tels que le glyphosate. Ils pourraient être utiles aux producteurs aux prises avec des mauvaises herbes. Ces cultivars se prêtent également bien à certaines méthodes de travail du sol, avec lesquelles on peut effectuer des traitements de destruction chimique ou des applications d'herbicides sans tuer le cultivar de soya génétiquement modifié résistant. Toutefois, il se peut que ces cultivars, ou les pesticides épandus, ne soient pas acceptés dans tous les marchés de soya.

## **Semis et croissance de la culture**

### **Qualité des semences**

Il est important de connaître la qualité des semences. Celles qui sont certifiées sont conformes à des normes de pureté et de pouvoir germinatif. Pour connaître la qualité des semences communes ou des semences tout-venant provenant de l'exploitation, il faut en faire évaluer le pouvoir germinatif dans un laboratoire accrédité, et ce, avant les semis (voir annexe F, *Laboratoires offrant des tests de germination sur demande en Ontario*).

### **Viabilité et détérioration**

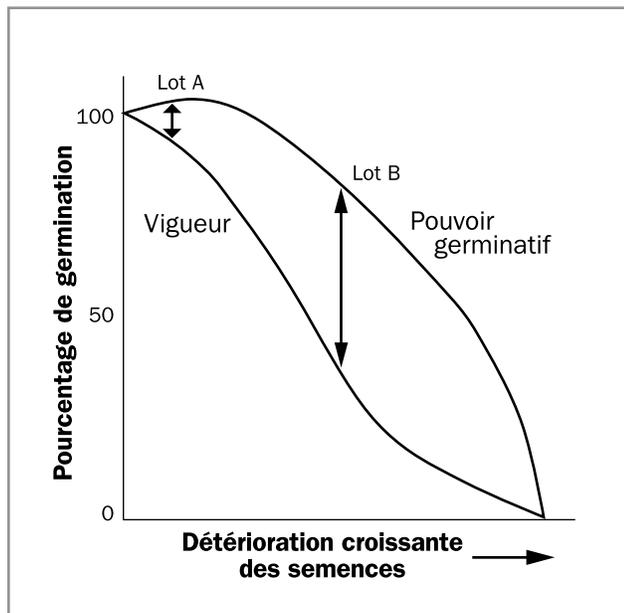
Le facteur de qualité le plus important dans l'évaluation des lots de semences est le pouvoir germinatif, c'est-à-dire la capacité de production de plantules normales dans des conditions favorables (humidité de 95 à 100 % et température de 25 °C). Les sources de stress présentes dans les champs après les semis ont souvent pour effet de faire diminuer la levée des plantules comparativement à ce qu'on obtient en laboratoire.

Un meilleur outil d'évaluation de la capacité des semences à lever rapidement et de façon homogène dans un large éventail de conditions est la mesure de leur cote de vigueur, que l'on évalue par un test de vigueur, également appelé test de stress, ce nom étant plus approprié. Selon les normes visant les semences certifiées, on doit tester leur pouvoir germinatif. En outre, de nombreux distributeurs testent régulièrement la vigueur de leurs semences et en publient les résultats.

La figure 2-2, *Effet de la détérioration des semences sur leur vigueur et leur pouvoir germinatif*, montre la relation entre ces paramètres. À mesure que la détérioration s'accroît, le pouvoir germinatif diminue lentement et la vigueur diminue très rapidement.

Dans le cas du lot A, il y a peu de détérioration, et le pouvoir germinatif et la vigueur sont comparables. Par contre, le lot B a un excellent pouvoir germinatif, mais peu de vigueur.

Divers facteurs sont susceptibles de faire diminuer la vigueur des semences, notamment leurs caractéristiques génétiques, les maladies, les lésions mécaniques, la détérioration au cours de l'entreposage et les conditions atmosphériques présentes avant la récolte. Cependant le facteur le plus important semble être l'environnement. Des études effectuées au moment de la récolte par l'Université de Guelph semblent indiquer que le délai entre la maturation physiologique et la récolte entraîne une perte de vigueur. Pour la production de semences, il est important de récolter le soya au bon moment.



**Figure 2-2** – Effet de la détérioration des semences sur leur vigueur et leur pouvoir germinatif

Source : Delouche et Caldwell, 1960.

### Inoculation

L'azote gazeux de l'air ( $N_2$ ) est fixé par des organismes vivants qui le convertissent en une forme d'azote que les plantes peuvent utiliser, soit l'ammonium ( $NH_4^+$ ). Dans les légumineuses, cette fonction est assurée par les bactéries symbiotiques du type *Rhizobium* qui colonisent les poils racinaires en formant des nodosités. On appelle inoculation l'ajout dans le sol des rhizobactéries propres au soya (*Bradyrhizobium japonicum*). Grâce à la plante, ces bactéries bénéficient d'un milieu de croissance protégé et d'un apport en glucides et en minéraux; inversement, elles lui fournissent de l'azote. Une culture de soya de 3,4 t/ha (50 bo/ac) prélève plus de 200 kg/ha (180 lb/ac) d'azote, en premier lieu à partir des quantités qui sont déjà disponibles dans le sol, le reste (40 à 75 %) étant issu de la fixation biologique. La quantité d'azote prélevée du sol dépend de sa disponibilité, ainsi que des conditions environnementales.

Les inoculants peuvent être appliqués à l'exploitation au moment des semis ou sous forme de « pré-inoculants ». Les pré-inoculants sont formulés pour permettre aux bactéries de survivre sur les semences, de sorte qu'on peut inoculer celles-ci longtemps avant les semis. Ils sont appliqués comme un traitement commercial et sont compatibles avec de nombreux traitements aux fongicides ou aux insecticides. Les pré-inoculants sont aussi efficaces que les inoculants appliqués au moment des semis.

La plupart des produits de ce type actuellement sur le marché sont associés à un porteur stérile ou à une formulation liquide. La base stérile est une poudre de tourbe qui est stérilisée avant l'ajout de la souche d'inoculant. Ces produits contiennent une concentration beaucoup plus élevée de rhizobactéries que l'ancienne poudre de tourbe non stérile, souvent contaminée par des microorganismes susceptibles d'être des concurrents des rhizobactéries.

Dans les champs où l'on cultive du soya pour la première fois, il est recommandé d'utiliser deux inoculants différents pour garantir la formation des nodosités.

Lorsqu'il est semé pour la première fois dans un champ, le soya doit être inoculé avec une souche de rhizobactéries pour donner de bons rendements. Il est parfois difficile d'obtenir un nombre acceptable de nodosités sur les racines dans un champ qui n'a jamais été ensemencé de soya. Pour être sûr d'obtenir une bonne nodulation, il faut employer deux produits différents ou au moins deux lots différents du même produit. Quand le sol est inhabituellement frais, il est fréquent que les nodosités ne se forment pas correctement. Le processus de nodulation et de fixation de l'azote dans le soya est sensible aux températures fraîches du sol. Comme le soya est une espèce subtropicale, la température du sol doit être supérieure à 25 °C pour que son activité symbiotique se déroule au mieux; par ailleurs, la température doit atteindre au moins 15 à 17 °C au niveau des racines pour que la nodulation et la fixation de l'azote se déroulent normalement. Si la température du sol est inférieure à 10 °C, il n'y aura probablement aucune nodulation. En cas de température extrêmement fraîche, le processus peut être retardé et ne survenir qu'au mois d'août, voire ne pas survenir du tout. Les nodosités peuvent seulement se former sur les nouveaux poils absorbants, qui eux-mêmes ne peuvent se former que si de nouvelles racines poussent. Parfois, avant que la nodulation se produise, il arrive que les racines dépassent l'endroit où l'inoculant a été appliqué, entraînant l'échec de l'inoculation et faisant naître une carence en azote dans la culture. Avec deux produits, les rhizobactéries sont plus nombreuses, ce qui réduit le risque que la nodulation n'ait pas lieu.

Quel que soit l'inoculant, il doit bien recouvrir la semence pour avoir une efficacité maximale. Pour l'application à l'exploitation, il faut placer l'inoculant

à la base de la vis de chargement au moment de remplir le semoir. Les fournisseurs vendent également des dispositifs qu'on accroche sur le côté d'un camion, d'un bac-citerne ou d'une remorque à décharge par gravité. Il arrive que des producteurs utilisent de trop grandes quantités de liquide de traitement des semences ou d'inoculant, ce qui bouche le semoir ou crée un dépôt dans la vis de chargement. On peut prévenir ce problème en appliquant une faible dose de tourbe en même temps.

Certaines formes de traitement des semences et certains engrais liquides peuvent nuire au rendement de l'inoculant. Avant d'utiliser un inoculant, il faut vérifier sur l'étiquette la durée de sa viabilité sur la semence si l'application est effectuée avec une forme de traitement ou en mélange avec un engrais liquide.

Là où l'on a déjà eu une culture de soya de teinte vert foncé ayant un bon nombre de nodosités, l'inoculant n'est pas essentiel, sauf sur les sols acides (pH inférieur à 6,0) ou sableux, et dans les champs mal drainés qui ont été inondés pendant une longue période. Dans de tels cas, on recommande l'inoculation pour chaque nouvelle culture de soya. S'il subsiste une incertitude quant à la formation de nodosités en nombre suffisant dans les cultures précédentes de soya, il est conseillé d'inoculer pour écarter tout risque de mauvaise nodulation. Lors d'essais menés en Ontario, dans des champs où une récolte précédente avait produit suffisamment de nodosités, l'inoculation du soya a donné un gain de rendement de 0,1 t/ha (1,5 bo/ac). Même en l'absence de cultures de soya, les rhizobactéries survivent de 7 à 10 ans dans la plupart des sols, et même parfois plus de 50 ans.

Des études ont montré qu'il était difficile de remplacer les souches de bactéries existantes par d'autres souches plus efficaces. Lorsqu'une souche est établie dans le sol, elle élimine toute nouvelle souche qui pourrait être introduite sur les semences.

Le fumier ou les engrais azotés commerciaux épandus sur les champs de soya constituent une source d'azote rapidement disponible que le soya absorbe avant celui produit par les rhizobactéries. Dans ces champs, la formation de nodosités est parfois retardée, mais les rendements ne sont aucunement touchés. Là où l'on cultive du soya pour la première fois et où l'on épand du fumier ou des engrais azotés commerciaux, les nodosités peuvent ne pas se former et il y a risque de carence en azote à la fin de la saison à moins que le sol en contienne de grandes quantités.

Normalement, les racines du soya sont colonisées par *Bradyrhizobium japonicum* peu après la levée, et les nodosités se forment de deux à trois semaines après le semis. Il faut vérifier les champs à ce stade pour pouvoir appliquer de l'azote en cas d'échec de l'inoculation. Dans les champs où l'on cultive du soya pour la première fois, les nodosités se forment sur la racine pivotante. Là où l'on a déjà cultivé du soya, il y a également des nodosités sur les racines latérales.

La nodulation s'est bien déroulée s'il y a de 7 à 14 nodosités par plante à l'apparition de la première fleur.

Les feuilles de soya passent souvent par une teinte vert clair ou même jaune pâle juste avant que les nodosités commencent à produire des quantités suffisantes d'azote; il s'agit d'une phase importante du développement d'une culture saine. Habituellement, au stade de la troisième feuille trifoliée, lorsque les nodosités se sont établies et commencent à produire de l'azote, les feuilles reprennent leur couleur vert foncé. Si la nodulation se déroule bien, que les éléments nutritifs sont en quantité suffisante et que le taux d'humidité est adéquat, la teinte jaune ne persiste que pendant sept à dix jours.

### Date de semis

Le choix de la date de semis est un important outil d'optimisation du potentiel de rendement. Pour semer le soya, il faut vérifier la date du calendrier, l'état du lit de semence et les prévisions météorologiques pour les 48 heures qui suivent les semis. Il est indispensable que le lit de semence soit en bon état. Si d'importantes averses sont prévues, il faut attendre que les conditions s'améliorent avant de procéder aux semis. S'il tombe une pluie froide juste après les semis, la levée peut en faire les frais. Les effets des dates de semis sur le rendement varient selon la saison de croissance et le groupe de maturité du cultivar. En moyenne, les meilleurs rendements sont obtenus avec les semis précoces, généralement effectués avant la mi-mai. Si les conditions printanières sont favorables, il peut même être plus avantageux de semer à la fin avril ou au début mai qu'à la mi-mai. Passé cette date, le rendement peut diminuer de 0,34 t/ha (5 bo/ac), comme le montre le tableau 2-6, *Effets des dates de semis sur le rendement*. Si l'on sème tôt, il faut choisir un cultivar adapté à la région ou à cycle plus long (0,5 MG) pour obtenir un rendement maximal. Lors d'une étude menée sur trois

ans au cours de laquelle on a comparé des cultivars de saison longue à des cultivars adaptés à la région, on a découvert qu'on obtenait un gain de rendement de 0,28 t/ha (4 bo/ac) avec des cultivars de saison longue semés tôt. Voir le tableau 2-7, *Rendement d'un cultivar adapté par rapport à celui d'un cultivar de saison longue avec des semis précoces*.

