

4. Céréales

Les céréales font partie intégrante de la production agricole de l'Ontario, où elles occupent environ 25 % des terres arables (soit environ 607 000 ha ou 1,5 million d'acres). Pour les producteurs, elles offrent de nombreux avantages dont d'excellentes perspectives de profit, une amélioration marquée de la structure du sol, des possibilités de gestion du fumier et la possibilité d'étaler la charge de travail. Lorsque la gestion est efficace, les céréales donnent de très bons résultats; lorsqu'une attention suffisante est portée aux détails, elles constituent l'une des cultures les plus rentables.

Travail du sol

Méthodes de travail du sol

Les céréales sont peu sensibles au choix de la méthode de travail du sol. Dans une recherche effectuée à cet effet sur le blé d'automne, on a démontré un avantage économique par rapport au travail réduit du sol et on n'a constaté aucun écart de rendement important entre le labour à la charrue à socs, le travail réduit du sol et le semis direct, comme le montre le tableau 4-1, *Rendement du blé d'automne selon la méthode de travail du sol*. Les rendements dépendent peu de la méthode de travail du sol, mais un bon contact entre la semence et le sol et le taux d'humidité du sol sont essentiels à la germination.

Le choix de la méthode de travail du sol a des répercussions sur d'autres aspects du système cultural. Pour que les cultures puissent donner des rendements élevés et être rentables, la méthode de travail du sol doit tenir compte des facteurs tels que la fertilité du sol, la pression exercée par les insectes et les maladies, et la lutte contre les mauvaises herbes. Les risques accrus de déchaussement par le gel et de moisissure des neiges comptent parmi les inconvénients associés à un travail du sol plus intensif dans les cultures d'automne. De plus, l'érosion est à craindre dans toutes les cultures soumises au travail du sol.

Il existe d'autres options pour la mise en terre de céréales :

- Semis direct;
- Méthode traditionnelle;
- Semis sur sol gelé;
- Semis aérien de céréales d'automne;
- Semis à la volée.

Semis direct

La plupart des cultures de blé d'automne sont semées par semis direct. Les rendements ainsi obtenus sont souvent équivalents à ceux des méthodes traditionnelles. Les semoirs à semis direct peuvent suivre la moissonneuse-batteuse dans le même champ, ce qui permet d'avancer les dates de semis et d'augmenter les rendements. Les plants de céréales d'automne en semis direct résistent mieux au déchaussement par le gel parce qu'ils sont ancrés dans un sol plus ferme.

Pour ce qui est du semis direct, il faut prendre en compte la gestion des engrais, la capacité du semoir et la lutte contre les mauvaises herbes. Par comparaison avec celles qui sont cultivées par la méthode traditionnelle, les céréales soumises au semis direct réagissent mieux à l'application d'un engrais de démarrage avec les semis, notamment de phosphore (voir *Syndrome du rang de maïs*).

Le contact entre la semence et le sol est essentiel à l'absorption de l'humidité. Les semoirs de semis direct doivent pouvoir traverser les résidus et pénétrer le sol dur pour placer les semences avec précision. Le semoir peut être équipé de roues plumbeuses ou de dispositifs tasseurs en plastique recourbés comme des bâtons de hockey qui poussent les graines au fond de la raie, améliorent le contact entre la semence et le sol et assurent une profondeur de semis plus uniforme. Dans les systèmes de semis direct, la lutte contre les mauvaises herbes joue un rôle fondamental. Il importe d'effectuer systématiquement une destruction chimique avant les semis pour assurer une maîtrise du

Tableau 4-1 – Rendement du blé d’automne selon la méthode de travail du sol

Méthode de travail du sol	Rendement comparatif ¹	Nombre de comparaisons	Avantage économique par rapport au travail réduit
Travail réduit du sol c. charrue à socs	5,2 c. 5,1 t/ha (77,5 c. 75,4 bo/ac)	12	37,80 \$/ha (15,31 \$/ac)
Semis direct c. charrue à socs	4,8 c. 5,0 t/ha (71,7 c. 74,9 bo/ac)	36	46,60 \$/ha (18,85 \$/ac)
Semis direct c. travail réduit du sol	4,4 c. 4,3 t/ha (65,0 c. 64,6 bo/ac)	22	18,65 \$/ha (7,55 \$/ac)

Source : Base de données Tillage Ontario.

¹ Les rendements moyens varient parce que les comparaisons sont faites en différents endroits.

pissenlit et des autres espèces annuelles d’automne. Voir la publication 75F du MAAARO, *Guide de lutte contre les mauvaises herbes*, pour connaître les directives sur la destruction chimique. Pour réduire l’incidence des maladies, on traite les semences à l’aide d’un fongicide. Pour obtenir plus d’information sur le traitement des semences, voir la publication 812F du MAAARO, *Guide de protection des grandes cultures*.

L’ajout ou l’utilisation de coutres peut présenter un intérêt si l’on pratique le semis direct. Dans les sols secs et durs, un léger ameublissement facilite et accélère le développement des racines et la croissance. Lors d’automne pluvieux, un léger travail du sol peut accélérer son assèchement et permettre d’effectuer les semis dans de meilleures conditions. Le recours à ces méthodes de travail réduit lorsque l’état du sol les rend nécessaires.

Méthode traditionnelle

Des générations de producteurs ont employé la charrue, les disques et le cultivateur pour préparer les lits de semence des céréales. Les céréales de printemps sont encore souvent cultivées selon ces méthodes traditionnelles. Bien que celles-ci donnent de bons résultats, les problèmes d’érosion, le prix du carburant, les coûts de main-d’œuvre et l’effet limité du travail du sol sur les rendements incitent de plus en plus de producteurs à se tourner vers le travail réduit. En ce qui concerne les méthodes traditionnelles, les recommandations ayant trait au contact entre la semence et le sol, à la mise en place des semences dans un milieu humide et à la précision de la profondeur des semis sont celles qui sont indiquées dans la section *Semis direct*, mais le travail du sol remplace la destruction chimique des mauvaises herbes.

Semis de céréales de printemps sur sol gelé

Le fait de semer des céréales de printemps sur un sol gelé permet d’avancer les dates de semis et d’accroître les rendements.

La technique consiste à effectuer un semis direct sur le sol légèrement gelé, au début du printemps. Une fois que la neige a fondu et que le sol n’est plus gelé en profondeur, il reste encore souvent plusieurs nuits froides où les températures tombent sous le point de congélation. Étant donné que la mince couche de gel supporte le poids du tracteur, cette technique permet d’éviter le compactage ou l’orniérage. Il n’est pas essentiel de refermer la raie dans ce cas puisque la terre retombe naturellement en place et couvre la semence dès que le sol dégèle. Il suffit de régler le semoir pour qu’il trace une raie peu profonde de 2,5 cm (1 po) et pousse la graine au fond de celle-ci. Il ne faut pas laisser la graine à la surface du sol, car l’établissement du peuplement sera médiocre. La plage permettant cette méthode de semis est de courte durée. On obtient généralement les meilleurs résultats lorsque le gel commence à faire durcir le sol, à -3 ou -4 °C, souvent vers minuit. Il faut absolument s’arrêter dès que le soleil matinal commence à ramollir la terre parce que celle-ci collerait et pourrait encrasser le semoir sur une distance de seulement 15 m (50 pi).

Il ne faut pas tenter le semis sur sol gelé lorsque la température de l’air descend en dessous de -8 °C. Le sol serait alors assez dur pour endommager le semoir de semis direct, et les semences resteraient à la surface, ce qui n’est pas souhaitable.

Bien que cette courte fenêtre puisse ne pas se produire tous les ans, il n'en reste pas moins que cette forme de semis précoces peut donner des gains de rendement atteignant 25 %. Le tableau 4-2, *Comparaison des semis de céréales de printemps sur sol gelé et sur sol sec*, montre les gains de rendement et de qualité obtenus avec les semis sur sol gelé. Le semis sur sol gelé de céréales d'automne effectué à la fin de l'automne ou au début de l'hiver a également donné de bons résultats. Cependant, dans ces cas, il faut absolument placer les semences à au moins 2,5 cm (1 po) de profondeur et avoir des attentes réalistes.

Semis aérien du blé d'automne

Le semis aérien donne les meilleurs résultats s'il est effectué avant que les plants de soya aient perdu 10 % de leurs feuilles. Les feuilles de soya couvriront ainsi les semences et retiendront l'humidité avant la germination du blé.

Les semis aériens donnent des résultats variables. La semence est extrêmement vulnérable aux dommages dus aux limaces. En effet, celles-ci se nourrissent du germe de la graine, et elles peuvent réduire gravement le peuplement voire le détruire, surtout dans les tournières. À première vue, la graine semble reposer normalement à la surface du sol, prête à germer, mais un examen plus attentif montre qu'elle a été endommagée (voir photo 4-1). Il est possible de remédier à ce problème en réensemencant les tournières après la récolte du soya.



Photo 4-1 – Limace mangeant le germe d'une graine
Photo : T. Meulensteen, C & M Seeds

Les semis aériens du blé donnent un système racinaire superficiel, donc plus vulnérable au déchaussement et aux dommages causés par le vent (voir la section *Profondeur de semis* du présent chapitre). Au printemps, les plants de blé sont reliés au sol par un seul poil absorbant. Si celui-ci casse sous l'effet des mouvements de torsion imposés par le vent, le plant meurt.

Selon les données provenant d'essais à petite échelle effectués à la ferme, compte tenu de ces risques inhérents, les rendements du blé après un semis aérien sont souvent de 10 % inférieurs à ceux obtenus avec un semoir à céréales. Les semis aériens ne sont donc pas très employés. Lorsqu'on opte pour cette méthode, on devrait porter le taux de semis à 5 millions de graines par hectare (2 millions de graines par acre) pour compenser la diminution de la densité de peuplement.

Tableau 4-2 – Comparaison des semis de céréales de printemps sur sol gelé et sur sol sec

Méthode de travail du sol ¹	Rendement		Poids spécifique	
	Sol gelé	Sol sec	Sol gelé	Sol sec
Avoine	5,3 t/ha (140,3 bo/ac)	4,6 t/ha (120,6 bo/ac)	46,5 kg/hl (37,3 lb/bo)	44,6 kg/hl (35,8 lb/bo)
Blé de printemps après du soya	4,6 t/ha (67,7 bo/ac)	3,9 t/ha (57,5 bo/ac)	75,9 kg/hl (60,9 lb/bo)	73,7 kg/hl (59,1 lb/bo)
Blé de printemps après du maïs	4,1 t/ha (60,5 bo/ac)	2,6 t/ha (39,4 bo/ac)	74,6 kg/hl (57,9 lb/bo)	64,8 kg/hl (52,0 lb/bo)

Source : Johnson, MAAARO, Thorndale, 2006-2007.

¹ Chaque traitement représente la moyenne de trois populations de 2, 3 et 4 millions de graines/ha (0,8, 1,2 et 1,6 million/ac) pour l'avoine, et de 3, 4 et 5 millions de graines/ha (1,2, 1,6 et 2,0 millions/ac) pour le blé de printemps (nombre de graines/ac x 2,47 = nombre de graines/ha).

Semis à la volée

Le semis à la volée permet une mise en terre beaucoup plus rapide. Il est par contre important d'assurer un bon contact entre la semence et le sol et l'uniformité du taux de semis sur toute la superficie ensemencée et entre les passages de l'épandeur.

Les appareils de distribution à air donnent un semis uniforme. Il est important de travailler le champ à faible profondeur, soit à 7,5 cm (3 po), par deux passages perpendiculaires pour éviter les irrégularités du semis, puis de tasser le sol pour améliorer le contact entre la semence et le sol.

Cette méthode ne donne pas une profondeur de semis uniforme et elle crée donc souvent des écarts de maturité avec une réduction du rendement de 5 à 10 %. Si l'on effectue les semis à la volée, on peut augmenter les taux de semis de 10 % pour compenser les risques de variabilité.

Choix des cultivars

Les principes qui régissent le choix d'un bon cultivar ne varient pas beaucoup d'une culture à l'autre. La sélection des cultivars de blé est compliquée par les facteurs de qualité des produits finaux et leurs effets sur les prix et les rendements. On cultive davantage de types de blé en Ontario que dans toute autre région du Nord-Est de l'Amérique du Nord. Les marchés de la meunerie et de l'avoine pour chevaux ont aussi des critères de qualité qui leur sont propres, tout comme ceux de l'orge destinée à la consommation humaine ou à la brasserie.

Critères habituels de sélection des cultivars

- Choisir les cultivars en fonction des conditions de croissance locales et de l'utilisation finale prévue. Comparer les cultivars du point de vue de leur potentiel de rendement, de leur résistance à la verse, de leur tolérance aux maladies et des autres facteurs agronomiques. Pour choisir un cultivar, il est utile de bien connaître les limitations d'une exploitation ou d'un champ donné.
- Utiliser toutes les sources d'information disponibles. Il existe un excellent système d'évaluation du rendement des cultures céréalières. Il est accessible à partir du site Web du Comité des céréales de l'Ontario, au www.gocereals.ca.

- Comparer le rendement des cultivars à partir de données recueillies sur de longues périodes et dans un grand nombre de sites. Des cultivars qui fournissent d'excellents résultats dans certaines conditions environnementales peuvent s'avérer très décevants une autre année. Par exemple, un cultivar d'avoine qui excelle en l'absence de rouille peut donner le pire rendement une année où la rouille apparaît tôt en saison. Le choix des meilleurs cultivars donnant un rendement stable doit se fonder sur des données à long terme provenant de nombreux sites. Pour comparer les cultivars et leurs propriétés au fil du temps, il suffit d'utiliser la fonction **Head to Head** sur le site [GoCereals \(www.gocereals.ca\)](http://www.gocereals.ca).
- Choisir deux ou trois des meilleurs cultivars sur le marché. Il est toujours préférable de répartir les risques. Le choix de plusieurs cultivars réduit les risques de maladies et peut permettre d'étaler la charge de travail au moment des récoltes.

Tolérance à la germination sur pied

La résistance à la germination sur pied varie beaucoup d'un cultivar à l'autre. Plusieurs gènes définissent le facteur de dormance du blé. L'un des plus déterminants parmi ces gènes est lié au codage génétique du blé roux ou à la coloration rouge du son. De façon générale, le blé roux résiste mieux à la germination sur pied que le blé blanc, et les cultivars de blé vitreux roux y résistent souvent mieux que ceux de blé tendre roux. Comme les cultivars de blé blanc manquent de tolérance à la germination sur pied, on recommande de ne pas en cultiver plus que ce qu'il est possible de récolter en deux ou trois jours. Pour assurer la qualité de la récolte et un maximum de rentabilité, il vaut mieux récolter les cultivars de blé blanc en premier, aussitôt que possible, et les faire sécher au besoin.

Il ne faut pas confondre la tolérance à la germination sur pied avec la germination de la culture une fois mise en terre. La dormance dépend de la date, de la lumière et de la température. Lorsque la céréale est semée à l'automne, il s'est écoulé assez de temps, et le manque de lumière et la fraîcheur du sol l'emportent alors sur les facteurs de dormance. La vitesse de la levée après les semis est entièrement liée à la vigueur de la semence du cultivar et du lot de semence, et aucunement à sa couleur ou à sa classe.

Résistance à l'hiver et tolérance au froid

À son état le plus résistant, le blé d'automne peut supporter des froids extrêmes (-23 °C), ce qui n'est pas le cas de l'orge d'automne (10 °C). En Ontario, bien que le froid puisse souvent provoquer des dommages, il cause rarement la mort des plants sauf lorsqu'il se forme de la glace. La neige constitue un excellent isolant alors que la glace ne protège aucunement les plants du froid. Pour trouver plus d'information sur la tolérance au froid et la résistance à l'hiver, voir l'ouvrage *Winter Wheat Production Manual* de l'Université de la Saskatchewan, à l'adresse https://www.usask.ca/agriculture/plantsci/winter_cereals/ (chapitre 12 sur la survie à l'hiver, *Winter Survival*).