**Tableau 2-6** – Effets des dates de semis sur le rendement

Date de semis	Rendement	% par rapport à un plein rendement
Entre le 15 avril et le 5 mai	4,29 t/ha (63,8 bo/ac)	100 %
Entre le 6 et le 20 mai	4,26 t/ha (63,3 bo/ac)	99 %
Entre le 21 mai et le 5 juin	3,93 t/ha (58,5 bo/ac)	92 %

Moyenne des résultats de 22 essais menés en Ontario entre 2010 et 2012.

Certains craignent qu'avec des cultivars de soya à cycle plus long, la récolte soit retardée et décale du même coup les semis de blé d'automne. Toutefois, si l'on sème un cultivar à cycle plus long avant la mi-mai, la récolte accuse un retard minime (un à trois jours) par rapport à celle d'un cultivar adapté semé au début de mai.



**Photo 2-2** – Différences selon la date de semis; la parcelle de gauche a été semée en mai, et celle de droite, en juin

**Tableau 2-7** – Rendement d'un cultivar adapté par rapport à celui d'un cultivar de saison longue avec des semis précoces

Moyenne des résultats de 22 essais menés en Ontario entre 2010 et 2012.

Date de semis	Cultivar	Rendement
Mi-mai (entre le 6 et le 20 mai)	Adapté à la région d'après la carte de la maturité relative	4,17 t/ha (62,1 bo/ac)
Semis précoce (entre le 15 avril et le 5 mai)	Adapté à la région d'après la carte de la maturité relative	4,23 t/ha (62,9 bo/ac)
Semis précoce (entre le 15 avril et le 5 mai)	Cultivar de saison longue (entre 0,5 et 0,8 MG) pour la région, d'après la carte de la maturité relative	4,45 t/ha (66,2 bo/ac)

D'après des études de terrain, les cultivars de saison courte (groupe de maturité peu élevé) semés tôt peuvent donner un mauvais rendement si le temps est sec en août, car ils arrivent à maturité trop tôt et ne peuvent pas profiter des pluies de fin de saison.

Le soya est plus sensible à la température du sol que le maïs. Cependant, de façon générale, si la température du sol et les conditions d'humidité permettent de semer du maïs, elles conviennent aussi aux semis de soya. Si une forte pluie froide survient après les semis et qu'elle provoque l'encroûtement du sol, la levée du soya peut en faire les frais.

Une forte gelée printanière peut tuer le soya semé tôt parce que le point végétatif des plantules levées se situe au-dessus de la surface du sol. Toutefois le soya résiste à des températures pouvant atteindre -2,8 °C pendant une courte période, alors que les tissus du maïs sont endommagés à partir de -2 °C.

### Semis retardés

Lorsque les semis sont retardés, le soya prend moins de jours pour arriver à maturité; par exemple, si les semis sont différés d'un mois, la maturité ne sera retardée que de neuf jours. Par ailleurs, le retard dans les semis peut réduire la période de croissance végétative, de sorte que les plants sont plus courts et ont beaucoup moins de nodosités, et les gousses sont plus basses. Le fait de semer tard réduit également la durée de la période de floraison, ce qui se traduit par une diminution du nombre de gousses par plant. La date de semis a aussi une incidence sur la durée du stade de remplissage des gousses.

En général, si les semis sont différés de trois jours, la maturité est retardée d'une journée.

La plupart des ans en Ontario, les semis effectués après le 1<sup>er</sup> juillet ne sont pas rentables et ne sont pas couverts par l'assurance-récolte. Toutefois, si l'on doit semer après cette date, voici quelques recommandations :

- Sur les sols à texture lourde, choisir des cultivars adaptés. Les cultivars de journées courtes semés tard en saison donnent des plants extrêmement courts avec peu de gousses. Par ailleurs, en cas de gelée précoce, les hiles foncés peuvent « tacher » l'intérieur des graines. Pour éviter ce problème, on peut choisir des cultivars à hile pâle.
- Dans les sols à texture moyenne à légère, un cultivar dont le groupe de maturité est moins élevé (de 0,5 à 1,0 MG) que celui du cultivar adapté peut plus facilement atteindre la maturité avant la première gelée meurtrière.
- Pour améliorer la croissance végétative des semis tardifs, choisir des cultivars qui atteignent une plus grande hauteur et les semer en rangs serrés. Si les semis sont tardifs et que les rangs sont espacés, le potentiel de rendement diminue. Ajouter au moins 10 % au taux de semis pour accroître la hauteur des gousses basses et le nombre de gousses par acre.

### **Récoltes successives**

Pendant les années chaudes, certains producteurs de l'extrême sud de l'Ontario tentent de cultiver du soya immédiatement après la récolte des céréales d'automne ou de pois. Dans la province, les récoltes successives peuvent donner de bons résultats si les semis ont lieu suffisamment tôt, si le taux d'humidité du sol permet la germination et si l'automne se prolonge et que la première gelée meurtrière survient tardivement. Dans le Sud-Ouest de l'Ontario, il est possible d'obtenir un rendement de 2 t/ha (30 bo/ac) si les semis ont lieu le 1<sup>er</sup> juillet au plus tard, et si les conditions météorologiques sont favorables. Après cette date, le potentiel de rendement diminue d'environ 67 kg/ha (1 bo/ac) par jour, et après le 10 juillet, il chute de manière spectaculaire. Dans les régions qui reçoivent plus de 3 000 UTC, les pronostics sont plus optimistes. Il ne faut toutefois pas oublier qu'en Ontario, les récoltes successives ne sont pas couvertes par l'assurance-récolte.

Les producteurs qui ont opté pour cette méthode récoltent souvent le blé tôt, même s'ils doivent le faire sécher. Quand il s'agit de récoltes successives, chaque jour compte. Voici quelques conseils de gestion pour améliorer les chances de réussite d'une seconde récolte :

- Ne pas enlever un bon peuplement de trèfle rouge pour semer du soya; étant donné les risques liés à cette tentative de deuxième récolte, il vaut mieux s'en tenir aux bénéfices apportés par le trèfle rouge.
- Ne pas tenter de produire une deuxième récolte si le nématode à kyste du soya est présent dans le champ; en effet, la culture de soya immédiatement après une céréale d'automne annulerait une partie des effets bénéfiques de cette dernière culture, qui n'est pas un hôte de ce ravageur, et elle permettrait à celui-ci de se multiplier.
- Les chaumes de blé peuvent contenir de nombreuses graines de mauvaises herbes. Les cultivars tolérant le glyphosate se prêtent généralement mieux aux récoltes successives, car ils permettent davantage de possibilités de lutte contre les mauvaises herbes avec un sol plutôt sec. Les repousses de blé doivent être contrôlées.
- Semer le soya immédiatement après une récolte de céréales ou de pois effectuée au bon moment. Après le 10 juillet, la seconde culture se solde par un échec.
- Utiliser la méthode de semis direct pour retenir l'humidité et réduire les coûts. À la première récolte, laisser environ 20 cm (8 po) de chaume de blé pour favoriser l'allongement de la tige du soya et la formation des gousses plus haut sur le plant.
- Placer les semences de façon à les recouvrir d'une couche de terre humide de 1 cm (0,5 po) d'épaisseur, sans dépasser une profondeur de 7,5 cm (3 po). En cas de sécheresse extrême, ne pas faire de seconde récolte. Souvent, si les secondes récoltes échouent, c'est parce que les semis ont eu lieu dans des conditions sèches.
- Choisir des cultivars à petites graines qui donnent de grands plants et dont le groupe de maturité est inférieur de 1,0 à celui du cultivar suggéré (date de semis normale). Il n'est pas conseillé de choisir des cultivars de journées très courtes (MG 00). En effet, le soya de saison courte semé très tard ne donnera pas un bon rendement, car les plants ne grandiront pas suffisamment.
- Utiliser des taux de semis élevés en semant en rangs serrés (618 000 graines par hectare ou 250 000 graines par acre).

## Écartement des rangs et matériel de semis

La culture du soya se prête bien à de nombreux types d'écartements, surtout dans les régions ontariennes où la saison de croissance est longue. Le choix de l'écartement dépend de facteurs tels que la méthode de travail du sol employée, l'équipement, les problèmes de mauvaises herbes, l'état du sol, la présence de pourriture à sclérotés et la date de semis. En Ontario, la plupart du temps, on cultive le soya en semis dense (écartement de 19 cm [7,5 po]) ou en rangs à écartement intermédiaire (38 à 56 cm [15 à 22 po]). Les cultures en rangs espacés sont de plus en plus populaires, en particulier dans les sols fertiles qui sont très propices à la croissance végétative, ou dans les champs régulièrement touchés par la pourriture à sclérotés. En effet, cette méthode laisse mieux circuler l'air, ce qui limite les effets de la maladie.

Les cultures plus espacées permettent le travail du sol entre les rangs (systèmes de production biologique) et sont moins vulnérables à l'encroûtement. Par contre, il est plus difficile de lutter contre les mauvaises herbes en cours de saison dans les rangs espacés, car elles peuvent survenir tardivement. Par ailleurs, les rangs espacés donneront un rendement moindre si le temps est frais ou si les semis sont faits tardivement. Si les rangs sont serrés, le couvert peut se former plus rapidement, ce qui maximise l'interception de la lumière et l'élimination des mauvaises herbes. Le tableau 2-8, *Effet de l'écartement des rangs sur le nombre de jours avant la formation d'un couvert complet (semis en mai)*, montre les différences entre les périodes en question. De plus, la formation rapide du couvert végétal permet souvent de faire une application d'herbicide de moins en cours de saison dans les rangs serrés.

**Tableau 2-8** – Effet de l'écartement des rangs sur le nombre de jours avant la formation d'un couvert complet (semis en mai)

Écartement des rangs	Nombre de jours avant la formation d'un couvert complet	
	Semis avant le 15 mai	Semis après le 15 mai
18 cm (7 po)	30 jours	25 jours
38 cm (15 po)	45 jours	40 jours
51 cm (20 po)	55 jours	50 jours
76 cm (30 po)	70 jours	65 jours

Sur les sols plus lourds, notamment argileux, les écartements plus larges permettent de semer davantage de graines par mètre de rang, ce qui peut faciliter la levée (voir photo 2-3). Sur les sols argileux sujets à l'encroûtement, les écartements de 38 cm (15 po) ou plus ont permis une meilleure levée que les semis denses de 19 cm (7,5 po). Il est toutefois déconseillé d'espacer les rangs de 76 cm (30 po) sur les sols argileux lourds, car le couvert met trop de temps à se former, et les rendements sont moins élevés qu'avec des rangs à écartement intermédiaire.



**Photo 2-3** – Plantules de soya perçant la croûte

La culture de soya en rangs serrés offre un gain de rendement plus grand dans les régions où la saison de croissance est courte, et ce, dans différents types de sol et conditions de croissance. Cet avantage diminue en importance dans le Sud-Ouest de l'Ontario. Les écartements de 38 cm (15 po) ou moins conviennent parfaitement aux régions où la saison de croissance est courte (moins de 2 800 UTC).

Certains producteurs obtiennent d'excellents rendements avec des rangs espacés de 76 cm (30 po). Ce type de rang convient le mieux aux sols productifs où poussent de grands et luxuriants plants de haricots. Si l'on sème du soya en rangs espacés, il faut choisir des cultivars buissonnants, semer tôt et procéder au travail du sol. Ces pratiques aident le couvert à se former le plus rapidement possible, ce qui réduit les pertes de rendement associées aux rangs espacés. Un semis tardif en rangs espacés peut nuire considérablement au rendement.

Dans le Sud-Ouest de l'Ontario, il se peut également que le rapprochement des rangs à moins de 53 cm (21 po) s'accompagne d'une certaine amélioration des rendements, comme l'indique le tableau 2-9, *Incidence*

de l'écartement des rangs sur le rendement, bien que cet effet soit moins régulièrement observé que dans les régions plus nordiques. Les écartements de 38 cm (15 po) sont de plus en plus employés parce qu'ils permettent d'utiliser des taux de semis moindres que les écartements de 19 cm (7,5 po) tout en donnant un excellent potentiel de rendement. Dans la plupart des régions de l'Ontario, un écartement intermédiaire de 38 cm (15 po) est un bon compromis entre le potentiel de rendement plus élevé associé aux rangs serrés et les avantages que procure une meilleure circulation de l'air dans les rangs espacés. Dans les champs sujets à la pourriture à sclérotés, il est conseillé de semer des rangs espacés de 38 cm (15 po) ou plus, même dans les régions à saison de croissance courte.

**Tableau 2-9** – Incidence de l'écartement des rangs sur le rendement

Écartement des rangs	Rendement <sup>1</sup>
18 cm (7 po)	3,3 t/ha (49 bo/ac)
36 cm (14 po)	3,2 t/ha (47 bo/ac)
53 cm (21 po)	3,0 t/ha (45 bo/ac)
71 cm (28 po)	2,7 t/ha (40 bo/ac)

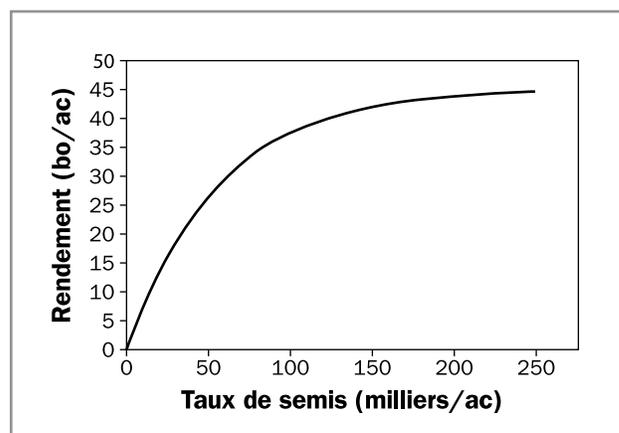
<sup>1</sup> Résultats de recherches effectuées sur des loams argileux dans une zone correspondant à un groupe de maturité de 2,8 MG. L'incidence devrait être plus prononcée dans les régions à saison de croissance plus courte.

Le tableau 2-10, *Rendements obtenus avec un semoir à céréales et un semoir de précision*, montre les résultats produits par des peuplements ayant des écartements différents (dense et intermédiaire). Le semoir de précision, réglé sur un écartement de 38 cm (15 po), a donné un rendement 3,5 % plus élevé (soit 0,12 t/ha ou 1,8 bo/ac) par rapport au semoir à céréales, avec le même écartement. Il a également surpassé le semoir à céréales de 0,07 t/ha (1,1 bo/ac) lorsque ce dernier était réglé sur un écartement de 19 cm (7,5 po). On attribue souvent ce gain de rendement à la plus grande précision du rayonneur, qui permet de donner un peuplement plus uniforme.

### Taux de semis

Le soya produit de bons rendements avec divers taux de semis. Les plants de soya compensent remarquablement bien les variations de peuplement de sorte que les rendements restent comparables. Les semis trop denses représentent un gaspillage d'argent

et augmentent les risques de verse et de maladies. On devrait donc calculer les taux de semis du soya en graines par hectare (graines par acre) et non en kilogrammes par hectare (livres par acre). Dans la plupart des types de sols, les taux de semis de plus de 494 000 graines par hectare (200 000 graines par acre) ne sont aucunement avantageux du point de vue du rendement, comme le montre la figure 2-3, *Effets des taux de semis sur le rendement du soya*.



**Figure 2-3** – Effets des taux de semis sur le rendement du soya

D'après les résultats de 45 essais effectués en Ontario dans des rangs de 38 cm (7,5 po).

Pour maximiser le potentiel de rendement sur des sols argileux lourds ou avec des semences de mauvaise qualité, il faut augmenter les taux de semis de 10 %. Toutefois, les taux de semis élevés peuvent entraîner la verse, surtout sur les sols plus légers ou lorsque les précipitations sont très abondantes (voir photo 2-4).



**Photo 2-4** – Des taux de semis élevés peuvent entraîner la verse (à gauche, les semis ont été réalisés au taux de 250 000 graines par acre; à droite, un peuplement de 200 000 graines par acre ne montre pas de verse)

Voir les quantités indiquées au tableau 2-11, *Taux de semis recommandés pour le soya*. Plus les rangs sont espacés, plus le taux de semis requis est bas. Ces chiffres s'appliquent aussi bien aux cultures utilisant la méthode traditionnelle du travail du sol qu'aux cultures en semis direct. Lorsqu'on utilise un semoir de précision, on peut prévoir un taux de semis de 5 % de moins qu'avec un semoir à céréales. Si l'on traite les semences, on peut encore réduire le chiffre de 5 %. Un taux de levée de 75 à 80 % est considéré comme normal. En Ontario, on obtient un plein rendement avec des densités finales de 309 000 à 370 000 plants par hectare (125 000 à 150 000 plants par acre), selon l'écartement des rangs. Sur les sols argileux lourds, il est parfois nécessaire d'avoir un peuplement plus élevé, surtout si le temps est sec ou si les semis

sont tardifs. Par ailleurs, il faut augmenter le taux de semis si le pouvoir germinatif ou la vigueur est faible ou sur les sols sujets à l'encroûtement. Certains producteurs obtiennent de bons résultats avec des taux de semis aussi bas que 320 000 graines par hectare (130 000 graines par acre) dans des rangs à écartement intermédiaire, voire encore plus bas dans des rangs de 76 cm (30 po). Lors des semis, l'objectif est d'atteindre un nombre précis de plants par hectare ou par acre. Si l'on fait preuve de rigueur et que le sol est en bon état, il est possible d'obtenir le nombre minimal de plants nécessaires par hectare ou par acre avec des taux de semis bas. Pour y parvenir, il faut utiliser un semoir de précision, effectuer les semis tôt et disposer de semences d'excellente qualité.

**Tableau 2-10 – Rendements obtenus avec un semoir à céréales et un semoir de précision**

Un écart de moins de 0,27 t/ha (4 bo/ac) est sans importance sur le plan statistique.

Comparaison	Écartement des rangs		
	Semoir à céréales 19 cm (7,5 po)	Semoir à céréales 38 cm (15 po)	Semoir de précision 38 cm (15 po)
Rendement	3,28 t/ha (48,9 bo/ac)	3,24 t/ha (48,2 bo/ac)	3,36 t/ha (50,0 bo/ac)
Densité de peuplement 30 jours après les semis	72,6 %	74,6 %	79,8 %

**Tableau 2-11 – Taux de semis recommandés pour le soya**

Taux de semis calculés à partir d'un pouvoir germinatif de 90 % et d'une levée de 85 à 90 % (densité de peuplement de 76 à 81 % du taux de semis).

Nombre de graines	Paramètres			
	Rangs de 19 cm (7,5 po) 480 000 graines/ha (194 000 graines/ac) 9 graines/m de rang (2,8 graines/pi de rang)	Rangs de 38 cm (15 po) 437 000 graines/ha (177 000 graines/ac) 17 graines/m de rang (5,1 graines/pi de rang)	Rangs de 56 cm (22 po) 425 000 graines/ha (172 000 graines/ac) 24 graines/m de rang (7,2 graines/pi de rang)	Rangs de 76 cm (30 po) 400 000 graines/ha (162 000 graines/ac) 30 graines/m de rang (9,3 graines/pi de rang)
4 400 graines/kg (2 000 graines/lb)	109 kg/ha (97 lb/ac)	99 kg/ha (89 lb/ac)	98 kg/ha (86 lb/ac)	91 kg/ha (81 lb/ac)
4 900 graines/kg (2 200 graines/lb)	98 kg/ha (88 lb/ac)	89 kg/ha (80 lb/ac)	88 kg/ha (79 lb/ac)	82 kg/ha (74 lb/ac)
5 300 graines/kg (2 400 graines/lb)	91 kg/ha (81 lb/ac)	82 kg/ha (74 lb/ac)	82 kg/ha (72 lb/ac)	76 kg/ha (68 lb/ac)
5 700 graines/kg (2 600 graines/lb)	84 kg/ha (75 lb/ac)	77 kg/ha (68 lb/ac)	76 kg/ha (66 lb/ac)	70 kg/ha (63 lb/ac)
6 200 graines/kg (2 800 graines/lb)	77 kg/ha (69 lb/ac)	70 kg/ha (63 lb/ac)	70 kg/ha (62 lb/ac)	65 kg/ha (58 lb/ac)
6 600 graines/kg (3 000 graines/lb)	73 kg/ha (65 lb/ac)	66 kg/ha (59 lb/ac)	65 kg/ha (58 lb/ac)	61 kg/ha (54 lb/ac)
7 100 graines/kg (3 200 graines/lb)	68 kg/ha (61 lb/ac)	62 kg/ha (55 lb/ac)	61 kg/ha (54 lb/ac)	57 kg/ha (51 lb/ac)
7 500 graines/kg (3 400 graines/lb)	64 kg/ha (57 lb/ac)	58 kg/ha (52 lb/ac)	58 kg/ha (51 lb/ac)	53 kg/ha (48 lb/ac)

$$\text{Nombre de graines par m (pi) de rang} = \frac{\text{Nombre de plants désirés par m (pi) de rang}}{\% \text{ de pouvoir germinatif} \times \% \text{ du taux de levée prévu}}$$

Exemple :

$$\text{Objectif de 156 000 plants/ac} : \frac{4,5 \text{ graines/pi de rang}}{80 \% \text{ de pouvoir germinatif} \times 80 \% \text{ de levée}} = 7 \text{ graines/pi de rang}$$

Exemple :

$$\text{Objectif de 385 500 plants/ha} : \frac{15 \text{ graines/m de rang}}{80 \% \text{ de pouvoir germinatif} \times 80 \% \text{ de levée}} = 23 \text{ graines/m de rang}$$

Il faut porter une attention particulière aux champs sujets à la pourriture à sclérotés; les principaux outils de prévention de cette maladie sont la sélection du cultivar, l'accroissement de l'espace entre les rangs, le semis direct et la réduction de la densité de peuplement. Bien que l'augmentation de l'écartement des rangs et la diminution des taux de semis s'accompagnent d'une certaine perte de rendement les années où les conditions ne favorisent pas la progression de la pourriture à sclérotés, cette stratégie permet de limiter de façon importante la gravité de cette maladie durant les étés humides. Dans les champs sujets à la pourriture à sclérotés, il faut semer des rangs espacés de 38 cm (15 po) ou plus à raison de 370 000 graines par hectare (150 000 graines par acre). Dans les champs ayant été gravement touchés par cette maladie, il faut penser à espacer les rangs de 76 cm (30 po).

Pour faire des semis tardifs jusqu'à la mi-juin, il faut augmenter le taux de semis de 10 %. Tous les cultivars réagissent de façon comparable à la modification du taux de semis. Voici la formule servant à calculer la quantité de semences à employer :

Les écarts de grosseur des semences se répercutent sur les taux de semis : plus les semences sont grosses, plus il faut de semences lors des semis. Pour chaque cultivar, la taille et la qualité des semences dépendent du déroulement de la croissance et des conditions météorologiques de l'année précédente. En effet, la grosseur des semences d'un même cultivar peut varier de 20 % d'une année à l'autre.

### Traitement des semences

Le traitement des semences permet d'accroître la densité de peuplement et d'améliorer les rendements dans certaines situations. Il peut s'agir d'un outil important pour l'établissement d'un peuplement uniforme, surtout dans les cultures en semis direct, sur les sols argileux ou dans les champs semés tôt. L'effet

obtenu sur le peuplement et sur le rendement dépend des conditions météorologiques qui suivent les semis et de la pression exercée par la maladie et les insectes. Le tableau 2-12, *Effets du traitement des semences sur la densité de peuplement et le rendement du soya*, montre les résultats d'essais menés à ce sujet. Là où les conditions étaient favorables à une levée rapide et que la pression exercée par la maladie ou les insectes était faible, le traitement des semences de soya n'a produit aucun gain de rendement. Pour en savoir plus sur les animaux nuisibles et sur les mesures de lutte connexes, voir la publication 812F du MAAARO, *Guide de protection des grandes cultures*.