Facteurs propres aux cultures de céréales

Paille

La paille peut être très convoitée et avoir une grande valeur. D'ailleurs, la qualité de la paille est souvent un facteur à prendre en compte. Sa capacité d'absorption de l'humidité est une caractéristique recherchée pour la plupart des litières d'animaux d'élevage. La densité de la paille sèche non tassée est d'environ 40 kg/m³ (2,5 lb/pi³), et d'environ 80 kg/m³ (5 lb/pi³) pour la paille en balles; sa capacité d'absorption de l'eau est de 293 à 335 l/m³. Le marché des chevaux exige de la paille exempte de poussières. La production de paille est l'une des principales raisons pour lesquelles les producteurs continuent de cultiver de l'orge plutôt que du blé de printemps, même si les facteurs économiques liés à la production de grain jouent souvent en faveur de ce dernier.

L'orge de printemps est la céréale qui produit la moins grande quantité de paille, mais la paille de la meilleure qualité. La qualité et la quantité de la paille d'avoine sont bonnes. La paille de blé est moins absorbante que celle d'avoine ou d'orge (voir tableau 4-3, *Comparaison de la quantité et de la qualité de la paille*). Il y a également d'importants écarts de rendement en paille entre les cultivars au sein de chaque culture. Pour connaître les rendements en paille, on peut consulter la page des propriétés (*Traits*) de la zone V dans le cadre des essais réalisés sur les cultures de céréales de l'Ontario, sur le site www.gocereals.ca.

Tableau 4-3 – Comparaison de la quantité et de la qualité de la paille

Rang	Quantité (du plus au moins)	Qualité (du meilleur au pire) ¹
1	Blé d'automne	Orge de printemps
2	Orge d'automne	Céréales mélangées
3	Avoine de printemps	Avoine de printemps
4	Blé de printemps	Orge d'automne
5	Céréales mélangées	Blé de printemps
6	Orge de printemps	Blé d'automne

¹ Qualité de la paille d'après les préférences du bétail pour la litière.

Les producteurs qui ont besoin de paille et qui en apprécient les avantages peuvent aussi en améliorer la qualité en prévenant les maladies des cultures au moyen de fongicides. Cet aspect est particulièrement important si l'on souhaite produire une paille exempte de poussières pour le marché des chevaux. Pour obtenir de meilleurs rendements en paille, on peut opter pour la production d'orge d'automne dans les régions où cette culture survit facilement à l'hiver.

Valeur de la paille

La valeur de la paille est souvent un sujet très controversé. Elle dépend des quantités d'éléments nutritifs prélevées dans le sol et de l'ajout de matière organique qui y retourne. Le tableau 4-4, *Éléments nutritifs de la paille*, indique les teneurs possibles de ces éléments. Les concentrations d'éléments nutritifs sont très variables. La paille de cultivars de blé vitreux contient généralement moins d'azote – environ 1,25 kg/t (3,03 lb/t. c.) – que la paille de blé tendre. Les concentrations de potasse varient aussi énormément parce que cet élément, après le stade de maturité, est facilement entraîné par la pluie par lessivage (écart pouvant atteindre 500 %). Seule l'analyse permet de déterminer avec précision la valeur nutritive du produit.

Il y a aussi un désaccord sur la pertinence de l'inclusion de l'azote ou du soufre (environ 2,1 kg/t ou 5 lb/t. c.) dans le calcul de la valeur de la paille. Comme le rapport carbone/azote est assez élevé (environ 80/1), il faut un supplément d'azote (temporaire) pour faciliter la dégradation par les organismes du sol. C'est la raison pour laquelle de nombreux producteurs n'incluent pas l'azote dans le calcul de la valeur de la paille. Il en va de même pour le soufre. Les formules de calcul des concentrations moyennes d'éléments nutritifs, avec ou sans l'azote et le soufre, sont présentées au tableau 4-4, *Éléments nutritifs de la paille*.

Tableau 4-4 – Éléments nutritifs de la paille

Valeur de la paille en \$/t (P et K seulement) = \$/t de phosphate monoammonique x 0,003 + \$/t de potasse x 0,014

Valeur de la paille en \$/t (N, P, K et S) = \$/t d'urée x 0,015 + \$/t de soufre x 0,006 + valeur de P et K (équation ci-dessus)

Pour convertir la valeur en cents/livre, diviser par 22,05.

Élément nutritif	Moyenne	Minimum	Maximum
Azote (N)	7,0 kg/t (14,0 lb/t. c.)	4,2 kg/t (8,4 lb/t. c.)	10,7 kg/t (21,3 lb/t. c.)
Phosphore (P)	1,6 kg/t (3,2 lb/t. c.)	0,9 kg/t (1,8 lb/t. c.)	3,0 kg/t (6,0 lb/t. c.)
Potassium (K)	8,4 kg/t (16,8 lb/t. c.)	4,0 kg/t (8,0 lb/t. c.)	21,2 kg/t (42,5 lb/t. c.)

Source : MAAARO, 2003-2004 et Falk, 2004-2005.

Il est beaucoup plus difficile de quantifier la valeur de la matière organique qui retourne dans le sol avec la paille, bien que sa très grande importance ne fasse aucun doute. Les estimations varient : cette valeur pourrait être au moins égale à celle des éléments nutritifs prélevés, ou bien le prélèvement de quatre récoltes de paille à haut rendement pourrait avoir pour effet de réduire la teneur du sol en matière organique de 0,1 %. Selon l'état et la texture du sol, cette quantité de matière organique pourrait retenir au plus 4,4 cm (1,75 po) d'eau pour la croissance des cultures. En théorie, pendant une saison sèche, cette même quantité d'eau permettrait un gain de rendement de 0,24 t/ha (3,5 bo/ac) de soya, ou de 0,88 t/ha (14 bo/ac) de maïs. Il ne s'agit là que de simples calculs mathématiques, mais ils mettent en évidence l'importance du rôle de la matière organique avec la paille.

Points de réflexion sur la vente de paille

Étant donné que la paille enrichit la teneur en matière organique du sol, sa vente est un sujet très controversé. Des recherches menées à la station de recherche d'Elora sur la rotation des cultures à long terme ont clairement démontré que la présence de céréales dans la rotation compensait largement les conséquences négatives du retrait de la paille. Même en l'absence de paille et de culture couvre-sol (trèfle rouge), les cultures suivantes de maïs et de soya ont vu leur rendement grimper en flèche (12 % pour le maïs et 14 % pour le soya), et les paramètres de santé du sol (p. ex. matière organique, agrégats stables à l'eau) se sont grandement améliorés. Si le fait de vendre la paille améliore la rentabilité de la production de céréales au point où les producteurs maintiennent plus souvent les céréales dans leur rotation, alors il faudrait la vendre.

Néanmoins, comme la paille contient environ 1 cent/livre d'éléments nutritifs, le premier 1 cent/livre ne constitue pas un profit. Il devrait servir à acheter de la potasse et du phosphore pour remplacer les éléments retirés avec la paille.

Classes

Le nombre de classes de blé continue de s'accroître (voir tableau 4-5, *Caractéristiques de diverses classes de céréales*). Au milieu des années 1980, seuls le blé de printemps destiné au bétail et le blé tendre blanc d'automne étaient cultivés en Ontario; depuis cette date, le nombre de classes s'est multiplié de façon spectaculaire, et ce mouvement devrait se poursuivre puisque d'autres cultivars destinés à des marchés spécifiques sont en cours de développement. À bon nombre de ces classes sont associés des rendements et des primes dont il faut tenir compte au moment de choisir les cultivars. Par exemple, les cultivars de blé vitreux roux ont généralement un rendement de 10 % inférieur à celui du blé tendre roux. Les primes doivent donc être suffisantes pour compenser la perte de rendement associée à la culture du blé vitreux roux.

Puisque les caractéristiques varient d'une exploitation à l'autre, les résultats varient également. Sur les sols qui sont déjà riches en azote (élevages produisant du fumier ou des fourrages), il est beaucoup plus facile d'obtenir une teneur élevée en protéines pour toucher ces primes. Sur les terres destinées aux cultures commerciales, il faut souvent beaucoup plus d'azote pour obtenir les teneurs en protéines optimales dans les cultivars de blé de qualité non pâtissière (voir les classes *Blé roux d'automne* dans le tableau ci-après). Tous ces facteurs doivent être pris en compte au moment du choix d'un cultivar.

Espèces céréalières

Orge

Tous les types d'orge ont le potentiel génétique de former six rangs de grains par épi (orge à six rangs), mais certains n'en ont que deux. En général, les cultivars à deux rangs ont des grains plus gros, et leurs plants sont plus petits et résistent mieux à la rouille des feuilles et au mildiou. Ils ont souvent un rendement moins élevé que les cultivars à six rangs. Ces derniers résistent habituellement mieux à la rhynchosporiose et supportent plus facilement la chaleur et l'humidité, ce qui les rend plus tolérants à un semis tardif.

Tableau 4-5 – Caractéristiques de diverses classes de céréales

Classes	Usages et propriétés	Remarques
Blé tendre blanc d'automne	<ul style="list-style-type: none"> • Blé de qualité pâtissière • Faible teneur en protéines • Rendement élevé 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensible à la germination sur pied • Ne pas épandre trop d'azote
Blé tendre roux d'automne	<ul style="list-style-type: none"> • Blé de qualité pâtissière • Faible teneur en protéines • Rendement élevé 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne pas épandre trop d'azote
Blé roux d'automne de qualité non pâtissière (blé vitreux roux d'automne)	<ul style="list-style-type: none"> • Mélange de blé panifiable, craquelins pâte à pizza • Teneur élevée en protéines souhaitable • Rendement plus faible que le blé tendre 	<ul style="list-style-type: none"> • Besoin de plus d'azote • Qualité plus variable • Possibilité de primes
Blé blanc d'automne de qualité non pâtissière (blé vitreux blanc d'automne)	<ul style="list-style-type: none"> • Farines de grain entier • Nouilles asiatiques • Bière 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensible à la germination sur pied • Besoin de plus d'azote • Cultivar difficile à trouver
Blé dur d'automne	<ul style="list-style-type: none"> • Pâtes alimentaires • Faible rendement 	<ul style="list-style-type: none"> • Risque élevé de fusariose • Cultivar difficile à trouver
Cultivars de blé de spécialité d'automne	<ul style="list-style-type: none"> • Variables 	<ul style="list-style-type: none"> • Obligation de maintien de l'identité du cultivar
Cultivars de blé de meunerie de printemps	<ul style="list-style-type: none"> • Mélange de blé panifiable • Teneur élevée en protéines • Faible rendement 	<ul style="list-style-type: none"> • Réagit très bien aux semis précoces • Prix élevé
Blé vitreux blanc de printemps	<ul style="list-style-type: none"> • Produits panifiés de grain entier • Teneur élevée en protéines • Faible rendement 	<ul style="list-style-type: none"> • Réagit très bien aux semis précoces • Prix élevé • Cultivar difficile à trouver
Blé dur de printemps	<ul style="list-style-type: none"> • Pâtes alimentaires • Faible rendement 	<ul style="list-style-type: none"> • Réagit très bien aux semis précoces • Prix élevé • Risque élevé de fusariose • Cultivar difficile à trouver
Cultivars de blé fourrager de printemps	<ul style="list-style-type: none"> • Teneur élevée en protéines • Rendement moyen 	<ul style="list-style-type: none"> • Meilleurs résultats avec des semis précoces • Ne pas mélanger avec du blé de meunerie
Orge d'automne	<ul style="list-style-type: none"> • Rendement élevé • Faible résistance à l'hiver • Faible résistance à la verse 	<ul style="list-style-type: none"> • Semer tôt • Enlèvement des barbes difficile au battage
Orge à six rangs	<ul style="list-style-type: none"> • Orge fourragère, généralement • Excellente paille • Plus grande tolérance à la chaleur • Plus grande tolérance aux semis tardifs 	<ul style="list-style-type: none"> • Moins bonne qualité du grain • Ne pas épandre trop d'azote
Orge de printemps à deux rangs	<ul style="list-style-type: none"> • Types pour meunerie et pour brasserie • Excellente paille 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne pas épandre trop d'azote
Avoine	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessité d'une qualité élevée pour la meunerie et les chevaux • Bonne paille 	<ul style="list-style-type: none"> • Bons résultats avec des semis précoces • Tolère les sols mal drainés

Orge d'automne

En Ontario, on cultive autant l'orge de printemps que l'orge d'automne. L'orge d'automne doit passer par une période de températures basses pendant laquelle elle subit une vernalisation avant la floraison et la formation des grains. L'orge d'automne semée au printemps ne produit pas de grains, contrairement à l'orge de printemps qui n'a pas besoin de vernalisation.

L'orge d'automne donne un rendement beaucoup plus élevé que l'orge de printemps, mais elle est beaucoup moins résistante à l'hiver que le blé d'automne. Elle survit seulement dans les zones où les hivers sont doux ou qui reçoivent une bonne couche de neige. L'orge d'automne doit être semée plus tôt que le blé d'automne, ce qui la rend plus vulnérable au virus de la jaunisse nanisante de l'orge et à la moisissure des neiges. Elle mûrit plus tôt que le blé d'automne, et certaines années, elle permet une double récolte. Dans les zones où la culture de l'orge d'automne est possible, elle a atteint des rendements de 8,1 t/ha (150 bo/ac).

Orge à grains nus

L'orge couverte ou orge vêtue contient environ 10 % d'enveloppe et de 90 % de grain. Dans l'orge à grains nus, une bonne partie de l'enveloppe se décolle au moment de la récolte. L'orge à grains nus a un poids spécifique plus élevé et une teneur en fibres plus faible que l'orge vêtue. Ses grains doivent être manipulés avec soin parce que l'embryon (germe) est fragile. La quantité de paille qui se sépare du grain dépend en partie des conditions climatiques au moment de la récolte. L'orge à grains nus donne un rendement moins élevé que les cultivars vêtus parce que les enveloppes restent au champ; cependant elle a des teneurs en énergie et en protéines plus élevées.

Avoine

L'avoine est une culture fourragère traditionnelle en Ontario, notamment pour les chevaux. Son contenu en protéines est plus équilibré et elle a une teneur en fibres plus élevée que l'orge. Il est important de choisir des cultivars résistants à la rouille des feuilles. Par ailleurs, le nerprun est l'hôte intermédiaire de la rouille des feuilles de l'avoine, et il faut l'éliminer du pourtour des champs dans la mesure du possible.

En 2006, une nouvelle « race » de rouille a vaincu la résistance génétique de l'avoine à la rouille couronnée. Tant qu'il n'existe pas de cultivar qui résiste à cette nouvelle variante, il faut pulvériser du fongicide sur l'avoine avant son épiaison, sans quoi la rouille pourrait grandement nuire à son rendement et à sa qualité (75 % de perte de rendement, 50 % de perte de poids spécifique). Le Nord de l'Ontario fait exception à cette règle, car il n'est pas encore touché par le problème de rouille.

Avoine de meunerie

Comme elle est destinée à la consommation humaine, l'avoine de meunerie doit satisfaire à certaines exigences de qualité : grains ventrus, poids spécifique élevé, et gruaux (grain) exempt de décoloration et de corps étrangers (insectes et graines de mauvaises herbes et d'autres espèces cultivées). Les exigences visant l'avoine de meunerie sont affichées sur le site www.grainscanada.gc.ca; (sous **Guides et manuels**, cliquer sur *Guide officiel du classement des grains*).