### Profondeur de semis

Pour le soya, une profondeur de semis de 3,8 cm (1,5 po) convient généralement. Si l'on sème tôt en semis direct, on peut ramener cette profondeur à 2,5 cm (1 po), à condition que le sol soit assez humide. Cependant, compte tenu de la quantité d'eau nécessaire à la germination, il faut placer les semences de façon à les recouvrir d'une couche de terre humide de 1 cm (0,5 po) d'épaisseur, sans dépasser une profondeur de 6,4 cm (2,5 po) (voir photo 2-5). Une semence de soya qui vient d'être mise en terre doit traverser le sol en puisant uniquement dans ses propres réserves d'énergie. De façon générale, les graines plus grosses contiennent plus d'énergie que les graines plus petites, et elles peuvent être placées un peu plus profondément. Certains semoirs à céréales permettent difficilement de placer les semences avec précision, surtout dans les champs qui ont fait l'objet d'un travail réduit du sol ou d'un semis direct. Pour obtenir la profondeur appropriée, il peut être utile d'appliquer de la pression sur le semoir, d'y ajouter du poids ou d'utiliser un système de coutres. Il est important d'assurer un bon contact entre la semence et le sol et de bien fermer le sillon. La clé du succès est de semer dans un sol assez humide à l'aide d'un semoir de précision ou d'un semoir à céréales bien réglé. S'il est

impossible de semer dans la terre humide à l'aide d'un semoir à céréales, il faut songer à utiliser un semoir de précision plutôt que d'attendre la pluie.

**Tableau 2-12** – Effets du traitement des semences sur la densité de peuplement et le rendement du soya<sup>1</sup>

Effet	Parcelle témoin	Fongicide + insecticide
Densité de peuplement <sup>1</sup>	307 000 plants/ha (124 000 plants/ac)	321 000 plants/ha (130 000 plants/ac)
Rendement	3,3 t/ha (49,4 bo/ac)	3,4 t/ha (51,1 bo/ac)

<sup>1</sup> Densité de peuplement mesurée 30 jours après les semis.



**Photo 2-5** – Manque d'uniformité dans la germination ou la levée dû à des semis trop superficiels dans une terre sèche (à gauche, semis à 4 cm [1,5 po] de profondeur; à droite, semis à 2 cm [0,75 po])

Les différents cultivars n'ont pas la même capacité à lever après avoir été semés à une profondeur de plus de 5 cm (2 po). Les fournisseurs de semences communiquent parfois une « cote de levée » ou cote d'élongation de l'hypocotyle, qui témoigne de la capacité de levée des graines semées plus profondément que d'habitude.

### Roulage

Le roulage permet de conserver l'humidité du sol et de le préparer en vue de la récolte. Cette opération peut contribuer à aplanir le sol et à enfoncer les cailloux, ce qui facilite le travail de la moissonneuse-batteuse. Certains producteurs roulent leurs champs de soya immédiatement après les semis, et d'autres attendent que la levée ait lieu. Si le roulage a lieu immédiatement après les semis, il améliore le contact entre la semence et le sol, et il risque moins d'endommager les plants;

il accroît cependant les risques d'encroûtement, qui nuit à la levée. Dans les champs de soya qui n'ont pas été roulés après une mise en terre effectuée au semoir à céréales, la levée est souvent plus rapide et plus uniforme. Les champs roulés sont plus exposés à l'encroûtement s'il pleut après les semis. Par contre, si le temps est très sec, le roulage favorise la levée parce qu'il conserve mieux l'humidité du sol. Rien ne permet de croire que le roulage augmente le rendement en stimulant la croissance des plants ou leur floraison. S'il y a des gains de rendement associés à cette opération, c'est certainement parce qu'elle permet au tablier de la moissonneuse-batteuse de faire un meilleur travail.

Le roulage des champs de soya après la levée ne provoque pas de diminution des rendements dans les conditions suivantes :

- Si le roulage a lieu pendant les heures chaudes de la journée, lorsque les plants sont flasques. Les plants de soya sont plus turgescents (rigides) le matin, et ils risquent donc davantage d'être endommagés par le roulage si celui-ci a lieu à ce moment-là.
- Si on laisse les plantules atteindre au moins le stade unifolié, parce qu'au moment de la levée, elles sont très fragiles. Il ne faut toutefois pas procéder au roulage après le stade de la deuxième feuille trifoliée.

### Encroûtement du sol

Après une pluie battante ou la formation de flaques d'eau, l'encroûtement du sol peut nuire à la levée du soya et casser l'hypocotyle (partie du plant qui soutient les cotylédons au-dessus de la surface du sol). S'il y a une forte pluie et qu'une croûte tend à se former, il faut la briser avant que les plantules commencent à percer la surface. Souvent, cette opération est effectuée trop tardivement pour aboutir à une réelle amélioration du peuplement.

Pour briser la croûte et faciliter la levée des semences, il faut travailler légèrement le sol avec une houe rotative, une herse, un système de coutres, ou même un semoir de précision ou un semoir à céréales. Habituellement, ces opérations réduisent d'au moins 10 % le nombre de plants qui lèvent; toutefois, les pertes peuvent être plus importantes lorsque l'hypocotyle perce la surface. Il se peut qu'il ne soit pas nécessaire de briser la croûte dans les peuplements uniformément clairsemés (p. ex. 60 %) qui ont déjà un plein potentiel de rendement. Pour déterminer le potentiel de rendement, voir le tableau 2-13, *Rendement prévu des peuplements de soya optimaux et réduits*.

**Tableau 2-13** – Rendement prévu des peuplements de soya optimaux et réduits

% par rapport à un peuplement complet	Écartement des rangs				Rendement final prévu en % du rendement optimal
	Rang de 18 cm (7 po)	Rang de 36 cm (14 po)	Rang de 53 cm (21 po)	Rang de 76 cm (30 po)	
100 %	553 300 plants/ha (223 900 plants/ac)	402 600 plants/ha (162 900 plants/ac)	392 700 plants/ha (158 900 plants/ac)	405 100 plants/ha (163 900 plants/ac)	100 %
80 %	442 100 plants/ha (178 900 plants/ac)	323 600 plants/ha (131 000 plants/ac)	313 700 plants/ha (127 000 plants/ac)	323 600 plants/ha (131 000 plants/ac)	100 %
60 %	331 000 plants/ha (134 000 plants/ac)	242 100 plants/ha (98 000 plants/ac)	237 100 plants/ha (96 000 plants/ac)	244 500 plants/ha (98 900 plants/ac)	100 %
40 %	222 300 plants/ha (90 000 plants/ac)	160 600 plants/ha (65 000 plants/ac)	158 100 plants/ha (64 000 plants/ac)	163 000 plants/ha (66 000 plants/ac)	87 %
20 %	111 200 plants/ha (45 000 plants/ac)	81 500 plants/ha (33 000 plants/ac)	79 000 plants/ha (32 000 plants/ac)	81 500 plants/ha (33 000 plants/ac)	62 %

### Reprise des semis

Le soya est plus sujet à un mauvais établissement des semis que le maïs ou le blé parce que, pour pouvoir lever, les plantules doivent tirer les feuilles des cotylédons à travers le sol. Il peut être difficile de savoir si la reprise des semis d'une culture mal en point est justifiée. Comme la diminution des peuplements est rarement uniforme, il vaut souvent mieux traiter les différentes parties du champ séparément. Il ne faut pas évaluer trop rapidement un peuplement de soya en mauvais état parce que d'autres plantules peuvent lever plus tard. Si le nombre de plants est réduit de 50 %, la reprise des semis n'est pas nécessaire dans la mesure où les pertes sont uniformes et que le peuplement restant est en bonne santé. De nombreuses études, tout comme l'expérience acquise sur le terrain, ont montré qu'il est souvent plus avantageux de conserver un peuplement existant que d'effectuer une reprise des semis qui, par ailleurs, ne garantit pas un peuplement parfait.

Chaque décision de reprise des semis doit être prise en fonction de divers paramètres relatifs au champ en question :

- La densité et la santé du peuplement existant : le taux de semis recommandé comprend une marge de sécurité visant à assurer la levée d'un peuplement acceptable.
- La cause de la diminution de la densité de peuplement : plusieurs facteurs peuvent être en cause, notamment l'encroûtement du sol, les dommages causés par les herbicides, le gel, la grêle, les insectes et les maladies. Par exemple, lors d'une année pluvieuse, la fonte des semis risque de survenir

à cause de deux genres de champignons, *Pythium* et *Phytophthora*; dans ce cas, s'il faut reprendre les semis, il faut choisir un cultivar qui résiste à *Phytophthora* et traiter les semences.

- L'uniformité du peuplement restant.
- Le potentiel de rendement du peuplement existant par rapport à celui du peuplement une fois le champ réensemencé. Ce potentiel commence à diminuer après la date de semis optimale et il continue de décroître pendant tout le mois de juin.
- Les coûts de la reprise des semis et les coûts supplémentaires liés à la lutte contre les mauvaises herbes dans les peuplements clairsemés.

### Compensation et écartement des plants (vides)

Les plants de soya ont une remarquable capacité de compensation dans les peuplements clairsemés. En effet, ils peuvent combler des vides pouvant atteindre 30 cm (12 po), à l'intérieur des rangs ou entre ceux-ci, sans nuire au rendement, à condition que les mauvaises herbes n'exercent pas une concurrence pour occuper cet espace. D'après des études effectuées en Ontario, une réduction de 33 % du peuplement, si elle est uniforme, n'a pas d'effet notable sur le rendement.

Cependant, dans un peuplement très clairsemé, les plants se ramifient considérablement, ce qui les alourdit et les rend moins résistants à la verse. Les plants ramifiés tendent à produire plus de gousses près du sol, ce qui peut accentuer les pertes à la récolte. Lors d'essais effectués sur des peuplements clairsemés, la verse n'est apparue que lorsque la densité avait chuté à moins de 60 % d'un peuplement complet.

### Évaluation des réductions de peuplement

Il convient de faire une évaluation précise de la densité de peuplement, de l'écartement et de la santé des plants qui restent. En ce qui concerne la densité, voir la méthode qui est présentée à l'annexe K, *Détermination de la densité de peuplement de la culture et des populations d'ennemis à l'aide d'un cadre*.

Le tableau 2-13, *Rendement prévu des peuplements de soya optimaux et réduits*, montre une estimation du potentiel de rendement par rapport à un peuplement complet, d'après des recherches effectuées en Ontario. Notons que ces chiffres reflètent le nombre de plants sains qui restent dans un peuplement clairsemé de densité uniforme et non soumis à la concurrence des mauvaises herbes.

Sur la plupart des types de sols, il ne faut pas reprendre les semis si la densité du peuplement est supérieure à 222 000 plants par hectare (90 000 plants par acre) avec des rangs espacés de 19 cm (7,5 po). Sur les sols argileux très lourds, la reprise des semis n'est justifiée que si la densité est inférieure à 250 000 plants par hectare (110 000 plants par acre).

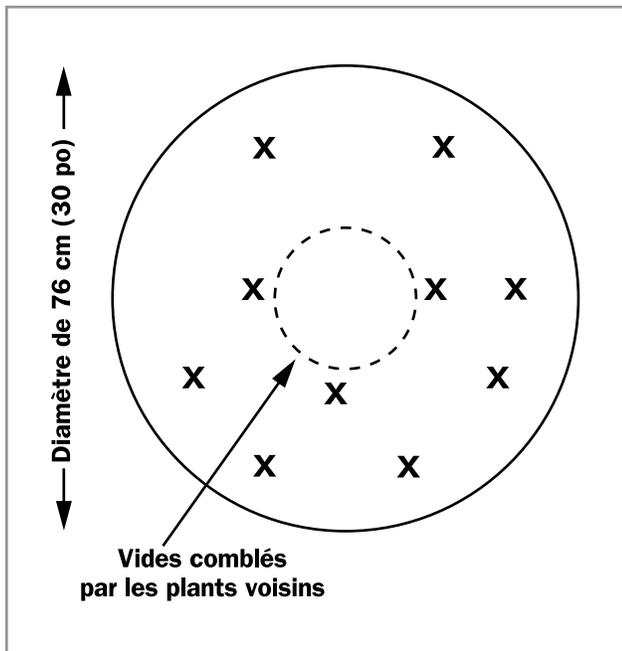


Figure 2-4 – Champ à peuplement réduit

### Calcul des bénéfiques après une reprise des semis

- Évaluer le rendement d'un peuplement complet semé à la première date.
- Mesurer la densité du peuplement existant; pour ce faire, voir la méthode du cerceau qui est présentée à l'annexe K, *Détermination de la densité de peuplement de la culture et des populations d'ennemis à l'aide d'un cadre*.
- Évaluer le potentiel de rendement du peuplement réduit. Voir le tableau 2-13, *Rendement prévu des peuplements de soya optimaux et réduits*.
- Évaluer le potentiel de rendement du peuplement complet une fois le champ réensemencé. Le retard des semis entraîne une diminution du potentiel de rendement. Voir le tableau 2-6, *Effets des dates de semis sur le rendement*.
- Évaluer le coût de la reprise des semis.
- Comparer la valeur du peuplement réduit à celle du peuplement complet une fois le champ réensemencé (voir la figure 2-4, *Champ à peuplement réduit*)

Exemple :

On estime qu'un champ ensemencé le 12 mai aurait un potentiel de rendement de 3 t/ha (45 bo/ac) si le peuplement était complet. Le 5 juin, un peuplement réduit semé avec un semis dense (écartement de 18 cm, ou 7 po) a une densité moyenne de 222 220 plants par hectare (90 000 plants par acre); son potentiel de rendement est donc de 87 % du peuplement complet (2,6 t/ha ou 39 bo/ac) (voir le tableau 2-13, *Rendement prévu des peuplements de soya optimaux et réduits*). Si on reprend les semis à une date plus tardive, soit le 6 juin, le rendement prévu sera d'environ 2,8 t/ha (41 bo/ac) (3 t/ha x 92 % ou 45 bo/ac x 92 %, d'après le tableau 2-6, *Effets des dates de semis sur le rendement*). Dans ce cas, la reprise des semis ne serait donc pas justifiée, compte tenu du coût des semences et de la mise en terre, et des risques que l'opération comporte.

### Semis ponctuel

Dans le cas d'un établissement médiocre, un nouveau semis effectué entre les plantules déjà établies pour compléter ou épaissir le peuplement existant ne permet d'améliorer le rendement que si le peuplement est très ténu. En effet, les plantules issues de ce nouveau semis ont un retard de croissance si grand qu'elles ne sont pas en mesure de rivaliser avec le peuplement original, même s'il est clairsemé. Néanmoins, il s'agit sans doute de la meilleure solution pour maximiser les rendements, et c'est généralement mieux que de repartir à zéro

en retirant le peuplement existant. Si l'on prévoit de compléter ou d'épaissir le peuplement, il faut employer le même cultivar et ne pas détruire le peuplement existant. Avec cette méthode de réparation, il peut être difficile de choisir le moment des activités de lutte contre les mauvaises herbes et de récolte, mais elle est gérable, en particulier avec les cultivars tolérant le glyphosate.

### Croissance des plants

Le tableau 2-14, *Stades végétatifs du soya*, montre les stades de croissance du soya de la levée à la pleine maturité. Le tableau 2-15, *Stades reproductifs du soya*, indique les stades reproductifs du soya, du début de la floraison à la pleine maturité.

Dans la croissance du soya, on distingue deux types de stades : les stades végétatifs (V), pour les feuilles et les nœuds, et les stades reproductifs (R), pour les fleurs, les gousses et les graines. On désigne les stades V selon le nombre de nœuds présents sur la tige principale et portant des feuilles pleinement développées, en commençant par les feuilles unifoliées. On considère qu'une feuille est pleinement développée si les folioles portées par le nœud suivant sont assez déroulées pour que leurs bords ne se touchent plus. Par exemple, au stade V1, les feuilles unifoliées sont entièrement développées, c'est-à-dire que la feuille située au-dessus (première feuille trifoliée) est déroulée; c'est pourquoi on désigne souvent ce stade comme étant celui de la « première feuille trifoliée ». Le nœud est le point où la feuille est ou était attachée à la tige. Pour déterminer les stades V, on ne compte pas les feuilles trifoliées situées sur les branches.

Les deux premières feuilles du plant de soya sont unifoliées (une seule foliole chacune) et opposées; elles se forment au niveau du premier nœud, au-dessus des cotylédons. Les feuilles suivantes sont trifoliées (trois folioles chacune) et alternes. Après l'apparition de deux ou trois feuilles trifoliées, les nodosités, indispensables à la fixation de l'azote atmosphérique, apparaissent sur les racines.

Si on sème les plants de soya à la date optimale, ils forment de cinq à sept feuilles trifoliées avant le début de la floraison, qui est principalement déclenchée par les changements de longueur des jours et de température. Cependant les cultivars très précoces sont presque insensibles à la longueur des jours, et leur floraison dépend essentiellement du nombre d'unités thermiques accumulées. Ceux qui sont plus tardifs sont davantage influencés par la longueur du jour;

les cultivars de saison longue mettent donc moins de temps à arriver à maturité s'ils sont semés tard que s'ils sont semés tôt.

### Germination et levée

La germination débute lorsque la graine absorbe l'humidité du sol et atteint une teneur en eau d'environ 50 %. Le premier signe externe de germination est l'apparition de la radicule (racine séminale), qui pousse vers le bas et s'ancre dans le sol. Peu après, l'hypocotyle (partie de la tige située au-dessus de la radicule) commence à pousser vers le haut en entraînant les cotylédons (feuilles séminales). Une fois levé, l'hypocotyle, en forme de crochet, se redresse, les cotylédons se replient vers le bas et le point végétatif est exposé au soleil. Normalement, la levée se produit de 5 à 21 jours après le semis, selon l'humidité et la température du sol ainsi que la profondeur des semis.

En Ontario, les cultivars de soya commerciaux sont indéterminés, c'est-à-dire qu'ils continuent de croître et de produire de nouvelles feuilles après le début de la floraison. Les grands cultivars à croissance déterminée atteignent leur hauteur maximale avant le début de la floraison, qui est de courte durée. En général, les gousses les plus basses des grands cultivars déterminés sont plus hautes que celles des cultivars indéterminés.

## Gestion de la fertilisation

### Azote et soufre

Les cultures de soya n'ont généralement pas besoin d'engrais azotés (voir section *Inoculation* du chapitre 2). Les recherches effectuées sur l'épandage d'engrais azotés au moment des semis montrent que l'excès d'azote peut retarder la formation des nodosités et la fixation de l'azote, et favoriser une croissance végétative excessive qui augmente les risques de verse. Selon les recherches menées en Ontario, l'épandage d'engrais azotés sur un champ de soya qui possède suffisamment de nodosités ne produit pas de gain de rendement notable. Rien ne permet non plus de penser que l'application de soufre a un effet sur le soya dans la province.

Si les nodosités ne se forment pas et que les plants de soya sont vert pâle et souffrent d'une carence en azote, on suggère d'appliquer 50 kg/ha (45 lb/ac) d'azote à l'apparition de la première fleur, sous forme d'urée ou de nitrate d'ammonium et de calcium, lorsque la surface du feuillage est sèche.

Tableau 2-14 – Stades végétatifs du soya

	VE	VC	V1	V3*	V5	Vn
						
Stade	Levée	Feuille unifoliée	Première feuille trifoliée	Troisième feuille trifoliée	Cinquième feuille trifoliée	Énième feuille trifoliée
Nombre de jours pour atteindre ce stade <sup>1</sup>	15	5	5	3	3	3 jours par feuille trifoliée
Durée du stade en jours <sup>2</sup>	5 à 22	3 à 10	3 à 9	3 à 9	3 à 9	(variable)
Description	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les plantules lèvent de terre (stade de la crosse).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'hypocotyle se redresse et les cotylédons s'ouvrent.</li> <li>• Les feuilles unifoliées se déroulent (leurs bords ne se touchent plus).</li> <li>• Le point végétatif est au-dessus de la surface du sol.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La première feuille trifoliée est apparue et s'est déroulée.</li> <li>• Début de la période critique de lutte contre les mauvaises herbes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trois feuilles trifoliées sont apparues et se sont déroulées.</li> <li>• Fin de la période critique de lutte contre les mauvaises herbes.</li> <li>• La fixation de l'azote a débuté.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cinq feuilles trifoliées sont apparues et se sont déroulées.</li> <li>• La perte de 50 % des feuilles a peu d'incidence sur le rendement final.</li> <li>• Les cultivars de soya précoces entament le stade R1 vers le stade V4.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• n = nombre de nœuds présents sur la tige principale et portant des feuilles pleinement développées, en commençant par la feuille unifoliée.</li> <li>• Le nombre de nœuds est lié à la cote de maturité, à la date de semis et aux conditions climatiques.</li> </ul>

<sup>1</sup> Estimation du nombre de jours requis pour passer d'un stade au suivant.

<sup>2</sup> Estimation du nombre de jours selon la cote de maturité du cultivar, la date de semis, la région de croissance et les conditions climatiques; elle peut varier d'une saison à l'autre et au cours d'une même saison.

\* Les stades V2 et V4 sont des stades végétatifs, mais ils ne figurent pas dans le tableau.

Tableau 2-15 – Stades reproductifs du soya

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
								
Stade	Début de la floraison	Pleine floraison	Premières gousses	Remplissage des gousses	Premières graines	Grossissement des graines	Début de la période de maturité	Maturité
Nombre de jours pour atteindre ce stade <sup>1</sup>	3	10	10	11	14	16	11	(variable)
Durée du stade en jours <sup>2</sup>	1 à 4	8 à 12	8 à 12	9 à 13	12 à 16	14 à 18	8 à 13	(variable)
Notes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Floraison déclenchée par le changement de la longueur des journées et de la température.</li> <li>• Une fleur épanouie à n'importe quel nœud de la tige principale.</li> <li>• La première fleur apparaît près du cinquième nœud (stade V4), puis les autres apparaissent ailleurs sur la tige.</li> <li>• Les racines s'allongent plus rapidement.</li> <li>• Une chaleur extrême peut ralentir la croissance des plants, la floraison et le développement des gousses.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fleur épanouie à l'un des deux plus hauts nœuds de la tige principale.</li> <li>• 50 % de la hauteur et du poids sec accumulé.</li> <li>• Normalement, le stress ne nuit pas au rendement.</li> <li>• La fixation de l'azote augmente rapidement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gousses courtes visibles sur les quatre nœuds les plus hauts (feuilles pleinement développées) de la tige principale.</li> <li>• Pic de floraison.</li> <li>• Deux à trois graines par gousse.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gousses de 2 cm de long sur les quatre nœuds les plus hauts de la tige principale.</li> <li>• Entre les stades R4 et R6, l'apparition d'un stress peut entraîner des pertes de rendement importantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de graines dans l'une des quatre gousses les plus hautes.</li> <li>• Floraison généralement complète.</li> <li>• Les plants ont atteint leur maximum (hauteur, nombre de nœuds et surface foliaire).</li> <li>• Le taux de fixation de l'azote atteint son maximum et commence à diminuer.</li> <li>• Absorption rapide des éléments nutritifs et redistribution aux gousses.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les graines remplissent la cavité de la gousse de l'un des quatre plus hauts nœuds.</li> <li>• Les gousses atteignent leur longueur maximale.</li> <li>• La croissance des racines ralentit de façon importante.</li> <li>• Le gain de poids sec au-dessus du sol ralentit.</li> <li>• Les feuilles commencent à jaunir rapidement.</li> <li>• Les feuilles du bas commencent à tomber.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'une des gousses de la tige principale est devenue brune.</li> <li>• La teneur en eau des graines commence à diminuer (à environ 60 %).</li> <li>• Les plants ont atteint leur maturité physiologique et leur poids sec maximal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 95 % des gousses sont devenues brunes.</li> <li>• Teneur en eau pour la récolte atteinte une à deux semaines après le stade R8.</li> </ul>

<sup>1</sup> Estimation du nombre de jours requis pour passer d'un stade au suivant.

<sup>2</sup> Estimation du nombre de jours selon la cote de maturité du cultivar, la date de semis, la région de croissance et les conditions climatiques; elle peut varier d'une saison à l'autre et au cours d'une même saison.

## Phosphate et potasse

Les directives relatives au phosphate et à la potasse dans les cultures de soya figurent aux tableaux 2-16 et 2-17. Elles reposent sur des analyses de sol reconnues par le MAAARO, réalisées avec la méthode axée sur les concentrations convenables, qui consiste à épandre la dose d'éléments nutritifs la plus économique pour une année donnée.

L'épandage d'éléments nutritifs est rentable lorsque l'accroissement de la valeur de la récolte créé par le gain de rendement ou de qualité dépasse le coût d'application de l'élément nutritif en question.

Si on utilise du fumier, il faut réduire les épandages d'engrais en fonction de la quantité et de la qualité du fumier (voir tableau 9-10, *Quantités habituelles d'azote, de phosphate et de potasse biodisponibles selon la source d'éléments nutritifs organiques*, au chapitre 9).