Avoine nue

L'avoine nue peut intéresser les éleveurs de porcs et de volaille parce que son grain (gruaux) contient sensiblement la même quantité d'énergie métabolisable que le maïs. Elle a également une teneur élevée en

protéines de bonne qualité (14 à 20 %). Il est possible de formuler des rations où l'avoine nue constitue la principale source d'énergie; il suffit d'y ajouter de faibles quantités de tourteau de soya, de tourteau de canola ou de lysine (un acide aminé) pour obtenir un rendement comparable à celui du tourteau de soya-maïs.

L'avoine nue devient du gruaux au battage. Les fines enveloppes restent dans le champ sous forme de paille, ce qui fait perdre aux grains d'avoine de 25 à 30 % de leur poids par rapport aux cultivars ordinaires qui conservent leur enveloppe. Le gruaux des cultivars actuels est recouvert d'une couche de poils fins qui l'empêchent de s'écouler librement et qui causent des démangeaisons, ce qui rend l'avoine désagréable à manipuler. Il y a eu de grandes améliorations à ce chapitre avec l'introduction de nouveaux cultivars.

Il est important de prendre des précautions lors du semis, de la récolte, de la manutention et de l'entreposage de l'avoine nue. Comme le grain n'est pas protégé par l'enveloppe, son germe est très fragile. On doit aussi prendre des précautions au moment des semis. La récolte et la manipulation peuvent endommager l'embryon. Par ailleurs la grande quantité d'huile qui se trouve à la surface du grain attire les insectes des entrepôts. Enfin, il faut maintenir la teneur en eau au-dessous de 10 % pour que le grain conserve sa qualité pendant l'entreposage.

Mélanges de céréales

Les mélanges de céréales occupent une superficie importante en Ontario. Il s'agit le plus souvent d'avoine et d'orge, mais certains mélanges contiennent du blé de printemps ou des pois des champs. Les mélanges de céréales sont destinés uniquement à l'alimentation animale.

On ne peut formuler de directives quant aux meilleurs mélanges. En général, les cultivars d'avoine et d'orge qui donnent les meilleurs rendements lorsqu'ils sont semés en peuplements purs font de même dans les mélanges, mais les cotes de maturité des éléments d'un même mélange doivent être compatibles. L'ajout de blé ou de pois augmente les teneurs en énergie et en protéines du grain, mais entraîne aussi une réduction des rendements.

Les maladies des feuilles et des épis sont habituellement beaucoup moins graves dans les cultures de mélanges de céréales que dans les peuplements purs d'avoine ou d'orge. Les cultures d'avoine et d'orge mélangées

tolèrent mieux les conditions de drainage irrégulières; ainsi, la composante qui devient prédominante est l'orge dans les zones plus sèches du champ et l'avoine dans les zones mal drainées.

Blé d'automne

Le blé d'automne est la culture céréalière qui occupe la plus grande superficie en Ontario, et il est produit dans toute la province. Tout comme l'orge d'automne et le seigle d'automne, il doit subir une vernalisation, c'est-à-dire une période froide (en deçà de 5 °C) qui le fait passer du stade végétatif au stade reproductif. Pour le blé, le meilleur stade pour la vernalisation est celui de cinq feuilles, mais elle peut avoir lieu dès le début de la germination. Ainsi le blé d'automne peut être semé à n'importe quel moment de l'automne jusqu'aux gelées et avoir une épiaison normale l'année suivante. Le blé d'automne semé au printemps n'a pas subi de vernalisation et n'atteint donc jamais le stade reproductif. On sème parfois le blé d'automne au printemps pour donner une pelouse qui n'a presque jamais besoin d'être coupée.

Blé de printemps

Blé fourrager

Le blé fourrager est une source de protéines et d'énergie plus concentrée que l'orge ou l'avoine. Il est nécessaire de limiter la quantité de blé fourrager dans la ration alimentaire des non-ruminants pour éviter les problèmes digestifs. En général, le blé ne doit pas dépasser 25 % de la ration totale. Il est recommandé de consulter un nutritionniste pour obtenir plus d'information à ce sujet.

Certains cultivars de blé fourrager peuvent donner des rendements semblables à ceux de l'avoine et de l'orge de qualité fourragère. Parfois, ils peuvent atteindre une qualité qui les rend propres au marché du blé de meunerie. Pour savoir si un cultivar donné est de qualité meunière ou fourragère, il suffit de visiter le site www.gocereals.ca. Lorsque des cultivars de blé fourrager donnent un produit de qualité meunière, c'est une bonne nouvelle, mais il ne faut pas en faire une attente.

Blé de meunerie

Pour que le produit soit accepté sur le marché, il faut miser sur sa qualité et accorder l'attention voulue aux facteurs tels que le choix du cultivar, la précocité des semis et la lutte contre les mauvaises herbes. Les cultivars de blé de printemps donnent habituellement

un couvert très clairsemé, d'où l'importance accrue de la lutte contre les mauvaises herbes, en particulier les graminées annuelles. Ces cultivars constituent donc une culture-abri idéale pour un sous-semis de luzerne ou de foin.

Seigle

Les types de seigle de printemps et d'automne sont cultivés et disponibles en Ontario, mais le seigle d'automne est plus répandu. Généralement, on sème le seigle d'automne dans les sols sableux légers où l'on produit du tabac et des cultures maraîchères, pour prévenir l'érosion éolienne et enrichir le sol en matière organique. Le seigle de printemps est parfois cultivé comme plante fourragère annuelle. Contrairement aux autres cultures céréalières, le seigle est assez sensible à l'ergot, ce qui nuit à son utilisation comme aliment destiné aux animaux ou aux humains.

Parmi les céréales d'automne, c'est le seigle qui résiste le mieux à l'hiver. Il est précoce et vient à maturité bien avant le blé ou l'orge d'automne. Par contre, étant donné qu'il est difficile à battre, et en dépit de sa maturité précoce, souvent, on ne le récolte que longtemps après le blé ou l'orge pour laisser le temps à la paille de se détériorer et faciliter ainsi le battage.

Certains éleveurs souhaitant obtenir un supplément de fourrage sèment du seigle d'automne après l'ensilage du maïs. Ce seigle commence à épier au printemps suivant, vers la mi-mai; il est alors coupé et envoyé à l'ensilage préfané ou à l'ensilage en balles. Les haricots secs comestibles ou le soya sont alors semés sans que le retard des semis ait de répercussions notables sur les rendements. Cette pratique comporte cependant certains risques dont les effets allélopathiques (toxicité des résidus de seigle en décomposition pendant la croissance de la nouvelle culture) et la possibilité d'une repousse de seigle dans les cultures de blé des années suivantes.

Triticale et épeautre

Le triticale (un croisement de blé et de seigle) et l'épeautre sont cultivés à petite échelle en Ontario. Il existe du triticale d'automne et du triticale de printemps. On cultive le premier comme fourrage, comme le seigle (ci-dessus), et on ne cultive le second que comme fourrage d'urgence lorsque les prairies de fauche sont détruites par l'hiver, le plus souvent en même temps que des pois (voir *Graminées annuelles de saison chaude* au chapitre 3, *Cultures fourragères*).

L'épeautre, un précurseur du blé moderne, est cultivé principalement pour le marché des produits biologiques. Entre l'épeautre et le blé, il n'y a presque aucune différence génétique si ce n'est le codage de la « paillette » : celle du blé se détache facilement alors que celle de l'épeautre adhère au grain.

Biotechnologie et cultures céréalières

La plupart des plantes cultivées sont diploïdes, c'est-à-dire que leurs chromosomes sont par paires; c'est le cas de l'orge et de l'avoine. Chez le blé dur, les chromosomes vont par quatre (doubles paires), et la plante est donc tétraploïde (génome AABB). Tous les autres blés cultivés en Ontario sont hexaploïdes, c'est-à-dire que leurs chromosomes vont par six – paires triples (génome AABBDD). Cela complique le transfert de gènes dans le blé. Aussi, la marge de profit liée à la production de semences et à l'amélioration génétique est beaucoup moins importante que pour bien d'autres espèces cultivées. De plus, chez les consommateurs, le degré d'acceptation du blé génétiquement modifié est très faible, de sorte que les investissements en biotechnologie sont moindres pour cette espèce. C'est pourquoi la mise au point de cultivars de céréales ayant des caractéristiques particulières à l'aide de la technologie de transfert génique est au point mort.

Cette situation est appelée à changer. Il reste à voir toutefois comment l'industrie et les consommateurs réagiront à ces changements. Les producteurs doivent être au fait des progrès à ce chapitre ainsi que des exigences de maintien et de séparation de l'identité qui peuvent en découler.

Semis et croissance de la culture

Profondeur de semis

La profondeur de semis peut avoir une grande influence sur la croissance des plants (voir figure 4-1, *Nombre de jours avant la levée selon la profondeur de semis*), mais elle doit toujours être déterminée selon l'état du sol au moment des semis. Il ne faut jamais semer superficiellement dans un sol sec en espérant que la pluie facilitera la germination. Il convient plutôt de semer dans un sol humide pour assurer une levée rapide et uniforme, même s'il faut aller profond. Si par contre le sol est détrempé, on pensera à effectuer un semis peu profond ou à faciliter l'assèchement par un travail du sol supplémentaire.

Les recherches et les innovations technologiques portant sur la maîtrise de la profondeur de semis accusent un retard important en ce qui a trait aux céréales, comparativement aux cultures de maïs et de soya. Avec les semoirs actuels, la profondeur de semis peut fluctuer de 1,25 à 7,5 cm (0,5 à 3 po) sur le même rang, selon l'état du sol.

On peut tenter de resserrer cet écart en utilisant des dispositifs tasseurs qui maintiennent les semences au fond de la raie. Le nivellement du terrain et les vitesses de semis moindres contribuent à réduire ces fluctuations. La profondeur des semis de céréales ne sera jamais aussi précise que celle du maïs tant que des jauges de profondeur (roues plombeuses) suivront des ouvre-sillons à double disque ou que des coutres simples sans bras parallèles feront partie de l'équipement de série.

Les céréales sont les cultures qui réagissent le mieux à un semis précoce qui est fait au bon moment (voir *Dates de semis*). Lorsqu'elles sont semées trop profond, elles peuvent lever avec une semaine de retard ou plus (voir figure 4-1). Un retard de la levée a les mêmes effets qu'un retard équivalent de la date des semis et entraîne la même réduction du rendement. Il est évident que la précision des semoirs doit être améliorée.

À des températures automnales normales, soit de 15 °C le jour et de 5 °C la nuit, pour la levée, il faut compter 8 jours ($15\text{ °C} + 5\text{ °C} = 20/2 = 10\text{ DJ/jour}$), et 5 jours supplémentaires de retard par pouce de profondeur de semis. Des températures plus basses retardent davantage la levée.

Profondeur de semis optimale

Il faut semer les céréales uniformément à une profondeur de 2,5 cm (1 po) pour favoriser une levée hâtive et le développement rapide de racines coronales bien ramifiées. Comme l'humidité est un facteur primordial, il faut absolument que la graine soit placée dans un sol humide. Il est peu utile de semer à 2,5 cm (1 po) s'il n'y a pas d'humidité à cette profondeur.

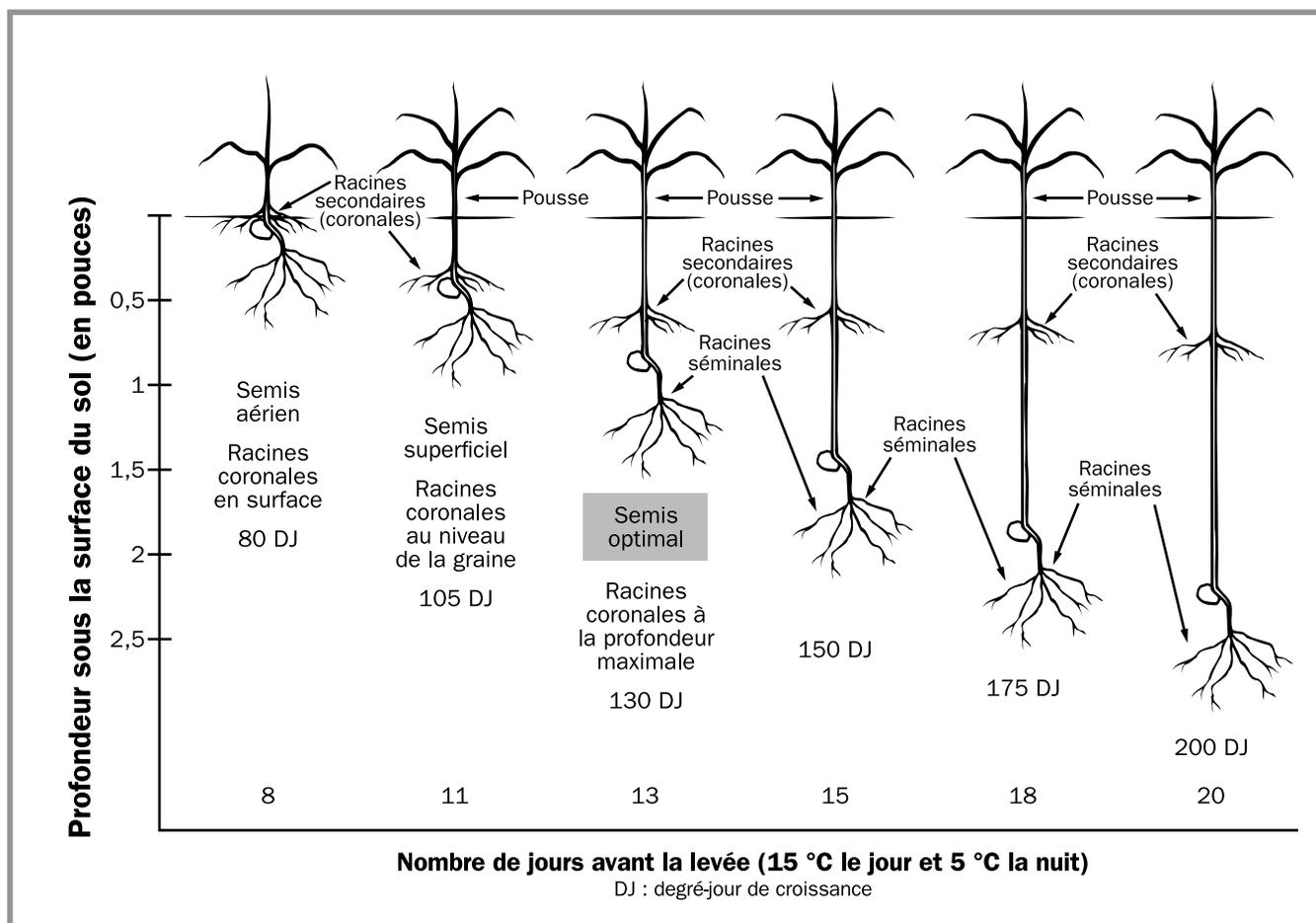


Figure 4-1 – Nombre de jours avant la levée selon la profondeur de semis

Même si 2,5 cm (1 po) est une profondeur de semis optimale, la plupart des semoirs ne peuvent atteindre un tel niveau de précision. Un semis pas assez profond est presque toujours plus nuisible pour le rendement qu'un semis profond. Si l'on tient compte de la précision du semoir, il faudrait que la profondeur de semis soit comprise entre 3 et 4 cm (entre 1,25 à 1,5 po). Les producteurs qui réussissent à semer le blé d'automne avec précision voient ce dernier afficher un meilleur taux de survie à l'hiver et des rendements plus élevés.