**Tableau 2-16 – Doses de phosphate (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) recommandées pour le soya**

D'après les analyses de sol reconnues par le MAAARO.

L'épandage d'éléments nutritifs est rentable lorsque l'accroissement de la valeur de la récolte créé par le gain de rendement ou de qualité dépasse le coût d'application de l'élément nutritif en question.

Si on utilise du fumier, il faut réduire les épandages d'engrais en fonction de la quantité et de la qualité du fumier (voir la section sur le fumier du chapitre 9).

LÉGENDE :

RÉ = réaction élevée RM = réaction moyenne  
RF = réaction faible RTF = réaction très faible  
RN = réaction nulle

Teneur en phosphore évaluée au bicarbonate de sodium	Quantité de phosphate à appliquer
0 à 3 ppm	80 kg/ha (RÉ)
4 à 5 ppm	60 kg/ha (RÉ)
6 à 7 ppm	50 kg/ha (RÉ)
8 à 9 ppm	40 kg/ha (RÉ)
10 à 12 ppm	30 kg/ha (RM)
13 à 15 ppm	20 kg/ha (RM)
16 à 30 ppm	0 (RF)
31 à 60 ppm	0 (RTF)
61 ppm et plus	0 (RN) <sup>1</sup>

100 kg/ha = 90 lb/ac

<sup>1</sup> Quand la cote est « RN », l'application du phosphore sous forme d'engrais ou de fumier risque de réduire le rendement ou la qualité des cultures. Par exemple, des apports de phosphate peuvent entraîner des carences en zinc dans les sols pauvres en zinc et augmenter les risques de pollution de l'eau.

**Tableau 2-17 – Doses de potasse (K<sub>2</sub>O) recommandées pour le soya**

D'après les analyses de sol reconnues par le MAAARO.

L'épandage d'éléments nutritifs est rentable lorsque l'accroissement de la valeur de la récolte créé par le gain de rendement ou de qualité dépasse le coût d'application de l'élément nutritif en question.

Si on utilise du fumier, il faut réduire les épandages d'engrais en fonction de la quantité et de la qualité du fumier (voir la section sur le fumier du chapitre 9).

LÉGENDE :

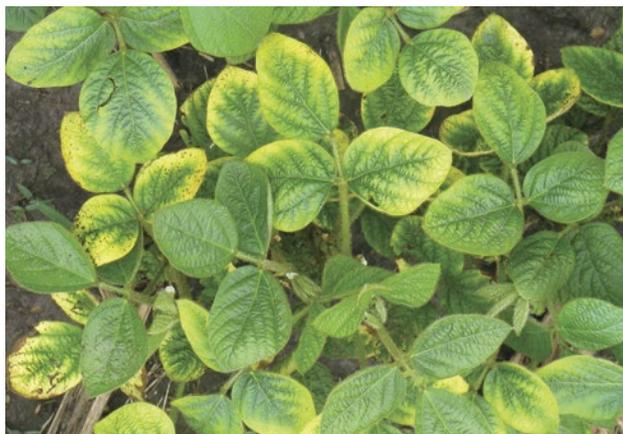
RÉ = réaction élevée RM = réaction moyenne  
RF = réaction faible RTF = réaction très faible  
RN = réaction nulle

Teneur en potassium évaluée à l'acétate d'ammonium	Quantité de potasse à appliquer
0 à 15 ppm	120 kg/ha (RÉ)
16 à 30 ppm	110 kg/ha (RÉ)
31 à 45 ppm	90 kg/ha (RÉ)
46 à 60 ppm	80 kg/ha (RÉ)
61 à 80 ppm	60 kg/ha (RM)
81 à 100 ppm	40 kg/ha (RM)
101 à 120 ppm	30 kg/ha (RM)
121 à 150 ppm	0 (RF)
151 à 250 ppm	0 (RTF)
251 ppm et plus	0 (RN) <sup>1</sup>

100 kg/ha = 90 lb/ac

<sup>1</sup> Quand la cote est « RN », l'application de potasse sous forme d'engrais ou de fumier risque de réduire le rendement ou la qualité des cultures. Par exemple, l'épandage de potasse dans des sols pauvres en magnésium peut provoquer une carence en magnésium.

Une carence en potassium se manifeste sous la forme d'un jaunissement ou d'un brunissement du pourtour des feuilles les plus vieilles, qui, dans les cas les plus graves, touche également les feuilles du sommet du plan (voir photo 2-6). Le soya consomme une très grande quantité de potassium (environ 78 kg/ha pour un rendement de 3,4 t/ha, soit 70 lb/ac pour un rendement de 50 bo/ac). Chaque année en Ontario, de nombreux champs de soya sont carencés en potassium. Pour y remédier, on peut effectuer une application à l'automne ou au printemps. D'après des essais de recherche menés en Ontario, l'épandage en bandes de phosphore et de potassium 5 cm (2 po) à côté et 5 cm (2 po) au-dessous des semences ne produit pas de gain de rendement notable par rapport à un épandage à la volée (voir tableau 2-18, *Effet de l'application d'azote au printemps dans des sols à teneur faible sur le rendement du soya*).



**Photo 2-6** – Carence en potassium (K) se manifestant sur le feuillage plus vieux par le jaunissement ou le brunissement du pourtour des feuilles

**Tableau 2-18** – Effet de l'application d'azote au printemps dans des sols à teneur faible sur le rendement du soya

Moyenne de trois essais avec analyse du sol au cours desquels ont été appliqués 11 ppm de phosphore (P) et 92 ppm de potassium (K). Tout l'épandage s'est fait au printemps. L'azote épandu à la volée a été incorporé au sol.

Un écart de moins de 81 kg/ha (1,2 bo/ac) est sans importance sur le plan statistique.

LÉGENDE : – = aucune donnée disponible

Traitement	Rendement	Gain de rendement
Aucun	3,05 t/ha (45,3 bo/ac)	–
25 lb de P + 40 lb de K (à la volée)	3,33 t/ha (49,5 bo/ac)	0,28 t/ha (4,2 bo/ac)
25 lb de P + 40 lb de K (en bandes, 2 x 2 po)	3,35 t/ha (49,8 bo/ac)	0,30 t/ha (4,5 bo/ac)
25 lb de P (dans la raie de semis)	3,32 t/ha (49,3 bo/ac)	0,27 t/ha (4,0 bo/ac)
2-20-18 + inoculant liquide (dans la raie de semis)	3,27 t/ha (48,6 bo/ac)	0,22 t/ha (3,3 bo/ac)

Si les valeurs obtenues lors de l'analyse du sol sont correctes, l'application de phosphore et de potassium n'a pas d'effet sur le rendement. Pour en savoir plus sur les analyses de sol, voir la section *Directives relatives aux engrais* du chapitre 9, *Fertilité et éléments nutritifs*.

## Méthodes d'application

Le phosphore et le potassium ne doivent pas entrer en contact avec les semences de soya parce qu'ils contiennent des sels qui peuvent les endommager. Le rendement du soya, contrairement à celui du maïs, ne bénéficie pas d'une telle pratique. L'engrais peut être épandu à la volée puis incorporé au sol à l'automne ou au printemps. On peut aussi le placer à une distance de 5 cm (2 po) à côté de la semence et de 5 cm (2 po) au-dessous de celle-ci, au moyen d'un semoir de précision équipé d'un outil spécialement conçu pour la fertilisation. Pour en savoir plus, voir le tableau 9-22, *Doses maximales sûres des éléments nutritifs dans les engrais*, au chapitre 9.

## Analyse des tissus végétaux

Pour l'analyse des tissus du soya, on recommande de prélever la feuille pleinement développée la plus haute (trois folioles et la tige) à l'apparition de la première fleur (voir tableau 2-19, *Interprétation des résultats d'analyse des tissus végétaux pour le soya*). Si l'échantillonnage est fait à un autre moment, il faut prélever des échantillons provenant de parties du champ qui sont saines et de parties touchées pour en faire la comparaison. À l'échantillon de tissu végétal, on peut joindre un échantillon de sol prélevé au même endroit et en même temps pour étayer l'interprétation diagnostique.

## Oligo-éléments

### Manganèse

Le manganèse (Mn) est le seul oligo-élément pour lequel une carence a été signalée dans les cultures de soya en Ontario, mais on peut s'attendre à des carences en zinc sur les terres où la couche arable a été emportée par l'érosion.

Lorsqu'il y a carence en manganèse, les feuilles supérieures deviennent vert pâle (carence légère) ou presque blanches (carence prononcée), bien que les nervures restent vertes (voir photo 2-7). Les analyses de sol et de tissus végétaux permettent de prévoir à quels endroits des carences en manganèse sont susceptibles de se produire. On peut les commander auprès des laboratoires accrédités par le MAAARO dont la liste figure à l'annexe C, *Laboratoires accrédités pour les analyses de sol en Ontario*.

**Tableau 2-19 – Interprétation des résultats d'analyse des tissus végétaux pour le soja**

Ces valeurs se rapportent à la feuille pleinement développée la plus haute (trois folioles et la tige) à l'apparition de la première fleur.

LÉGENDE : – = aucune donnée disponible

Élément nutritif	Concentration critique <sup>1</sup>	Concentration normale maximale <sup>2</sup>
Azote (N)	4,0 %	6,0 %
Phosphore (P)	0,35 %	0,5 %
Potassium (K)	2,0 %	3,0 %
Calcium (Ca)	–	3,0 %
Magnésium (Mg)	0,10 %	1,0 %
Bore (B)	20,0 ppm	55,0 ppm
Cuivre (Cu)	4,0 ppm	30,0 ppm
Manganèse (Mn)	14,0 ppm	100,0 ppm
Molybdène (Mo)	0,5 ppm	5,0 ppm
Zinc (Zn)	12,0 ppm	80,0 ppm

Source : Yin, Xinhua et Tony J. Vyn, « Soybean Responses to Potassium Placement and Tillage Alternatives following No-Till », *Agronomy Journal*, n° 94, p. 1367-1374, 2002.

<sup>1</sup> Prévoir une baisse de rendement due à une carence en un élément nutritif donné lorsque la concentration de ce dernier tombe au niveau critique ou sous celui-ci.

<sup>2</sup> Les concentrations normales maximales sont plus que suffisantes, mais ne causent pas nécessairement de toxicité.

Pour corriger une telle carence, on suggère d'effectuer une pulvérisation foliaire de manganèse. En cas de carence prononcée, une deuxième pulvérisation peut être souhaitable.



**Photo 2-7 –** Carence en manganèse (Mn) reconnaissable aux feuilles supérieures qui deviennent vert pâle, ou presque blanches, alors que les nervures restent vert foncé

**Avertissement :** Avant d'appliquer des oligo-éléments, pour éviter d'endommager la culture, il est indispensable de nettoyer le réservoir du pulvérisateur si celui-ci a servi à l'épandage d'herbicides.

L'épandage de manganèse sur le sol n'est pas recommandé, quelle qu'en soit la source, parce qu'il en faudrait de très grandes quantités. De plus, les applications de manganèse chélaté au sol réduisent le rendement.

En général, le soja réagit bien à un apport de manganèse dans les parties du champ où la carence est évidente. Sur des cultures de soja qui ne manifestent aucun signe de carence, l'application de manganèse ne présente aucun avantage.

## Récolte et entreposage

### Limiter les pertes à la récolte

Les cultures de soja sont moissonnées directement, de préférence au moyen d'une moissonneuse-batteuse munie d'une barre de coupe flottante flexible et d'un tablier automatique réglable. On peut récolter le soja lorsque sa teneur en eau est inférieure à 20 %; cependant, on ne doit l'entreposer que lorsque celle-ci est de 14 % ou moins.



**Photo 2-8 –** Moissonneuse-batteuse munie d'un rabatteur avec soufflerie pour limiter les pertes

Les pertes à la récolte et les dommages mécaniques peuvent être importants si le soja est récolté à une teneur en eau inférieure à 12 %. La perte de seulement 43 graines par mètre carré (4 graines par pied carré) représente une perte totale de 67 kg/ha (1 bo/ac). On peut réduire les pertes de cette nature en maintenant la

vitesse d'avancement entre 4 et 5 km/h. De plus, il faut régler la vitesse du rabatteur selon l'état des cultures.

La barre de coupe flottante permet de couper les plants de soya près du sol. Pour améliorer la récolte, il faut :

- ajuster la soufflerie pour fournir le plus d'air possible sans envoyer les gousses dans l'élévateur de retour ou derrière la moissonneuse-batteuse;
- régler la grille supérieure pour permettre à la soufflerie de séparer les gousses et la paille;
- ajuster le crible pour ne laisser passer que le soya;
- modifier les réglages de la grille supérieure et du crible au cours de la journée, en fonction des conditions météorologiques et de la teneur en eau du soya.