Croissance des céréales

Il est possible de déterminer le stade de croissance des plants de céréales par le décompte des degrés-jours (DJ) de croissance accumulés. Ces calculs sont expliqués plus en détail au chapitre 10, *Dépistage*, dans la section *Degrés-jours*. Pour les céréales, on utilise la valeur 0 comme base de calcul.

De façon générale, les semences de céréales ont besoin de 80 DJ pour germer et de 50 autres pour lever pour chaque pouce de profondeur de semis.

La figure 4-2, *Stades de croissance des céréales*, montre ces différents stades selon l'échelle de Zadok (l'échelle de Feekes, également employée pour mesurer la croissance des céréales, mais surtout aux États-Unis, n'est pas représentée ici). La connaissance de ces stades est cruciale pour de nombreuses décisions de gestion. Les applications d'herbicides et d'azote doivent être effectuées au stade du tallage, et c'est aux stades de l'élongation et de l'épiaison que la lutte contre les maladies revêt la plus grande importance. La connaissance des stades de croissance de la culture est essentielle à la bonne planification des intrants et des mesures de prévention.

Pour en savoir plus sur les stades de croissance et leur identification, voir le *Guide de champ sur les stades de croissance des céréales* sur le site www.bayercropscience.ca (sous **Ressources et guides**).

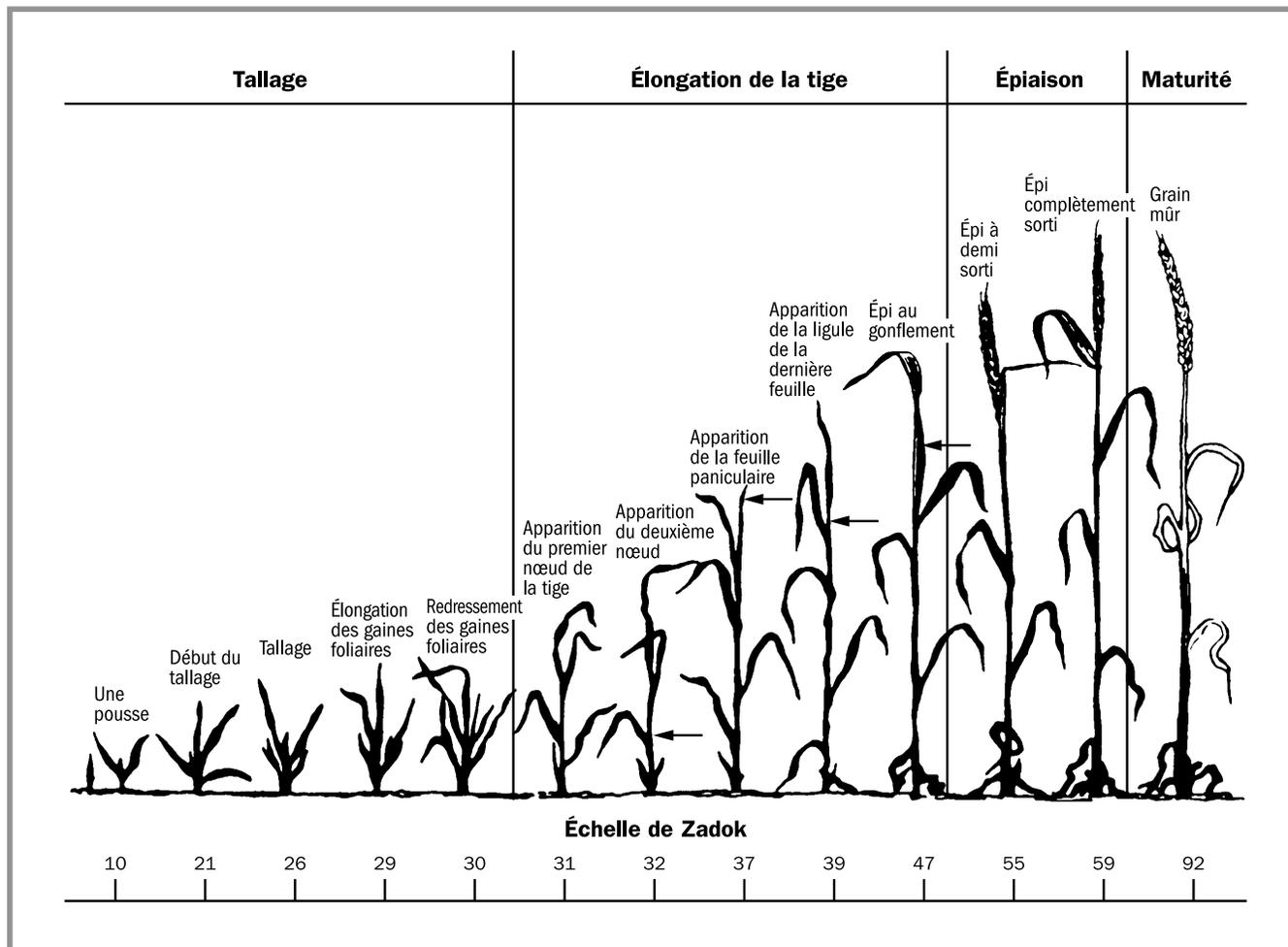


Figure 4-2 – Stades de croissance des céréales

Dates de semis

Les céréales sont plus sensibles à la date des semis que le maïs. Des études faites en Ontario montrent qu'après la date de semis optimale des céréales, la perte de rendement est de 0,07 t/ha/jour de retard (1,1 bo/ac/jour).

À cet effet, voir la figure 4-3, *Rendement du blé d'automne à l'échelle de la province de 1981 à 2014*. Les rendements records enregistrés en 2006 sont essentiellement attribuables à la date précoce des semis de l'automne précédent, tandis que les rendements faibles de 1993 sont le résultat d'un semis tardif à l'automne 1992. La faiblesse du rendement de 1996 était due à une grave épidémie de fusariose.

Semis précoces

Il peut arriver que les semis d'automne soient effectués trop tôt. Si les céréales sont semées plus de 10 jours avant la date de semis optimale, elles seront exposées à la mouche de Hesse, à la moisissure des neiges et au virus

de la jaunisse nanisante de l'orge. Bien que la mouche de Hesse soit souvent qualifiée de problème, l'Ontario n'a pas connu d'infestation d'envergure depuis au moins 1985; elle ne devrait donc pas entraver les semis précoces. Le virus de la jaunisse nanisante de l'orge est propagé par les pucerons, qui se nourrissent des plantules de blé. Les insecticides appliqués aux semences permettent de réduire le risque de propagation de cette maladie, sans l'éliminer complètement. Par ailleurs, les réponses des cultivars au virus de la jaunisse nanisante de l'orge sont présentées sur le site www.gocereals.ca. Comme les pucerons sont très sensibles au froid, leurs nombres et les problèmes qu'ils causent diminuent dès qu'il fait plus frais en automne. Pour plus d'information sur la mouche de Hesse, les types de pucerons ou le virus de la jaunisse nanisante de l'orge, voir le chapitre 15, *Insectes et animaux nuisibles aux grandes cultures*, et le chapitre 16, *Maladies des grandes cultures*.

Si le semis de céréales d'automne peut être fait trop tôt, les retards de semis comportent des risques bien plus importants pour ce qui est du rendement sur les sols

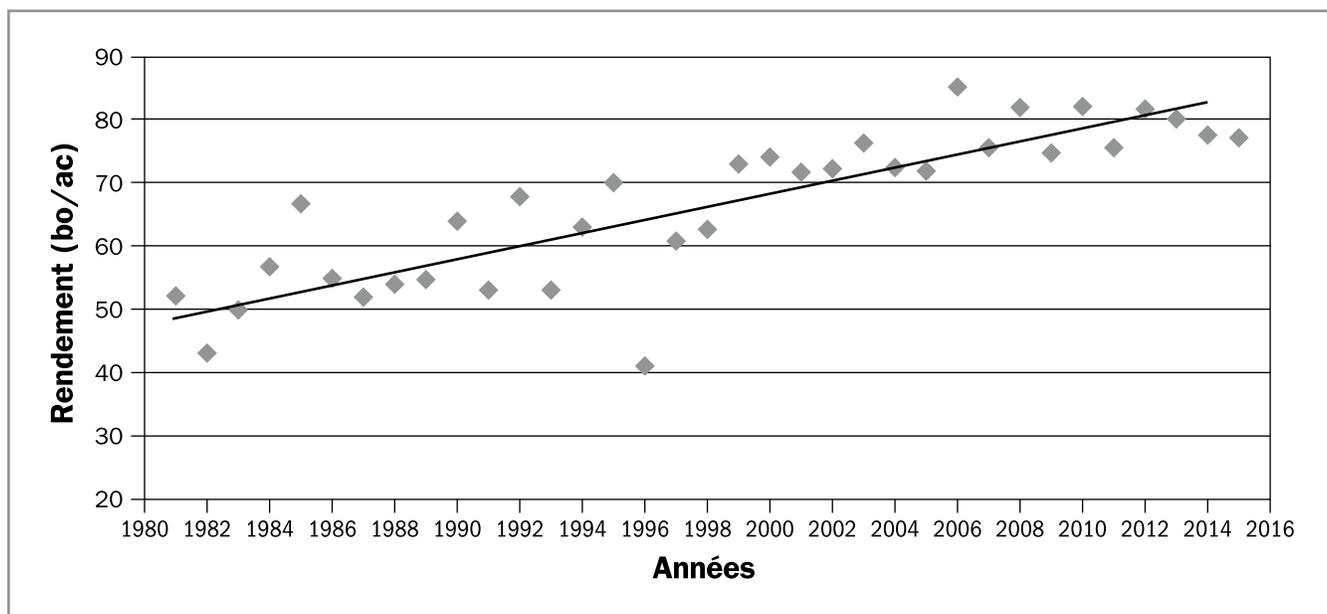


Figure 4-3 – Rendement du blé d'automne à l'échelle de la province de 1981 à 2014

lourds, argileux et mal drainés. Dans tous ces cas, il vaut mieux semer si l'état du sol le permet. Si les semis sont effectués plus de 10 jours avant la date optimale, il faut diminuer le taux de semis de 25 % pour prévenir la moisissure des neiges et la verse. Lorsque les semis ont lieu à une date aussi précoce, la réduction des taux de semis a souvent pour effet d'accroître le rendement.

Comme l'orge d'automne doit être semée tôt, il est important de choisir un cultivar qui tolère le virus de la jaunisse nanisante de l'orge ou d'utiliser des insecticides appliqués aux semences pour maîtriser les pucerons. Voir la publication 812F du MAAARO, *Guide de protection des grandes cultures*.

Céréales de printemps

Il est pratiquement impossible de semer des céréales de printemps trop tôt, à moins que le sol ne soit complètement détrempé. Devant les résultats spectaculaires produits par les semis précoces, certains producteurs envisagent de semer sur le sol gelé. Le temps frais et humide du printemps favorise le tallage et la production de gros épis. Dans ce cas, la date de floraison est également plus précoce, de sorte que la culture échappe aux chaleurs et à la sécheresse qui se produisent souvent à la fin juin et en juillet.

Les dates cibles pour les semis de céréales de printemps sont le 10 avril dans le Sud-Ouest de l'Ontario, le 15 avril dans le Centre et l'Est de la province et le 10 mai dans le Nord. Dans les zones recevant plus de 3 100 unités thermiques de croissance, la culture des céréales de printemps n'est généralement pas recommandée, et les semis sont carrément à proscrire après le 20 avril. Pour connaître les dates limites auxquelles les cultures peuvent être semées pour être admissibles à l'assurance-production, il faut communiquer avec Agricorp.

Céréales d'automne

Comme la date des semis de blé d'automne dépend souvent de celle de la récolte du soya, la date de semis optimale peut être dépassée, ce qui engendre des pertes de rendement. Pour le blé cultivé après le soya, voir les directives simples présentées à la section *Semis de blé d'automne après une culture de soya* du chapitre 2, *Soya*.

Pour le blé d'automne, voir la figure 4-4, *Dates de semis optimales du blé d'automne en Ontario*. Les isolignes tracées sur la carte reflètent les conditions météorologiques moyennes de 1960 à 1990, mais les dates réelles pourront varier d'une année à l'autre. Pour améliorer la survie hivernale de l'orge d'automne, il faut la semer de sept à dix jours avant les dates de semis optimales pour le blé d'automne. L'orge d'automne est moins résistante à l'hiver que le blé d'automne.

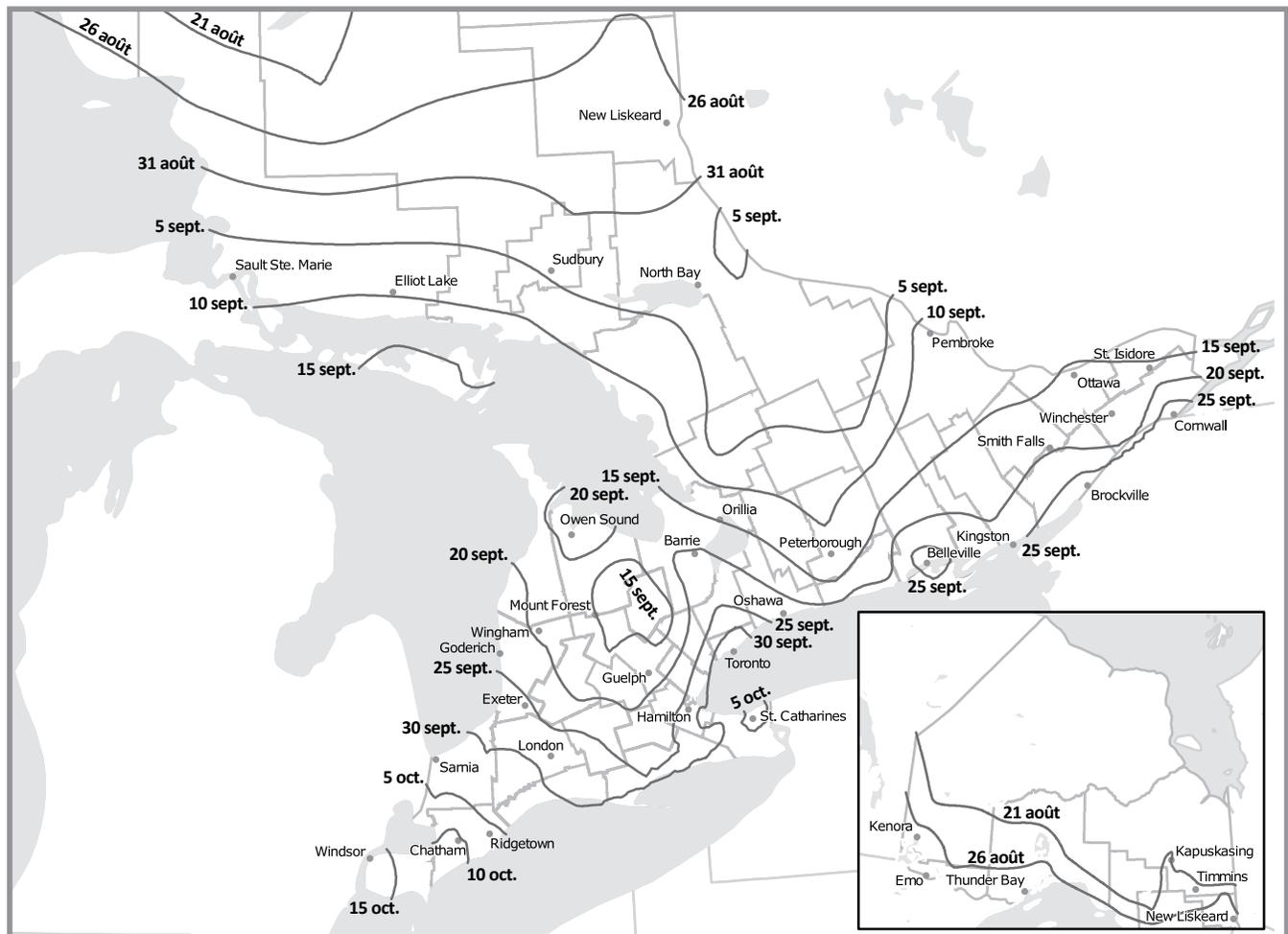


Figure 4-4 – Dates de semis optimales du blé d'automne en Ontario

Reprise des semis

Les céréales d'automne comptent parmi les rares cultures dont il est de nouveau possible d'évaluer l'état au printemps pour semer une autre espèce en cas de survie hivernale insuffisante. Il faut alors évaluer les cultures de blé en avril et au début mai, puis prendre la décision de reprendre les semis ou non le plus tard possible pour pouvoir évaluer avec précision l'état du peuplement et la santé des plants.