L'entretien du tablier est important, parce que c'est là que surviennent la plupart des pertes. La barre de coupe doit être bien affûtée et les couteaux doivent bien entrer en contact avec les doigts pour permettre une coupe rapide et l'entrée immédiate des parties coupées dans le dispositif. Pour charger rapidement les plants courts, il faut ajouter des courroies sur le rabatteur à battes ou utiliser un rabatteur à soufflerie.

Si le tablier ne réussit pas à couper tous les plants, il faut :

- vérifier les couteaux et les doigts;
- songer à réduire la vitesse d'avancement.

## Qualité et préservation de l'identité

### Avant la récolte

Si le soya est destiné à un marché à identité préservée, il faut prendre les dispositions nécessaires pour éviter la perte de qualité, dont les principales causes sont les taches et les dommages mécaniques. Ces derniers peuvent entraîner le rejet d'un chargement complet. Les taches peuvent être causées par des mauvaises herbes, des graines immatures, la saleté et la poussière. Avant la récolte, il faut nettoyer de fond en comble les moissonneuses-batteuses, les camions, les remorques ainsi que les silos et autres dispositifs de manutention afin de prévenir toute contamination. Il faut examiner les champs pour repérer les plants indésirables et les repousses (p. ex. maïs), et vérifier que les rangs situés en bordure de champ ou de route ne contiennent aucun morceau de verre, de métal, de poteau ou autre. Pour éviter les taches vertes sur les graines, avant de récolter, il est conseillé d'attendre que les tiges de soya

et les mauvaises herbes soient tout à fait sèches. Il faut arracher les mauvaises herbes telles que la morelle noire de l'Est et le phytolaque d'Amérique avant la récolte, ou demander à l'opérateur de la moissonneuse-batteuse d'éviter les zones envahies par ces espèces.



**Photo 2-9** – Taches violacées sur des graines de soya

### Récolte et entreposage

Pour récolter un cultivar à identité préservée autre que celui qui a été récolté en dernier, il est préférable de nettoyer la moissonneuse-batteuse de fond en comble pour éliminer les graines qui y sont coincées. Une autre méthode, moins efficace toutefois, consiste à récolter séparément une petite superficie du cultivar à identité préservée et de traiter le produit comme étant rejeté. Cet échantillon peut servir à vérifier la teneur en eau de la culture et le réglage de la moissonneuse-batteuse, et peut être vendu comme du soya à identité non préservée.

Voici quelques autres conseils concernant les opérations de récolte :

- Superviser les moissonneurs contractuels pour s'assurer que leur équipement est prêt.
- Conserver une copie du contrat de soya à identité préservée afin de respecter les consignes de qualité au moment de la récolte; commencer la récolte plus tard dans la journée et la terminer plus tôt que pour les cultivars commerciaux, principalement pour éviter de tacher les graines. Il est très difficile de nettoyer une moissonneuse-batteuse qui a été contaminée.
- De préférence, récolter lorsque la teneur en eau est près de 14 %, ce qui permet d'effectuer le séchage à l'air ambiant. Faire la récolte du soya quand sa teneur en eau est d'au moins 12 %, et le manipuler soigneusement pour empêcher le tégument de fendiller.
- Au cours de la journée, régler la moissonneuse-

batteuse à mesure que les conditions de récolte évoluent; les réglages effectués dans le but de réduire les dommages mécaniques peuvent accroître la quantité d'impuretés, mais ces pertes sont largement compensées par les primes offertes aux producteurs.

- Entreposer le soya à identité préservée dans des silos distincts des autres cultivars et des autres grains et oléagineux.

Si le soya est cultivé en vertu d'un contrat signé, toutes ces exigences y sont mentionnées. Avec ou sans contrat, tout manquement peut entraîner une réduction des primes.

## Séchage du soya

Bon nombre de cultivars à identité préservée ne peuvent pas être séchés artificiellement, notamment avec de l'air chaud. Pour savoir quels sont les taux d'humidité acceptables et les méthodes de séchage du soya à identité préservée, il faut communiquer avec l'acheteur.

### Séchoirs à grains

Trois grands types de séchoirs sont utilisés dans les exploitations agricoles :

- Cellules sèches;
- Séchoirs discontinus;
- Séchoirs continus.

Aucun système de séchage en particulier n'est supérieur aux autres à tous les égards. Le choix d'un système dépend des caractéristiques recherchées :

- Capacité de séchage;
- Qualité du grain;
- Efficacité énergétique ou de séchage (kJ/kg ou BTU/lb d'eau retirée);
- Facilité d'utilisation et main-d'œuvre nécessaire au fonctionnement;
- Possibilité de sécher différents types de cultures;
- Besoin d'entretien et coût d'investissements.

Tous les séchoirs font passer de l'air sur les graines pour faire évaporer l'humidité qu'elles contiennent et l'évacuer. Cet air de séchage est chauffé, ce qui réduit son humidité relative et accroît ainsi son pouvoir de séchage. On peut sécher les graines humides à des températures plus élevées parce que l'évaporation de

l'humidité les refroidit. Au fur et à mesure que les graines sèchent, elles s'approchent de la température de l'air de séchage. Par conséquent, plus elles demeurent longtemps en contact avec l'air chauffé, plus elles deviennent sèches et chaudes.

### Séchage du soya à l'air chaud et à l'air froid

On récolte parfois le soya à une teneur en eau plus élevée en raison d'un temps pluvieux, ou à une date plus précoce que d'habitude pour limiter les pertes. Il est possible d'adapter toutes les méthodes de séchage au soya si l'on suit certaines règles sur l'utilisation de la chaleur et les pratiques de manutention.

Il faut faire preuve de prudence quand on utilise de l'air chaud pour sécher du soya dont la teneur en eau est plus élevée que la valeur recommandée pour un entreposage sûr à long terme. Il faut maintenir le degré d'humidité relative de l'air de séchage au-dessus de 40 % pour empêcher le tégument de fendiller. L'expérience montre que 100 % des graines se fendillent après seulement cinq minutes d'exposition à une température très élevée. Dans la majorité des cas, on recommande une température de séchage maximale de 55 à 60 °C pour le soya commercial. Si les conditions atmosphériques sont favorables, il se pourrait qu'on doive réduire cette température pour éviter ce phénomène. Pour évaluer l'effet du séchage, il faut vérifier le nombre de graines fendillées avant et après l'opération.

Le soya de semence doit être séché à une température inférieure à 40 °C, et l'opération ne devrait être entreprise que par des personnes ayant plusieurs années d'expérience. Certains fournisseurs de soya de semence désapprouvent toute utilisation de chaleur dans le conditionnement de ce type de produit. Il est important de communiquer avec l'entreprise qui achètera la semence pour connaître la méthode qu'elle préconise.

Pour ce qui est des cellules sèches, il faut faire preuve de prudence si on utilise un système équipé d'un dispositif de brassage qui fait circuler les graines dans le silo. La manutention peut causer des dommages considérables, surtout si la teneur en eau tombe à 12 % ou en dessous.

### Séchage à l'air ambiant

Le soya dont la teneur en eau est légèrement supérieure à celle recommandée pour l'entreposage peut être

séché à l'air ambiant si les conditions s'y prêtent. Cette opération exige beaucoup d'attention de la part de l'exploitant parce que le soya absorbe et perd facilement de l'humidité. Il faut mettre le ventilateur en marche uniquement lorsque les conditions extérieures sont propices au séchage. Il ne faut pas laisser le ventilateur en marche 24 heures sur 24, parce que les graines redeviendraient humides pendant la nuit, ce qui annulerait les progrès réalisés pendant le jour.

### **Exigences minimales pour le séchage du soya à l'air ambiant**

- Aménager un faux fond entièrement perforé dans la cellule de stockage.
- Nivelier la surface du soya dans toute la cellule de stockage.
- Assurer un débit d'air d'au moins 6,5 l/sec/m<sup>3</sup> (0,5 pi<sup>3</sup>/min/bo).
- Nettoyer les graines afin de les débarrasser des gousses et des particules fines accumulées.
- Mesurer précisément la teneur en eau du soya dans la cellule de stockage.
- Bien lire la température de l'air et l'humidité relative à l'extérieur.
- Bien connaître la teneur en eau à l'équilibre du soya.
- Installer un interrupteur de commande du ventilateur.

Il faut un faux fond entièrement perforé pour permettre à l'air de circuler de façon uniforme partout dans la cellule; avec un faux fond partiellement perforé ou un réseau de conduits d'air, il reste des zones où l'air ne circule pas, ce qui présente des risques d'altération. Les gousses, les résidus et les particules fines qui s'accumulent dans la cellule de stockage gênent le passage de l'air ou le dévient. L'air qui traverse la masse de soya suit toujours le chemin offrant le moins de résistance.

### **Détermination du débit d'air**

Il faut un débit suffisant pour faire passer l'air dans toute la masse de soya. Pour retirer l'humidité, le débit d'air doit être au moins de 6,5 l/sec/m<sup>3</sup> (0,5 pi<sup>3</sup>/min/bo); en deçà de ce seuil, il aura pour effet de modifier la température du soya sans toutefois influencer sa teneur en eau. Les débits d'air de 26 l/sec/m<sup>3</sup> (2 pi<sup>3</sup>/min/bo) ou plus permettent seulement d'accélérer le séchage. Pour calculer la valeur du débit en l/sec/m<sup>3</sup> (pi<sup>3</sup>/min/bo) pour une cellule donnée, il faut déterminer le nombre de boisseaux qu'elle contient et la pression statique que le ventilateur doit vaincre. On peut utiliser un

manomètre, un appareil tout simple servant à mesurer la pression statique dans le faux fond perforé sous la cellule. Il affiche la pression en centimètres ou en pouces d'une colonne d'eau (voir figure 12-1, *Manomètre de fabrication artisanale*). À partir de la courbe de rendement du ventilateur, on peut calculer son débit à la pression statique mesurée. Pour ce faire, il faut diviser le débit en l/sec (pi<sup>3</sup>/min) par le nombre de boisseaux contenus dans la cellule de stockage. Pour obtenir un débit suffisant, on peut aussi ne remplir que partiellement la cellule de stockage. Ainsi le ventilateur devra vaincre une pression statique moins importante et donnera un débit d'air par boisseau plus élevé.

### **Teneur en eau à l'équilibre**

Des chercheurs ont mis au point des tableaux qui indiquent la teneur en eau finale du soya selon la température et l'humidité relative de l'air (voir tableau 2-10, *Teneur en eau à l'équilibre (% à l'état humide) du soya exposé à l'air*). Par exemple, pour connaître la teneur en eau à l'équilibre du soya exposé à l'air extérieur à 10 °C et à 70 % d'humidité relative, il suffit de trouver l'intersection de la rangée et de la colonne correspondantes dans le tableau. La valeur indiquée à cet endroit (13,2 %) est la teneur en eau à l'équilibre du soya, qu'il atteindra s'il est soumis à ces mêmes conditions extérieures pendant un délai suffisamment long.

**Tableau 2-20 – Teneur en eau à l'équilibre (% à l'état humide) du soya exposé à l'air**

Température	Humidité relative				
	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %
0 °C	10,0	11,8	13,7	16,2	19,8
5 °C	9,8	11,5	13,5	15,9	19,6
10 °C	9,5	11,2	13,2	15,7	19,4
15 °C	9,2	11,0	13,0	15,5	19,2
20 °C	9,0	10,7	12,8	15,2	19,0
25 °C	8,7	10,5	12,5	15,0	18,8

### **Mesure du taux d'humidité relative**

Pour sécher le soya à l'air, il est important de connaître avec précision le taux d'humidité relative de l'air extérieur, qui peut être difficile à mesurer. Dans certains cas, cette information peut être communiquée par une station météorologique de la région, mais les conditions peuvent varier d'un endroit à l'autre. Pour le séchage à l'air du soya gourd, il n'est pas conseillé

d'utiliser un hygromètre domestique, ce type d'appareil n'étant généralement pas assez précis. On recommande plutôt d'utiliser un psychromètre fronde ou un hygromètre de bonne qualité, qui conviennent tous deux parfaitement à cet usage.