Les plants endommagés se rétablissent souvent si les conditions météorologiques sont bonnes; par contre, par temps chaud et sec, des plants qui auraient dû se rétablir peuvent mourir. Voir le tableau 4-6, *Calcul du potentiel de rendement pour plusieurs densités de peuplement*. La date de semis aura une incidence sur la décision de reprendre les semis ou non.

Tableau 4-6 – Calcul du potentiel de rendement pour plusieurs densités de peuplement

Écartement des plants	Potentiel de rendement	Rendement	
		Semis le 5 octobre	Semis le 15 octobre
66 plants/m de rang (20 ¹ plants/pi de rang)	100 %	5,34 t/ha (80 bo/ac)	4,84 t/ha (72 bo/ac)
33 plants/m de rang (10 plants/pi de rang)	95 %	5,11 t/ha (76 bo/ac)	4,57 t/ha (68 bo/ac)
23 ² plants/m de rang (7 plants/pi de rang)	90 %	4,84 t/ha (72 bo/ac)	4,37 t/ha (65 bo/ac)
20 plants/m de rang (6 plants/pi de rang)	85 %	4,57 t/ha (68 bo/ac)	4,10 t/ha (61 bo/ac)
16 plants/m de rang (5 plants/pi de rang)	80 %	4,30 t/ha (64 bo/ac)	3,90 t/ha (58 bo/ac)

Source : Smid, Collège de Ridgeway, Université de Guelph, 1986-1990.

¹ Peuplement complet.

² Des plants sains et distribués uniformément, avec une densité de 23 plants/m (7 plants/pi) de rang, donneront quand même 90 % du potentiel de rendement; dans ce cas, il n'est pas nécessaire de reprendre les semis. Toutefois, si la densité de peuplement moyenne est de 23 plants/m (7 plants/pi) de rang, mais que les plants ne sont pas distribués uniformément ou sont gravement endommagés par le déchaussement ou pour d'autres raisons, le rendement ne sera pas satisfaisant, de sorte qu'il faudra reprendre les semis.

Taux de semis

Traditionnellement, on avait l'habitude d'exprimer les taux de semis recommandés en boisseaux par acre, et la norme était de 2 bo/ac (135 kg/ha) pour la plupart des céréales.

Or ce genre de généralisation n'est désormais plus acceptable parce que le taux de semis dépend du calibre des semences. Il faut calculer les taux de semis optimaux pour chaque culture céréalière. Le tableau 4-7, *Densités de peuplement recommandées pour les cultures céréalières*, donne les quantités recommandées selon le type de culture. Le tableau 4-8, *Calcul du taux de semis nécessaire en fonction de l'écartement des rangs pour atteindre la densité de peuplement visée*, indique le nombre de graines par mètre de rang et le nombre de kilogrammes de semence par hectare qui sont nécessaires pour obtenir différentes densités de peuplement. Le tableau 4-9, *Calcul du taux de semis nécessaire en fonction du nombre de semences pour atteindre la densité de peuplement visée*, indique la quantité de semences nécessaire pour obtenir la densité de peuplement souhaitée.

Formule de calcul du taux de semis :

$$\text{Taux de semis (kg/ha)} = \frac{\text{nombre de graines/ha}}{\text{nombre de graines/kg}} \times \frac{100}{\% \text{ germination}}$$

$$\text{Taux de semis (lb/ac)} = \frac{\text{nombre de graines/ac}}{\text{nombre de graines/kg}} \times \frac{100}{\% \text{ germination}}$$

Exemple de calcul du taux de semis

Le nombre de graines par kilogramme (graines par livre) devrait être indiqué sur l'étiquette ou le sac de semences. Par exemple, si on vise 3,7 millions de graines/ha (1,5 million de graines/ac) et que le taux de germination est de 95 %, à raison de 26 500 graines/kg (12 000 graines/lb), le taux de semis sera de 147 kg/ha (132 lb/ac).

$$\text{Système international} = \frac{3\,700\,000}{26\,500} \times \frac{100}{95} = 147 \text{ kg/ha (métrique)}$$

$$\text{Système anglais (impérial)} = \frac{1\,500\,000}{12\,000} \times \frac{100}{95} = 132 \text{ lb/ac}$$

Tableau 4-7 – Densités de peuplement recommandées pour les cultures céréalières

Culture	Densité de peuplement visée	
	Nombre de plants	Graines (x 1 000)
Orge	250-350 plants/m ² (23-33 plants/pi ²)	2 500-3 500 graines/ha (1 000-1 400 graines/ac)
Avoine	200-300 plants/m ² (19-28 plants/pi ²)	2 000-3 000 graines/ha (800-1 200 graines/ac)
Céréales mélangées	200-350 plants/m ² (19-33 plants/pi ²)	2 000-3 500 graines/ha (800-1 400 graines/ac)
Blé de printemps	300-400 plants/m ² (28-37 plants/pi ²)	3 000-4 000 graines/ha (1 200-1 600 graines/ac)
Blé d'automne	350-450 plants/m ² (33-42 plants/pi ²)	3 500-4 500 graines/ha (1 400-1 800 graines/ac)

Tableau 4-8 – Calcul du taux de semis nécessaire en fonction de l'écartement des rangs pour atteindre la densité de peuplement visée

Calculer le nombre de semences nécessaire par mètre de rang (nombre de graines par pied de rang) en fonction de l'écartement des rangs prévu.

Écartement des rangs	Densité de peuplement souhaitée (x 1 000)							
	2 000/ha (809/ac)	2 500/ha (1 012/ac)	3 000/ha (1 213/ac)	3 500/ha (1 416/ac)	4 000/ha (1 619/ac)	4 500/ha (1 861/ac)	5 000/ha (2 024/ac)	5 500/ha (2 226/ac)
25 cm (10 po)	49 (15)	62 (19)	75 (23)	89 (27)	102 (31)	112 (34)	125 (38)	138 (42)
20 cm (8 po)	39 (12)	49 (15)	62 (19)	69 (21)	82 (25)	92 (28)	100 (32)	110 (35)
19 cm (7,5 po)	38 (12)	46 (14)	56 (17)	66 (20)	75 (23)	85 (26)	94 (29)	104 (32)
18 cm (7 po)	36 (11)	43 (13)	52 (16)	62 (19)	69 (21)	79 (24)	88 (27)	97 (30)
15 cm (6 po)	30 (9)	39 (12)	46 (14)	52 (16)	59 (18)	69 (21)	75 (24)	83 (26)
10 cm (4 po)	20 (6)	25 (8)	30 (9)	36 (11)	41 (12)	45 (14)	50 (15)	55 (17)

Tableau 4-9 – Calcul du taux de semis nécessaire en fonction du nombre de semences pour atteindre la densité de peuplement visée

Calculer le taux de semis nécessaire en kg/ha (lb/ac) en fonction du nombre de semences par kilogramme ou par livre (souvent indiqué sur l'étiquette ou le sac de semences).

Nombre de semences	Densité de peuplement souhaitée (x 1 000)							
	2 000/ha (809/ac)	2 500/ha (1 012/ac)	3 000/ha (1 213/ac)	3 500/ha (1 416/ac)	4 000/ha (1 619/ac)	4 500/ha (1 861/ac)	5 000/ha (2 024/ac)	5 500/ha (2 226/ac)
17 600/kg (8 000/lb)	114 (101)	142 (127)	170 (152)	199 (178)	227 (202)	256 (233)	284 (253)	313 (278)
19 800/kg (9 000/lb)	101 (90)	126 (112)	151 (135)	177 (158)	202 (157)	227 (207)	252 (225)	278 (247)
22 100/kg (10 000/lb)	90 (81)	112 (101)	134 (121)	157 (142)	179 (162)	202 (186)	226 (202)	249 (223)
24 300/kg (11 000/lb)	82 (73)	102 (91)	122 (109)	142 (127)	162 (145)	184 (164)	206 (185)	226 (204)
26 500/kg (12 000/lb)	75 (67)	93 (83)	112 (100)	131 (117)	149 (133)	168 (150)	189 (170)	208 (187)
28 700/kg (13 000/lb)	69 (62)	86 (77)	103 (92)	121 (108)	138 (123)	155 (138)	174 (157)	192 (172)

Suite à la page suivante

Suite de la page précédente

Tableau 4-9 – Calcul du taux de semis nécessaire en fonction du nombre de semences pour atteindre la densité de peuplement visée

Calculer le taux de semis nécessaire en kg/ha (lb/ac) en fonction du nombre de semences par kilogramme ou par livre (souvent indiqué sur l'étiquette ou le sac de semences).

Nombre de semences	Densité de peuplement souhaitée (x 1 000)							
	2 000/ha (809/ac)	2 500/ha (1 012/ac)	3 000/ha (1 213/ac)	3 500/ha (1 416/ac)	4 000/ha (1 619/ac)	4 500/ha (1 861/ac)	5 000/ha (2 024/ac)	5 500/ha (2 226/ac)
30 900/kg (14 000/lb)	64 (55)	80 (71)	96 (86)	112 (100)	128 (114)	144 (128)	162 (146)	178 (160)
33 200/kg (15 000/lb)	59 (53)	75 (67)	90 (80)	104 (93)	120 (107)	134 (120)	151 (136)	166 (149)
35 400/kg (16 000/lb)	56 (50)	71 (63)	84 (75)	99 (88)	112 (100)	127 (113)	141 (127)	155 (140)

Utiliser les taux les plus élevés des tableaux 4-7, 4-8 et 4-9 :

- là où des problèmes risquent d'apparaître à la levée et au début de l'établissement des plantules (par exemple, si le lit de semence laisse à désirer ou si les semis se font par voie aérienne ou à la volée);
- si les semis sont faits tardivement et que le tallage sera réduit;
- sur les sols argileux très lourds.

Écartement des rangs

De nombreuses études ont porté sur les écartements des rangs de céréales permettant les meilleurs rendements. D'après un résumé des résultats de certaines recherches en provenance du Nord des États-Unis et de tout l'Ontario, y compris certains essais à la ferme effectués dans la province, rien ne permet de penser qu'il y aurait intérêt, dans les cultures de blé d'automne, à opter pour une distance inférieure à la valeur standard de 18 à 19 cm (7 à 7,5 po).

Il semble par ailleurs que l'accroissement des écartements s'accompagne d'une baisse de rendement; en effet, en Ontario, les recherches les plus récentes font état d'une perte de 8 % lorsque les rangs sont espacés de 38 cm (15 po) au lieu de 19 cm (7,5 po). Dans certains cas, cette baisse peut être compensée par une réduction des investissements en matériel et même se solder par une augmentation des profits. Les nouveaux semoirs à maïs et à soya en ligne pour rangs de 25 cm (10 po) permettent une mise en place des semences plus précise que les semoirs à céréales à écartement de 19 cm (7,5 po). Vu l'importance de la profondeur des semis, cette précision accrue peut compenser en partie les baisses de rendement

attribuables à l'écartement des rangs, comme en témoignent les données recueillies dans les comtés d'Essex et de Middlesex ainsi qu'en Ohio, où des semoirs de précision ont été utilisés sur des rangs écartés de 25 cm (10 po).

Pour ce qui est des céréales de printemps, les essais menés dans le Nord de l'Ontario ont montré des gains de rendement de plus de 5 % lorsque l'écartement des rangs passait de 18 à 10 cm (7 à 4 po). Il se peut donc que l'adoption d'un écartement de 10 cm (4 po) soit bénéfique dans cette région, mais ce serait difficile dans les systèmes de semis direct.

Rotations incluant le blé d'automne

La rotation des cultures fait partie intégrante de tout système de production. Le principal avantage de la rotation des cultures est de faire augmenter les rendements. Des rotations bien planifiées favorisent la lutte contre les insectes et les maladies et permettent de maintenir ou d'améliorer la structure du sol et sa teneur en matière organique. En plus d'améliorer les rendements, la succession de cultures différentes permet de réduire la pression exercée par les mauvaises herbes, d'étaler la charge de travail, de protéger le sol contre l'érosion et de réduire les risques. Le tableau 4-10, *Aspects de la gestion des cultures de blé après diverses cultures dans les rotations*, montre certains des risques liés aux cultures de blé dans les rotations et des options de gestion connexes.

Tableau 4-10 – Aspects de la gestion des cultures de blé après diverses cultures dans les rotations

Culture précédente	Commentaires
Pois de transformation	<ul style="list-style-type: none"> • Meilleure option pour la rotation. • Meilleurs résultats avec des semis précoces. • La présence d'azote résiduel réduit la quantité d'azote à épandre sur le blé. • La verse peut poser problème.
Haricots comestibles	<ul style="list-style-type: none"> • Excellente rotation. • La mise en terre en temps opportun est souvent possible. • Le rendement est plus élevé que si la culture de blé est précédée d'une culture de soya.
Soya	<ul style="list-style-type: none"> • Excellente rotation. • Lorsque la récolte du soya est retardée, le potentiel de rendement du blé semé tardivement est moins bon. • Sur les sols sableux, les populations de hanneton européen peuvent réduire les peuplements.
Canola	<ul style="list-style-type: none"> • Excellente rotation. • Possibilité de mise en terre en temps opportun. • Possibilité de réponse plus accentuée au phosphore de démarrage (le canola est non mycorhizien).
Maïs (ensilage ou grain)	<ul style="list-style-type: none"> • Risque maximal de fusariose. • Possibilité de mise en terre en temps opportun (ensilage). • Pour une culture de blé après du maïs, choisir un cultivar coté MR pour Fusarium (voir www.gocereals.ca) et prévoir l'épandage d'un fongicide pour prévenir cette maladie.
Luzerne (peuplements purs)	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilité de mise en terre en temps opportun. • Risque de dommages causés par les insectes. • Étant donné le moment de la libération de l'azote par rapport aux besoins de la culture, les apports en azote ne sont pas entièrement mis à profit. Jusqu'à la moitié de l'azote peut être libérée après la fin de l'absorption par la culture.
Foin de graminées	<ul style="list-style-type: none"> • Rotation médiocre. • Le risque principal est le piétin-échaudage, une maladie des racines qui infecte la culture à l'automne avec possibilité de perte de rendement de plus de 50 %; risque d'autres maladies racinaires. • Possibilité de maîtrise partielle du piétin-échaudage par un semis plus tardif combiné à l'application d'un engrais de potasse placé avec les semences.
Avoine	<ul style="list-style-type: none"> • Rotation raisonnable. • Possibilité de mise en terre en temps opportun. • Peu de maladies passent du blé à l'avoine.
Orge	<ul style="list-style-type: none"> • Rotation correcte. • Possibilité de mise en terre en temps opportun. • Des maladies racinaires passent de l'orge au blé. • Possibilité de maîtrise partielle du piétin-échaudage par un semis plus tardif combiné à l'application d'un engrais de potasse placé avec les semences.
Blé	<ul style="list-style-type: none"> • Pire option (absence de rotation). • Pression maximale due aux maladies foliaires et racinaires. • Risque élevé de piétin-échaudage, de piétin-verse et de strie céphalosporique avec peu d'options de gestion, voire aucune. • Prévoir au moins 10 % de perte de rendement.