### **Quand faire fonctionner le ventilateur**

Il faut mettre le ventilateur en marche non pas en fonction de l'heure de la journée, mais bien en fonction de la température et du taux d'humidité relative de l'air. En effet, selon la journée, le séchage peut avoir lieu entre 9 h et minuit ou seulement entre 9 h et 18 h. Il faut souvent vérifier la température et le taux d'humidité relative de l'air au cours de la journée. Pour que le séchage progresse, l'air extérieur doit être plus sec que l'air intérieur. Si pendant une journée donnée, la teneur en eau à l'équilibre est inférieure à la teneur en eau des graines les plus humides, le séchage est possible et le ventilateur doit être mis en marche. On peut installer un humidistat permettant à l'opérateur de régler à l'avance le taux d'humidité auquel le ventilateur doit se mettre en marche.

Le soya qui se trouve sur le dessus de la cellule de stockage séchera en dernier. Chaque jour où le ventilateur fonctionne, le front de séchage progresse un peu plus vers le haut de la cellule. Il se peut que l'ensemble du front du séchage n'atteigne pas le haut de la cellule aussi rapidement que prévu. Il faut prélever des échantillons chaque fois à la même profondeur pour connaître l'évolution de la teneur en eau à cet endroit. Les cellules de stockage pourvues de dispositifs de brassage afficheront des teneurs en eau relativement uniformes.

## **Autres problèmes liés aux cultures**

### **Insectes et maladies**

La figure 2-5, *Calendrier de dépistage des ennemis du soya*, montre les insectes et les maladies qui peuvent endommager la culture de soya et nuire à son rendement, et la période à laquelle ils peuvent agir. Les traitements de lutte contre les insectes et animaux nuisibles et les maladies sont présentés dans la publication 812F du MAAARO, *Guide de protection des grandes cultures*.

## **Domages causés par le gel et la grêle**

### **Début de saison**

Les plants endommagés sous les cotylédons par le gel ou la grêle en début de saison ne se rétablissent pas (voir photo 2-10). Si le gel ou la grêle endommage le point végétatif du plant sans toutefois toucher la tige sous celui-ci, le plant produit de nouvelles pousses à partir de la base des feuilles ou des cotylédons. Il faut de trois à quatre jours aux nouvelles pousses pour sortir du point d'attache des feuilles sur la tige (aisselle). D'après des essais de recherche, la perte de feuilles aux premiers stades de la croissance a peu d'incidence sur le rendement final ou la maturité. Le tableau 2-21, *Pourcentage de perte de rendement des cultivars de soya indéterminés selon la surface foliaire endommagée et le stade de croissance*, résume les pertes de rendement prévues dans différents cas.



**Photo 2-10** – Domages causés par la grêle; le soya est surtout vulnérable à la grêle pendant la floraison et le remplissage des gousses

### **Domages aux tiges**

Les bris ou les coupures de tiges ont plus d'incidence sur le rendement et la maturité que la perte de feuilles. Si moins de 50 % des tiges sont perdues avant la floraison, la perte de rendement sera inférieure à 10 %. Pour évaluer les dommages causés par la grêle, il faut vérifier s'il y a des meurtrissures sur les tiges. Si celles-ci sont gravement endommagées, les plants se rétablissent plus difficilement et ils peuvent aussi devenir plus vulnérables aux maladies. Les meurtrissures, qui n'entraînent pas la cassure de la tige, ont très peu d'incidence sur le rendement.

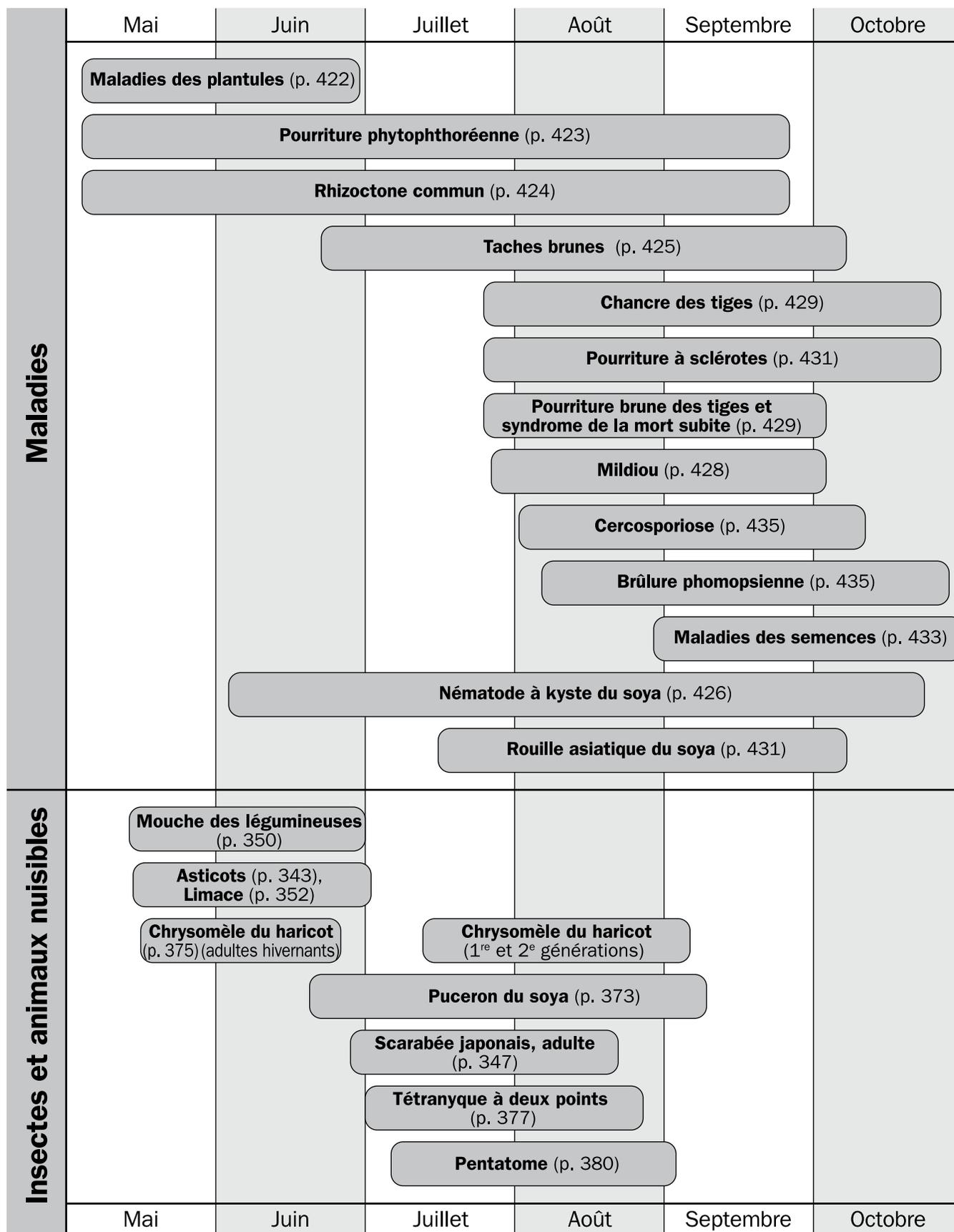


Figure 2-5 – Calendrier de dépistage des ennemis du soya

**Tableau 2-21** – Pourcentage de perte de rendement des cultivars de soya indéterminés selon la surface foliaire endommagée et le stade de croissance

LÉGENDE : – = aucune donnée disponible

Stade de croissance	Surface de feuilles détruites (%)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
VC-Vn	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
R1	–	1	2	3	3	4	5	6	8	12
R2	–	2	3	5	6	7	9	12	16	23
R2,5	1	2	3	5	7	9	11	15	20	28
R3	2	3	4	6	8	11	14	18	24	33
R3,5	3	4	5	7	10	13	18	24	31	45
R4	3	5	7	9	12	16	22	30	39	56
R4,5	4	6	9	11	15	20	27	37	49	65
R5	4	7	10	13	17	23	31	43	58	75
R5,5	4	7	10	13	17	23	31	43	58	75
R6	1	6	9	11	14	18	23	31	41	53
R6,5	0	1	1	3	4	5	7	13	18	23

Imprimé avec l'autorisation de National Crop Insurance Services (NCIS). Ne pas reproduire sans autorisation.

En ce qui a trait aux pertes de rendement, c'est lors de la floraison et du remplissage des gousses que le soya est le plus vulnérable. C'est particulièrement le cas si les tiges sont cassées, ce qui entraîne une diminution du nombre de gousses et de la taille des graines. Il peut aussi y avoir des retards dans la maturité.

### Domages causés par le froid et le gel en fin de saison

Le soya est considéré comme une culture de saison chaude, et il est donc relativement sensible au froid, notamment pendant la floraison. En effet, on croit qu'une période de froid prolongé (moins de 10 °C) pendant la floraison nuit à la formation du pollen, et il en résulte des gousses apyrènes (dites « parthénocarpiques »). Cependant certains cultivars n'ont pas la même tolérance au temps froid que d'autres.

Les cultivars qui ont une pubescence brun jaunâtre sont souvent plus tolérants au froid que ceux qui ont une pubescence grise.

Le soya peut facilement être endommagé par le gel jusqu'à ce qu'il atteigne la maturité physiologique au stade R7 (lorsque l'une des gousses de la tige principale devient brune ou grise). Passé ce stade, le gel n'abîme généralement pas les plants de soya si les gousses ne sont pas touchées. Mais avant ce stade, il peut nuire à la qualité des graines. Pendant la floraison et le remplissage des gousses, une forte gelée peut réduire les rendements de 80 %. Si elle survient lors du remplissage des gousses, les graines sont fortement endommagées et prennent une teinte verdâtre (aspect « confit »). Même les graines modérément gelées de couleur verdâtre et dont le tégument est légèrement ridé sont considérées comme endommagées. Elles peuvent être rejetées si elles sont trop nombreuses parce qu'elles finissent par sécher avec un tégument ridé. Bien que les plants endommagés par le gel puissent arriver à maturité plus tôt, ils ont la même teneur en eau que les plants non touchés. La germination se trouve elle aussi gravement réduite. La Commission canadienne des grains considère comme endommagés par la gelée les plants de soya dont le cotylédon, une fois coupé, « est vert ou d'un brun verdâtre avec un aspect cireux et vitreux ».

Au fur et à mesure que la récolte arrive à maturité, les gelées de fin de saison produisent des pertes de rendement de moins en moins importantes. Si elles surviennent au stade R5, les gelées réduisent le rendement de 50 à 70 %. Au stade R6, les pertes sont de 20 à 30 %. Lorsque la récolte a atteint le stade R7, les pertes prévues sont seulement de 5 à 10 %. Si les plants ont atteint leur pleine maturité, aucune perte de rendement n'est prévue.

### Domages dus à la foudre

Les dommages dus à la foudre sont limités à un cercle ou un ovale d'un diamètre de 5 à 10 m (13 à 30 pi). Les plants sont généralement tués, mais ils survivent parfois en bordure de la zone touchée. Celle-ci est nettement délimitée (l'eau stagnante ou l'eau courante s'y est accumulée durant l'orage), ce qui rend le diagnostic relativement facile (voir photo 2-11). La partie touchée ne s'élargit pas avec le temps. Les tiges sont souvent noircies, et les feuilles mortes restent attachées aux plants.



**Photo 2-11** – Dommages causés par la foudre, qui prennent la forme de petites plaques circulaires avec une bordure bien définie

### Graines de soya vertes à maturité

Après une saison de croissance extrêmement sèche, les graines mûres peuvent être vertes à la récolte bien que leur teneur en eau soit inférieure à 13 % (voir photo 2-12). Ce phénomène est généralement plus accentué dans les régions où il fait extrêmement sec en juillet et en août, sur des sols qui retiennent peu l'eau. Comme les graines sont sèches, l'« activité » qui se déroule à l'intérieur est réduite au minimum. L'enzyme qui dégrade normalement la chlorophylle ne peut agir à une teneur en eau aussi faible, ce qui explique que la couleur verte ne disparaisse pas. À terme, la teinte verte peut s'estomper dans une certaine mesure à l'extérieur de la graine, mais elle persistera à l'intérieur de celle-ci, que ce soit au champ ou à l'entreposage. On ne peut pas faire grand-chose pour enrayer ce phénomène, qui est attribuable aux conditions météorologiques. La meilleure méthode de prévention, c'est d'opter pour une bonne rotation des cultures et de choisir les cultivars les mieux adaptés à la région concernée.



**Photo 2-12** – Chez les plants stressés par la sécheresse, on trouve des graines restées vertes à maturité parce que la chlorophylle ne s'est pas décomposée au stade du remplissage des gousses (à droite, des graines vertes à maturité)