Autres possibilités à explorer

Régulateurs de croissance

La verse des céréales peut être très problématique : si elle survient en début de croissance, elle se traduit par une perte de rendement importante. La résistance à la verse varie énormément d'un cultivar à l'autre (visiter www.gocereals.ca). Les doses d'azote, l'épandage de fumier, les maladies et les taux et dates de semis sont autant de facteurs qui jouent grandement sur la vulnérabilité des cultures à la verse.

On peut utiliser des régulateurs de croissance des plantes pour raccourcir la culture et accroître sa résistance à la verse. Ces régulateurs renforcent la tige des plants et améliorent souvent leur résistance à la verse sans les raccourcir du tout. Généralement, la différence de hauteur est de 5 à 7 cm (2 à 3 po). Certains régulateurs n'influent pas seulement sur la hauteur des plants : le chlorméquat-chlorure, par exemple, peut réduire la dominance apicale, favoriser le tallage ou permettre à la talle de rattraper un retard de développement. Il entrave également la fermeture

des stomates, ce qui augmente souvent légèrement le rendement, même en l'absence de verse (voir le tableau 4-11, *Effets des régulateurs de croissance des plantes*). Toutefois, cela peut aussi réduire le rendement si les plants souffrent d'un stress hydrique.

Les effets des régulateurs de croissance des plantes varient beaucoup d'une culture céréalière à l'autre, tout comme le risque de phytotoxicité (dégâts dus à l'application d'un régulateur). Les conditions météorologiques extrêmes interagissent avec la plupart des régulateurs, endommageant parfois gravement la culture. Si possible, éviter d'appliquer un régulateur si la température est basse (< 5 °C), haute (> 25 °C) ou si elle connaît de grandes fluctuations (> 20 °C) la veille, le jour même ou le lendemain. En règle générale, le blé d'automne est bien plus tolérant que les céréales de printemps, le blé de printemps pouvant être le plus sensible. Les cultivars d'une même espèce peuvent aussi réagir différemment. Il est important de lire et de suivre à la lettre les directives qui figurent sur l'étiquette d'un régulateur de croissance avant de l'utiliser.

Tableau 4-11 – Effets des régulateurs de croissance des plantes

LÉGENDE : – = aucune donnée disponible		
Traitement	Rendement	Gain
Parcelle témoin	6,89 t/ha (102,5 bo/ac)	–
1,2 l/ha (0,5 l/ac) de Cycocel	7,04 t/ha (104,7 bo/ac)	2,2 %
2,5 l/ha (1,0 l/ac) de Cycocel	7,06 t/ha (105,0 bo/ac)	2,5 %
1,8 l/ha (0,72 l/ac) de Manipulator	7,10 t/ha (105,6 bo/ac)	3,0 %

Source : P. Johnson, S. McClure. Données recueillies dans neuf endroits entre 2011 et 2014.

Fongicides

Depuis une dizaine d'années, les fongicides font partie intégrante de la lutte intégrée contre les ravageurs dans la production de céréales en Ontario, et ce, pour plusieurs raisons : hausse du prix des céréales, amélioration génétique, amélioration des fongicides, effondrement de la résistance génétique aux maladies. Dans la mesure du possible, l'application d'un fongicide doit reposer

sur le dépistage et la présence d'une maladie. Toutefois, pour la rouille de l'avoine et la fusariose du blé, il faut recourir à un usage préventif de fongicide dans le cadre d'une stratégie de lutte intégrée contre les ravageurs, s'il est établi que le risque de maladie est élevé. Pour plus d'information sur l'identification des maladies et les méthodes de lutte, voir le chapitre 16, *Maladies des grandes cultures*, et la publication 812F du MAAARO, *Guide de protection des grandes cultures*. Les seuils d'intervention varient selon la maladie en cause, le stade de croissance, l'état de la culture et les conditions météorologiques. De façon générale, il est important de bien observer les deux feuilles supérieures des céréales à tous les stades de croissance. Si la maladie atteint l'une ou l'autre de ces feuilles ou les deux, il faut alors déterminer si le seuil d'intervention a été atteint et si un traitement est justifié.

Voici la nouvelle convention d'appellation pour les traitements de fongicide :

- Le traitement précoce, appelé T1, assure la protection contre les mauvaises herbes (stades de croissance : 30 et 31);
- Le traitement T2 protège la feuille paniculaire (stades de croissance : 37 à 39);
- Le traitement T3 cible la fusariose (stades de croissance : 58 à 61).

De manière générale, plus les cultures céréalières reçoivent du fongicide tard, plus leur rendement est élevé, jusqu'au traitement T3. C'est la protection des feuilles supérieures des céréales durant le remplissage des grains qui est la plus bénéfique pour le rendement. Néanmoins, l'écart de rendement entre le traitement T2 et le traitement T3 est faible. Par ailleurs, les traitements précoces ont moins d'incidence sur le rendement, comme le montre le tableau 4-12, *Effets du fongicide en fonction de la date du traitement*. Dans les conditions de croissance qui prévalent en Ontario, l'incidence sur le rendement économique est marginale lorsqu'on applique deux fongicides, et rare lorsqu'on en applique trois. Si un producteur décide d'utiliser plus d'un fongicide, il doit recourir à des modes d'action différents ou multiples pour retarder le développement de la résistance aux maladies.

Tableau 4-12 – Effets du fongicide en fonction de la date du traitement

Type de traitement	Évolution du rendement
T1	0,11 t/ha (1,6 bo/ac)
T2	0,46 t/ha (6,9 bo/ac)
T3	0,54 t/ha (8,0 bo/ac)
T1 + T2	0,54 t/ha (8,0 bo/ac)
T1 + T3	0,60 t/ha (8,9 bo/ac)
T2 + T3	0,73 t/ha (10,8 bo/ac)
T1 + T2 + T3	0,87 t/ha (12,9 bo/ac)

Source : Brinkman, Université de Guelph. Données du projet SMART recueillies entre 2009 et 2011.

Fusariose de l'épi

Les conditions climatiques de l'Ontario engendrent pratiquement chaque année un risque élevé de fusariose de l'épi pour les cultures céréalières. Dans la production de blé, cette maladie infecte les grains et produit des toxines (notamment le déoxynivalénol, ou DON) qui peuvent les rendre impropres à la consommation humaine et, dans les cas les plus graves, impropres à la consommation animale. Compte tenu du climat humide de l'Ontario et de la menace constante que pose la fusariose, il est permis et presque indispensable de recourir à un fongicide pour combattre la fusariose. L'orge de brasserie et les céréales cultivées pour l'alimentation des porcs sont également concernées.

L'essentiel sur les traitements aux pesticides : lutte contre la fusariose dans le blé

Les fongicides pour la lutte contre la fusariose ne donnent des résultats optimaux que s'ils sont appliqués avec des buses spéciales ou des combinaisons de buses. Pour maximiser la couverture de pulvérisation des épis de blé, il faut effectuer le traitement au bon moment et avec la meilleure configuration possible des buses.

Maximiser la couverture des épis de blé

Lors de l'application de fongicides pour la prévention de la fusariose, la clé est d'arroser tous les côtés des épis avec le produit. Les épis qui ne sont pas mouillés

ou qui le sont seulement en partie ne seront pas adéquatement protégés. Par ailleurs, de nombreuses buses d'aspersion et combinaisons de buses permettant de maximiser la couverture de tous les côtés des épis de blé ont été évaluées.

Les résultats montrent que plus l'orientation des jets est voisine de l'horizontale, vers l'avant et l'arrière, plus la couverture est complète. Avec les buses dont le jet était voisin de la verticale, la couverture des épis était nettement moins bonne. La figure 4-5, *Configuration suggérée pour un système à buses doubles orientées avant-arrière*, montre le dispositif en question vu de l'extrémité de la rampe d'aspersion. Les buses Turbo FloodJet^{MD} montées à intervalle 51 cm (20 po) le long de la rampe sont également orientées à 15° sous l'horizontale. Ce sont ces montages de buses doubles qui donnent la meilleure couverture de pulvérisation pour la lutte contre la fusariose.

Les buses ayant un angle d'attaque faible comme les doubles buses avant-arrière et les buses Turbo FloodJet alternatives donnent une bien meilleure couverture de pulvérisation des épis de blé que celles dont le jet est orienté vers le bas.

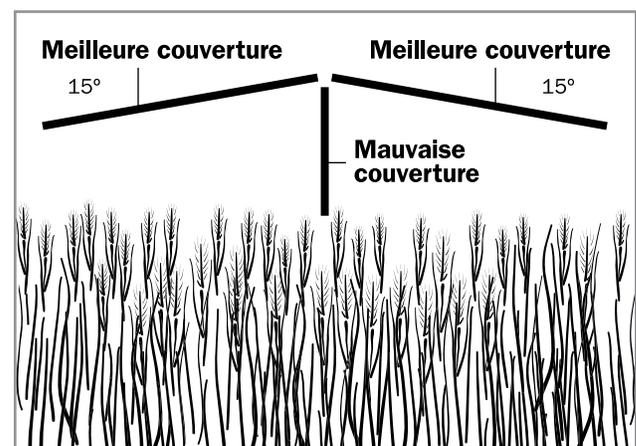


Figure 4-5 – Configuration suggérée pour un système à buses doubles orientées avant-arrière

Volumes d'eau

Il faut suivre les instructions figurant sur l'étiquette. L'emploi de plus grandes quantités d'eau devrait permettre d'améliorer la couverture de pulvérisation, notamment par temps venteux. Pour une application au sol, il faut employer des volumes d'eau de l'ordre de 170 à 190 l/ha (18 à 20 gal US/ac), sans dépasser cette deuxième valeur.

Vitesse d'avancement du pulvérisateur

La couverture reste presque inchangée entre 10 et 20 km/h. La modification des vitesses d'avancement n'entraîne aucun changement du classement des différents types de buses ni de la qualité des couvertures de pulvérisation des épis de blé.

Distance de la buse à la cible

Les buses doubles orientées avant-arrière et les buses Turbo FloodJet alternatives doivent être actionnées à une hauteur de 25 à 30 cm (10 à 12 po) au-dessus du couvert végétal. Il faut actionner les autres types de buses assez haut, soit à environ 50 cm (20 po) du couvert végétal, pour permettre un bon déploiement du jet. Au-dessus de cette valeur minimale, il en résultera une importante réduction de la couverture des épis, qui peut atteindre 50 % au double de cette distance.

Moment de l'application de fongicides pour la lutte contre la fusariose

Le jour 0 correspond au moment où 75 % des épis des tiges principales ont entièrement émergé. Il faut prévoir les applications entre les jours 1 à 4, l'idéal étant le jour 2.

Résistance au délavage par la pluie

Les fongicides actuellement employés contre la fusariose (Prosaro^{MD}, Caramba^{MD} et Proline^{MD}) résistent tous au délavage par la pluie pendant une heure. Le fongicide doit être appliqué lorsque les épis sont assez secs, car les gouttelettes peuvent provoquer le ruissellement du produit sur les épis et réduire la couverture. Pour en savoir plus, consulter la publication 812F du MAAARO, *Guide de protection des grandes cultures*.

Nettoyage des pulvérisateurs avant le traitement du blé

Les pulvérisateurs doivent absolument être entièrement nettoyés, y compris les couvercles d'extrémité de la rampe. À l'épiaison, le blé est très sensible à toute contamination des produits de traitement, avec des pertes de rendement avoisinant les 100 % dans les cas graves. Si le pulvérisateur n'est pas convenablement nettoyé, il vaut mieux ne faire aucun traitement contre la fusariose.

Prévision de la fusariose

Weather INnovations Incorporated (WIN) offre le système de modélisation météorologique DONcast. Voir le site Web de WIN, à l'adresse www.weatherinnovations.com, et suivre les instructions.

Fongicides et maturité des cultures

Les fongicides contribuent à maintenir la santé des plants, et ainsi à réduire les infections dues aux maladies. Des plants sains donnent un meilleur rendement, mais retardent la récolte de deux à trois jours. On pourrait croire que les fongicides retardent la maturité, mais, en réalité, ils empêchent les plants de mourir prématurément à cause de la maladie, ce qui prolonge la période de remplissage des grains, permet aux plants d'atteindre leur pleine maturité et donne un meilleur rendement.

Interactions entre fongicides et azote

Des études récentes ont montré qu'il existait une synergie entre l'azote et les fongicides dans les cultures de blé d'automne (Hooker *et al*, 2014, Johnson et McClure, données recueillies sur le terrain, 2008-2014). Lorsqu'une culture reçoit de fortes doses d'azote conjuguées à des fongicides, l'augmentation de son rendement est supérieure au résultat cumulatif du fongicide et de l'azote, comme le montre la figure 4-6, *Effets du fongicide sur la réaction des cultures à l'azote*. Le fongicide maintient les plants en bonne santé, ce qui leur permet d'absorber la dose d'azote élevée. Cette réaction synergétique est particulièrement visible chez le blé d'automne, dont le potentiel génétique de rendement et la maturité précoce (moins de stress dû à la chaleur) permettent une meilleure utilisation de l'azote. L'ampleur de cette synergie dans les céréales de printemps fait actuellement l'objet de recherches. Notons que les premiers résultats chez les autres céréales ne sont pas aussi encourageants.

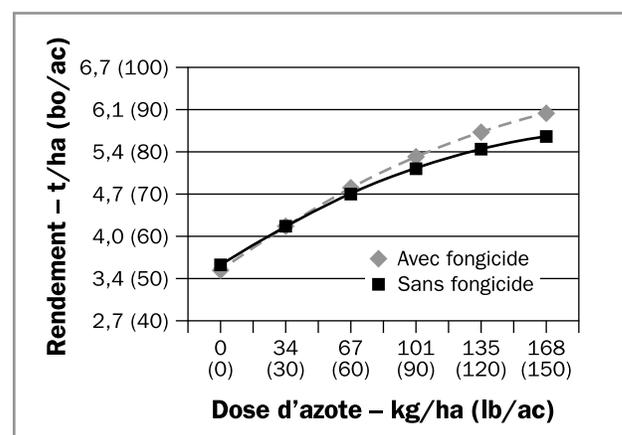


Figure 4-6 – Effets du fongicide sur la réaction des cultures à l'azote

Source : P. Johnson et S. McClure, MAAARO, 2013-2014.

Gestion de la fertilisation

Azote

Les céréales font partie de la famille des graminées et sont très sensibles aux apports d'azote. L'épandage de cet élément en quantité excessive provoque la verse des cultures de céréales, entraînant une perte de rendement et de qualité ainsi que des difficultés au moment de la récolte (voir photo 4-2). La dose d'azote optimale pour un champ donné dépend de la culture visée, des applications préalables de fumier ou d'engrais, du type de sol, de la rotation des cultures et des conditions météorologiques. Il faut partir des directives générales, mais aussi prendre en considération les observations sur la croissance de la culture et sa tendance à verser.



Photo 4-2 – Verse due au chevauchement des travées ou à des doses excessives d'engrais azoté

L'interaction entre fongicides et azote dans les cultures de blé d'automne a également une incidence sur les méthodes d'épandage de l'azote. Voir la figure 4-6, *Effets du fongicide sur la réaction des cultures à l'azote*. La valeur de la culture, le prix de l'azote et le coût des fongicides sont autant d'éléments qui servent à déterminer la dose maximale d'épandage d'azote qu'il est rentable d'utiliser.

Directives générales

Pour les directives générales sur les apports d'azote pour les céréales, voir le tableau 4-13, *Besoins en azote des cultures céréalières*, le tableau 4-14, *Besoins en azote du blé de qualité pâtissière*, et le tableau 4-17, *Directives relatives aux apports d'azote pour l'orge de printemps selon la teneur du sol en azote des nitrates*.

Tableau 4-13 – Besoins en azote des cultures céréalières

Plus les doses d'azote sont élevées, plus le feuillage des plants est dense, donc plus le risque de maladies foliaires est élevé. En principe, l'azote épandu en grande quantité n'a pas d'incidence sur le rendement, sauf s'il est accompagné d'un fongicide permettant de lutter contre les maladies des feuilles et des épis. Si la culture n'a pas été touchée par la verse, la dose d'azote épandue au printemps peut être augmentée de 30 kg/ha (27 lb/ac) si elle est conjuguée à un traitement de fongicide T2 ou T3.

Culture	Quantité d'azote requise ¹
Orge (zones recevant 2 800 UTC ou moins) ²	70 à 90 kg/ha (63 à 81 lb/ac)
Orge (zones recevant plus de 2 800 UTC)	45 à 60 kg/ha (40 à 54 lb/acre)
Céréales servant de culture-abri aux cultures fourragères	15 kg/ha (14 lb/ac)
Céréales mélangées, triticale de printemps (Sud de l'Ontario)	45 à 60 kg/ha (40 à 54 lb/ac)
Céréales mélangées, triticale de printemps (Nord de l'Ontario)	70 à 90 kg/ha (63 à 81 lb/ac)
Avoine, seigle de printemps (Sud de l'Ontario)	35 à 50 kg/ha (32 à 45 lb/ac)
Avoine, seigle de printemps (Nord de l'Ontario)	55 à 75 kg/ha (50 à 68 lb/ac)
Blé de printemps	70 à 100 kg/ha (63 à 91 lb/ac)
Orge d'automne, seigle d'automne ³	90 kg/ha (81 lb/ac)
Triticale d'automne	80 kg/ha (72 lb/ac)
Blé d'automne	Voir le tableau 4-14
100 kg/ha = 90 lb/ac	

¹ Réduire les doses d'azote dans les champs ayant reçu du fumier ou ayant servi précédemment à la culture d'une pelouse de légumineuses (voir le tableau 9-9, *Réduction des besoins en azote à la suite de l'enfouissement d'un engrais vert de légumineuses*, et le tableau 9-10, *Quantités habituelles d'azote, de phosphate et de potasse biodisponibles selon la source d'éléments nutritifs organiques*).

² Voir *Teneur du sol en azote des nitrates pour l'orge de printemps*.

³ Sauf en rotation avec le tabac.

Tableau 4-14 – Besoins en azote du blé de qualité pâtissière (dose d'azote la plus rentable)

Pour le blé tendre roux ou le blé blanc de qualité pâtissière. On peut épandre 10 kg d'azote/ha au semis et le reste en surface, au début du printemps.

Rapport coût de l'azote/prix du blé ¹	Rendement prévu				
	4 t/ha (60 bo/ac)	5 t/ha (75 bo/ac)	6 t/ha (90 bo/ac)	7 t/ha (105 bo/ac)	8 t/ha (120 bo/ac)
5	75 kg N/ha	95 kg N/ha	110 kg N/ha	125 kg N/ha	140 kg N/ha
6	70 kg N/ha	85 kg N/ha	105 kg N/ha	120 kg N/ha	135 kg N/ha
7	65 kg N/ha	80 kg N/ha	100 kg N/ha	115 kg N/ha	130 kg N/ha
8	60 kg N/ha	75 kg N/ha	95 kg N/ha	110 kg N/ha	125 kg N/ha

100 kg/ha = 90 lb/ac

¹ Le rapport de prix est le coût de l'azote (N) contenu dans l'engrais (\$/kg d'azote) divisé par le prix de vente du blé (\$/kg de blé).

Exemple de rapport de prix :

Le prix du nitrate d'ammonium et d'urée (NAU) est de 350 \$/t.

Un kg d'azote coûte $350 \$ \div 280 = 1,25 \$/\text{kg}$.

La valeur du blé est de 250 \$/t, ou 0,25 \$/kg.

Le rapport de prix est de $1,25 \$ \div 0,25 \$ = 5$.

Il faut 5 kg de blé pour payer 1 kg d'azote.

Blé vitreux d'automne (roux et blanc)

Les cultivars de blé vitreux d'automne actuellement recommandés en Ontario ne sont pas équivalents aux blés roux de printemps de l'Ouest canadien (CWRS), mais ce sont des cultivars intermédiaires ou de vigueur moyenne ayant certaines propriétés de boulangerie ou d'autres qualités qui leur sont propres. Pour répondre aux normes de qualité, ils doivent avoir une forte teneur en protéines, ce qui nécessite souvent d'augmenter la dose d'engrais azoté. La dose d'azote optimale est environ de 35 à 70 kg/ha (30 à 60 lb/ac) supérieure à celle qui est recommandée pour le blé (tendre) de qualité pâtissière. Le fractionnement des épandages d'azote permet d'accroître la teneur en protéines, mais la différence est trop faible pour que cette méthode soit économique. D'après des études menées en Ontario, le fractionnement des épandages d'azote augmente le rendement de 0,5 %, en moyenne.

Plus les doses d'azote sont élevées, plus le feuillage des plants est dense, donc plus le risque de maladies foliaires est élevé. En principe, l'azote épandu en grande quantité n'a pas d'incidence sur le rendement, sauf s'il est accompagné d'un fongicide permettant de lutter contre les maladies des feuilles et des épis. Si la culture n'a pas été touchée par la verse, la dose d'azote épandue au printemps peut être augmentée de 30 kg/ha (27 lb/ac) si elle est conjuguée à un traitement de fongicide T2 ou T3.

Au cours du développement du plant, l'absorption d'azote allant à la production de protéines dans le grain a lieu plus tard que celle allant à l'amélioration du rendement. Les cultivars de blé vitreux sont

donc parfaitement adaptés à l'absorption d'azote en provenance de sources qui libèrent cet élément lentement ou de sources organiques (enfouissement de légumineuses ou fumier de bétail). De ce fait, les teneurs en protéines recherchées sont souvent plus faciles à atteindre sur les fermes d'élevage. De la même façon que pour le fractionnement des épandages d'azote, des études ont montré que l'azote stable sur le plan environnemental, ou ESN (urée enrobée de polymère, 44-0-0), augmente la teneur en protéines de 0,5 % lorsqu'il est inclus dans l'azote épandu à hauteur de 50 à 65 % (voir tableau 4-15, *Augmentation de la teneur en protéines*). Par contre, le rendement reste le même.

Tableau 4-15 – Augmentation de la teneur en protéines

Apport	Augmentation de la teneur en protéines
35 kg/ha d'azote supplémentaires	0,5 %
70 kg/ha d'azote supplémentaires	1,0 %
Azote épandu par fractionnement (stades de croissance 30 et 32)	0,5 %
Azote épandu après l'anthèse (stades de croissance 30 + 69)	0,75 %
Azote épandu par fractionnement (stades de croissance 30, 32 et 69)	1,0 %
Agrotain Plus	0,2 %
ESN (50 %)	0,5 %
ESN (100 %)	0,75 %

Source : P. Johnson, S. McClure, moyennes de résultats d'essais menés entre 2008 et 2014.

Teneur du sol en azote des nitrates pour l'orge de printemps

L'épandage d'azote à l'automne est déconseillé en Ontario en raison des conditions de croissance que l'on y trouve. Cette pratique n'a aucune valeur pour le producteur et peut être néfaste pour l'environnement si les nitrates gagnent l'eau souterraine. Elle est certes viable dans d'autres régions où poussent des céréales d'automne, mais ces régions ont un climat plus doux qui leur permet de poursuivre leur culture en hiver. En Ontario, avec le manteau nival et le froid hivernal, les céréales d'automne sont totalement en dormance. L'azote épandu à l'automne n'est pas absorbé, car il n'y a aucune croissance. Par temps humide à la fin de l'automne, en hiver et au début du printemps, l'azote est exposé au lessivage ou à la dénitrification. D'après des études sur le sujet (voir tableau 4-16, *Épandage d'azote à l'automne*), plus de 50 % de l'azote épandu à l'automne n'est pas absorbé à temps pour l'hiver. Étant donné que l'épandage d'azote à l'automne (autre que la petite quantité présente dans le phosphore de démarrage) ne présente aucun avantage et peut nuire à l'environnement, cette pratique est fortement déconseillée.

Comme les sols ont une capacité très variable à fournir de l'azote aux plantes, les directives générales présentées au tableau 4-13, *Besoins en azote des cultures céréalières*, ne sont pas nécessairement les plus rentables dans tous les cas. La quantité d'azote des nitrates présente dans le sol au moment des semis est un bon indice de la capacité du sol à fournir de l'azote aux plantes.

Tableau 4-16 – Épandage d'azote à l'automne

Épandage	Rendement	Incidence sur le rendement ¹
100 kg/ha (90 lb/ac) au printemps	5,53 t/ha (82,2 bo/ac)	0
34 kg/ha (30 lb/ac) à l'automne + 100 kg/ha (90 lb/ac) au printemps	5,69 t/ha (84,6 bo/ac)	-0,26 t/ha (-3,8 bo/ac)
135 kg/ha (120 lb/ac) au printemps	5,94 t/ha (88,4 bo/ac)	0
34 kg/ha (30 lb/ac) à l'automne + 135 kg/ha (120 lb/ac) au printemps	5,96 t/ha (88,7 bo/ac)	-0,16 t/ha (-2,4 bo/ac)
168 kg/ha (150 lb/ac) au printemps	6,13 t/ha (91,1 bo/ac)	0

Source : P. Johnson, S. McClure, données recueillies à 18 endroits entre 2011 et 2013.

¹ Par rapport au rendement d'une culture qui reçoit la même quantité d'azote uniquement au printemps.

L'analyse de la teneur du sol en azote des nitrates peut servir à prévoir les besoins en azote de l'orge de printemps dans des régions de la province autres que l'Est de l'Ontario qui reçoivent moins de 3 000 UTC (voir figure 1-1, *Unités thermiques de croissance [UTC-M1] pour le maïs*).

D'ailleurs, la directive fondée sur l'analyse de la teneur du sol en azote des nitrates au printemps doit être considérée comme un indicateur utile en vue de l'élaboration du programme de fertilisation azotée de l'orge de printemps (voir tableau 4-17, *Directives relatives aux apports d'azote pour l'orge de printemps selon la teneur du sol en azote des nitrates*).

Tableau 4-17 – Directives relatives aux apports d'azote (dose la plus rentable) pour l'orge de printemps selon la teneur du sol en azote des nitrates

Teneur du sol en azote des nitrates au printemps à 030 cm ¹	Rapport de prix ²			
	8	7	6	5
10 kg/ha	138 kg/ha	147 kg/ha	156 kg/ha	165 kg/ha
20 kg/ha	107 kg/ha	114 kg/ha	122 kg/ha	129 kg/ha
30 kg/ha	76 kg/ha	81 kg/ha	87 kg/ha	93 kg/ha
40 kg/ha	44 kg/ha	49 kg/ha	53 kg/ha	57 kg/ha
50 kg/ha	13 kg/ha	16 kg/ha	18 kg/ha	21 kg/ha
60 kg/ha	0	0	0	0

100 kg/ha = 90 lb/ac

¹ Teneur du sol en azote des nitrates (à 30 cm de profondeur) : pour convertir des kg/ha en ppm, diviser par 4.

² Le rapport de prix est le coût de l'azote (N) contenu dans l'engrais (\$/kg d'azote) divisé par le prix de vente de l'orge (\$/kg d'orge). Exemple de rapport de prix : voir tableau 4-13.

Moment et profondeur de l'échantillonnage

Il faut prélever les échantillons le plus près possible du moment des semis (dans les cinq jours qui le précèdent), ce qui laisse le temps d'expédier les échantillons à un laboratoire accrédité pour analyse et de recevoir les résultats. Pour connaître les délais à prévoir, il faut s'adresser au laboratoire directement.

Il est important de prélever toutes les carottes d'un champ donné à une profondeur de 30 cm (12 po). Pour s'assurer que l'échantillon est représentatif du champ, il faut prélever le même nombre de carottes en suivant le même schéma d'échantillonnage que celui recommandé pour une analyse de sol ordinaire dans la section *Analyse de sol*. Voir également l'annexe C, *Laboratoires accrédités pour les analyses de sol en Ontario*.

Faire preuve de jugement

Il faut parfois corriger les doses recommandées d'azote qui se fondent sur les résultats des analyses de la teneur du sol en azote des nitrates; en effet le test ne détecte pas l'azote du fumier épandu ou des légumineuses enfouies juste avant l'échantillonnage, qui n'a pas encore été converti en nitrates. Les résultats sont accompagnés d'explications sur le calcul de cette correction.

Il faut faire preuve de prudence si une forte dose d'engrais azoté est recommandée dans un champ où l'orge a été touchée par la verse à des doses plus faibles. L'analyse de la teneur du sol en azote des nitrates n'a pas fait l'objet d'une évaluation adéquate dans les cas suivants :

- Enfouissement de légumineuses ou de fumier à la fin de l'été ou à l'automne;
- Culture d'orge après une culture de légumineuses dans un système de semis direct avec destruction chimique des légumineuses.

Uniformité des épandages d'engrais azoté

Pour obtenir un rendement maximal, il est conseillé d'épandre l'azote uniformément dans tout le champ. L'uniformité de l'épandage est plus importante que la forme sous laquelle l'engrais azoté se présente. Le tableau 4-18, *Pertes de rendement liées à des schémas d'épandage d'azote erronés*, montre les conséquences d'un mauvais calcul des quantités d'engrais. On a constaté un écart de rendement de 1,48 t/ha (22 bo/ac) entre les bandes ayant reçu la pleine dose d'engrais et celles ayant une dose trop faible.

Tableau 4-18 – Pertes de rendement liées à des schémas d'épandage d'azote erronés

D'après les résultats obtenus à deux endroits dans le comté de Middlesex, en 1998, à raison de trois répétitions à chaque endroit.

Schéma d'épandage	Perte de rendement
Dose faible d'azote	3,72 t/ha (55,3 bo/ac)
Pleine dose d'azote	5,20 t/ha (77,3 bo/ac)

Source : P. Johnson, MAAARO.

L'épandage de solution de nitrate d'ammonium et d'urée (NAU) (28-0-0 ou 32-0-0) avec des buses à jet concentré donne une excellente couverture uniforme d'azote qui s'accompagne d'un petit gain de rendement de 0,17 t/ha (2,5 bo/ac), comme le montre le tableau 4-19, *Le NAU comme support pour herbicides*. L'application d'urée, de nitrate d'ammonium ou de nitrate d'ammonium et de calcium peut aussi se faire à l'aide d'appareils de distribution à air qui donnent une meilleure uniformité, bien que des inégalités puissent subsister. Les jours humides, l'urée peut s'accumuler dans les tubes de distribution, gêner l'écoulement et nuire à l'uniformité de la couverture. Pour obtenir un schéma de distribution uniforme, il faut s'assurer que le liquide circule librement dans les tubes.

Ce sont souvent les épandeurs rotatifs qui donnent la couverture la moins régulière. Si on utilise quand même ces appareils, pour compenser le manque d'uniformité, on peut doubler le nombre de passages en réduisant la dose de moitié (en réduisant la superficie traitée à 6 m [20 pi] au lieu de 12 m [40 pi] de centre à centre). Les épandeurs rotatifs de type européen, qui peuvent ajuster la descente de l'engrais sur le disque, permettent un épandage beaucoup plus précis. Toutefois, tant que l'industrie des engrais en Ontario n'est pas au même niveau que celle en Europe, où la taille et la densité des granulés sont calculées pour chaque charge d'engrais, cette technologie améliorée est d'une utilité limitée.

Lors d'essais de précision, les épandeurs pendulaires ont obtenu de très bons résultats avec les engrais secs. Cependant, vu leur trémie de petite taille et leur largeur d'épandage limitée, ces épandeurs ne sont pas très répandus en Ontario.

Les engrais à base de NAU appliqués à l'aide de buses à jet concentré brûlent peu les feuilles, voire pas du tout. IL EST DÉCONSEILLÉ de pulvériser de l'azote 28 % (NAU) à la volée (à l'aide de buses à miroir ou de buses à jet en T) sur des cultures de céréales levées. Le tableau 4-19 montre les pertes de rendement potentielles liées à cette pratique. L'ajout d'azote 28 % à une application d'herbicide, en particulier s'il s'agit d'un herbicide de contact, accentue considérablement les dommages aux feuilles et les pertes de rendement (voir photo 4-3).

Tableau 4-19 – Le NAU comme support pour herbicides

Application	Dommages visibles	Rendement
200 l/ha d'eau (18 gal/ac ¹ d'eau)	0 %	6,4 t/ha (95 bo/ac)
150 l/ha d'eau + 50 l/ha de NAU (13,4 gal/ac d'eau + 4,5 gal/ac de NAU)	3 %	6,4 t/ha (95 bo/ac)
100 l/ha d'eau + 100 l/ha de NAU (9 gal/ac d'eau + 9 gal/ac de NAU)	5 %	6,1 t/ha (91 bo/ac)
50 l/ha d'eau + 150 l/ha de NAU (4,5 gal/ac d'eau + 13,4 gal/ac de NAU)	7 %	6,1 t/ha (91 bo/ac)
200 l/ha de NAU (18 gal/ac de NAU)	9 %	6,0 t/ha (89 bo/ac)

¹ 1 gallon impérial = 1,2 gallon américain

Source : Sikkema, Université de Guelph (CTAR), 2008 à 2013.



Photo 4-3 – Brûlure des feuilles par de l'engrais à base de nitrate d'ammonium et d'urée (NAU) à 28 %; cet engrais azoté peut brûler les feuilles et réduire le rendement

L'épandage de NAU peut se faire au moyen de diverses buses à jet concentré. D'après des essais, la hauteur de la rampe peut avoir une grande influence sur le fonctionnement de certaines buses. Par exemple, avec une distance normale de la buse à la cible, soit 50 cm (20 po), les buses à trois jets fonctionnent très bien. En revanche, s'il y a du relief ou si le sol est en mauvais état, la hauteur de la rampe peut varier, et si elle atteint 75 cm (30 po), l'épandage des buses à trois jets est loin d'être idéal. Les dispositifs d'aspersion Chafer permettent un épandage parfaitement uniforme, quelle que soit la hauteur de la rampe, mais les buses peuvent pivoter, et le repliage de la rampe avec ces corps de buses volumineux peut s'avérer problématique.

Moment des applications d'azote

La plupart des engrais azotés destinés aux céréales de printemps sont appliqués avant les semis et incorporés au sol. Cette façon de procéder permet une absorption optimale de l'engrais par la culture tout en limitant les risques de pertes par ruissellement ou par volatilisation. Le traitement en surface des céréales de printemps levées est acceptable, surtout si on a appliqué un engrais de démarrage au moment des semis.

Phosphate et potasse

Les recommandations pertinentes figurent au tableau 4-20, *Doses de phosphate (P₂O₅) recommandées pour les céréales*, et au tableau 4-21, *Doses de potasse (K₂O) recommandées pour les céréales*.

Ces directives reposent sur les résultats des analyses de sol reconnues par le MAAARO. Pour plus d'information sur la lecture de ces tableaux ou en l'absence d'une analyse de sol reconnue par le MAAARO, voir la section *Directives relatives aux engrais* du chapitre 9, *Fertilité et éléments nutritifs*.

Tableau 4-20 – Doses de phosphate (P₂O₅) recommandées pour les céréales

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	Orge de printemps, blé de printemps et céréales mélangées	Avoine, triticale de printemps et seigle de printemps	Blé d'automne, seigle d'automne, orge d'automne et triticale d'automne	Céréales de printemps ou d'automne avec sous-semis
	Quantité de phosphate à appliquer ¹			
0 à 3 ppm	110 kg/ha (RÉ)	70 kg/ha (RÉ)	70 kg/ha (RÉ)	130 kg/ha (RÉ)
4 à 5 ppm	100 kg/ha (RÉ)	60 kg/ha (RÉ)	60 kg/ha (RÉ)	110 kg/ha (RÉ)
6 à 7 ppm	90 kg/ha (RÉ)	50 kg/ha (RÉ)	50 kg/ha (RÉ)	90 kg/ha (RÉ)
8 à 9 ppm	70 kg/ha (RÉ)	30 kg/ha (RÉ)	30 kg/ha (RÉ)	70 kg/ha (RÉ)
10 à 12 ppm	50 kg/ha (RM)	20 kg/ha (RM)	20 kg/ha (RM)	50 kg/ha (RM)
13 à 15 ppm	20 kg/ha (RM)	20 kg/ha (RM)	20 kg/ha (RM)	30 kg/ha (RM)
16 à 20 ppm	20 kg/ha (RM)	0 (RF)	20 kg/ha (RM)	20 kg/ha (RM)
21 à 25 ppm	0 (RF)	0 (RF)	20 kg/ha (RM)	20 kg/ha (RM)
26 à 30 ppm	0 (RF)	0 (RF)	20 kg/ha (RM)	20 kg/ha (RF) ¹
31 à 40 ppm	0 (RTF)	0 (RTF)	0 (RF)	0 (RF)
41 à 50 ppm	0 (RTF)	0 (RTF)	0 (RTF)	0 (RTF)
51 à 60 ppm	0 (RTF)	0 (RTF)	0 (RTF)	0 (RTF)
61 ppm et plus	0 (RN) ²	0 (RN) ²	0 (RN) ²	0 (RN) ²

100 kg/ha = 90 lb/ac

¹ Uniquement pour les céréales d'automne avec sous-semis.

² 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 4-21 – Doses de potasse (K₂O) recommandées pour les céréales

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	Orge de printemps, blé de printemps et céréales mélangées	Avoine, triticale de printemps et seigle de printemps	Blé d'automne, seigle d'automne, orge d'automne et triticale d'automne	Céréales de printemps ou d'automne avec sous-semis
	Quantité de potasse à appliquer ¹			
0 à 15 ppm	90 kg/ha (RÉ)	70 kg/ha (RÉ)	50 kg/ha (RÉ)	90 kg/ha (RÉ)
16 à 30 ppm	80 kg/ha (RÉ)	50 kg/ha (RÉ)	40 kg/ha (RÉ)	80 kg/ha (RÉ)
31 à 45 ppm	70 kg/ha (RÉ)	40 kg/ha (RÉ)	30 kg/ha (RÉ)	70 kg/ha (RÉ)
46 à 60 ppm	50 kg/ha (RÉ)	30 kg/ha (RÉ)	20 kg/ha (RÉ)	50 kg/ha (RÉ)
61 à 80 ppm	40 kg/ha (RÉ)	20 kg/ha (RM)	20 kg/ha (RM)	40 kg/ha (RÉ)
81 à 100 ppm	30 kg/ha (RM)	20 kg/ha (RM)	20 kg/ha (RM)	30 kg/ha (RM)

Suite à la page suivante

Suite de la page précédente

Tableau 4-21 – Doses de potasse (K₂O) recommandées pour les céréales

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	Orge de printemps, blé de printemps et céréales mélangées	Avoine, triticale de printemps et seigle de printemps	Blé d'automne, seigle d'automne, orge d'automne et triticale d'automne	Céréales de printemps ou d'automne avec sous-semis
	Quantité de potasse à appliquer ¹			
101 à 120 ppm	20 kg/ha (RM)	0 (RF)	20 kg/ha (RF)	20 kg/ha (RM)
121 à 150 ppm	20 kg/ha (RM)	0 (RTF)	0 (RTF)	20 kg/ha (RM)
151 à 180 ppm	0 (RF)	0 (RTF)	0 (RTF)	0 (RF)
181 à 210 ppm	0 (RTF)	0 (RTF)	0 (RTF)	0 (RTF)
211 à 250 ppm	0 (RTF)	0 (RTF)	0 (RTF)	0 (RTF)
251 ppm et plus	0 (RN) ¹	0 (RN) ¹	0 (RN) ¹	0 (RN) ¹

100 kg/ha = 90 lb/ac

¹ 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.



Photo 4-4 – Syndrome du rang de maïs dans le blé d'automne causé par la rémanence des engrais ou des pesticides dans les rangs des cultures précédentes

Syndrome du rang de maïs

Les cultures en semis direct sans engrais de démarrage sont souvent touchées par le « syndrome du rang de maïs » : les plants de blé qui poussent sur l'emplacement des anciens rangs de maïs sont

beaucoup plus hauts et plus vigoureux que ceux qui se trouvent dans les anciens entre-rangs. Cette situation s'explique principalement par la meilleure biodisponibilité du phosphore provenant de l'engrais de démarrage qui avait été épandu en bandes dans le maïs, même si cela remonte à deux ou trois ans avant la culture de blé. Dans les champs ayant reçu 58 kg/ha (52 lb/ac) de supplément de P₂O₅ (100 lb/ac de phosphate monoammonique), cette variabilité de la croissance du blé a disparu. L'ajout de faibles doses de P avec un engrais de démarrage liquide a eu pour effet d'atténuer le phénomène des rangs de maïs sans l'éliminer. Le tableau 4-22, *Syndrome du rang de maïs*, et la photo 4-4 montrent les répercussions du syndrome du rang de maïs sur le plan visuel et sur le plan du rendement. Le blé d'automne est l'une des cultures qui répond le mieux à l'épandage de phosphore. C'est ce que montre le tableau 4-23, *Effet de l'engrais de démarrage sur le rendement*, qui résume les comparaisons effectuées pendant quatre ans sur des champs de fertilité très variable. Même les sols très fertiles réagissent à l'engrais de démarrage appliqué au moment du semis. Notons d'ailleurs que cette méthode d'application de l'engrais est quatre à cinq fois plus efficace que l'application

à la volée. De plus, le phosphore épandu à la volée à l'automne qui n'est pas incorporé peut dériver et nuire à l'environnement. Si le semoir ne permet pas l'application de phosphore, on peut mélanger l'engrais (phosphate monoammonique, 11-52-0) aux semences, et semer le tout en même temps. Les semences et l'engrais ne se dissociant pas, c'est une méthode qui a fait ses preuves dans bon nombre d'exploitations

agricoles. Il faut ouvrir les logettes à semences un cran de plus par rapport à un semis de blé, et, au début, régler le semis à 10 % de moins que la somme du poids par acre des semences et du poids par acre de l'engrais. Par la suite, on doit étalonner le semoir. Si c'est l'application à la volée qui est choisie pour le phosphore, il faut vérifier que l'engrais est bien incorporé pour éviter qu'il ne dérive.

Tableau 4-22 – Syndrome du rang de maïs

Endroit	Teneur du sol en phosphore	Hauteur	Teneur des tissus en phosphore (base de matière sèche)	Rendement
Sur le rang	19	107 cm (42 po)	0,16 % de P	5,13 t/ha (76,3 bo/ac)
Dans l'entre-rang	9	89 cm (35 po)	0,12 % de P	4,51 t/ha (67,1 bo/ac)

Source : P. Johnson, MAAARO (2013).

Tableau 4-23 – Effet de l'engrais de démarrage sur le rendement

Apport d'engrais	Apport de phosphore	Augmentation du rendement par rapport à la parcelle témoin		
		Teneur en P ¹ 6 à 13 ppm (10 sites)	Teneur en P ¹ 13 à 21 ppm (9 sites)	Teneur en P ¹ 21 à 56 ppm (9 sites)
Liquide (6-24-6)				
95 l/ha (10 gal US/ac) (dans la raie de semis)	30 kg de P ₂ O ₅ /ha (27 lb de P ₂ O ₅ /ac)	12,0 %	6,2 %	3,3 %
40 l/ha (5 gal US/ac) (dans la raie de semis)	14,5 kg de P ₂ O ₅ /ha (13 lb de P ₂ O ₅ /ac)	9,7 %	2,7 %	1,8 %
21 l/ha (2,5 gal US/ac) (dans la raie de semis)	3 kg de P ₂ O ₅ /ha (7 lb de P ₂ O ₅ /ac)	6,3 %	2,9 %	0,9 %
Sec (7-34-20)				
170 kg/ha (150 lb/ac) (dans la raie de semis)	58 kg de P ₂ O ₅ /ha (52 lb de P ₂ O ₅ /ac)	17,3 %	6,2 %	4,8 %
56 kg/ha (50 lb/ac) (dans la raie de semis)	19 kg de P ₂ O ₅ /ha (17 lb de P ₂ O ₅ /ac)	10,9 %	4,7 %	3,5 %
225 kg/ha (200 lb/ac) (à la volée)	76 kg de P ₂ O ₅ /ha (68 lb de P ₂ O ₅ /ac)	12,0 %	3,5 %	4,6 %
Rendement moyen de la parcelle témoin		5,31 t/ha (79,0 bo/ac)	5,95 t/ha (88,5 bo/ac)	6,0 t/ha (89,0 bo/ac)
Écart minimum²		0,2 t/ha (3,2 bo/ac)	0,2 t/ha (3,2 bo/ac)	0,2 t/ha (3,1 bo/ac)

Source : Johnson, McClure et Janovicek, 2010-2013.

¹ Phosphore biodisponible d'après des analyses de sol effectuées par des laboratoires accrédités de l'Ontario.

² Écart de rendement minimum requis pour garantir que la différence n'est pas le fruit du hasard.

Méthodes d'application

Quand les céréales ont besoin d'un engrais phosphaté, il vaut mieux appliquer celui-ci avec la semence. Les engrais appliqués avec la semence peuvent comprendre une partie ou la totalité des apports d'azote et de potasse nécessaires, selon les doses. Pour en savoir plus sur le sujet, voir le tableau 9-22, *Doses maximales sûres des éléments nutritifs dans les engrais*, du chapitre 9, *Fertilité et éléments nutritifs*.

Soufre

Étant donné qu'il y a de moins en moins de soufre provenant des dépôts atmosphériques, celui-ci devient un élément de plus en plus indispensable à la fertilité du sol. Dans le cadre de nombreuses études menées à ce sujet entre 2010 et 2015, plusieurs champs ont vu leur rendement grimper certaines années avec l'apport de soufre (entre 0,67 et 0,94 t/ha ou entre 10 et 14 bo/ac). D'autres champs, par exemple ceux qui avaient régulièrement reçu du fumier, ont connu très peu de changement. La figure 4-7, *Effet du soufre sur le blé*, montre l'augmentation moyenne du rendement dans les champs qui ont réagi à l'apport de soufre. Lors de ces essais, 13 sites sur 22 (soit 59 %) ont été stimulés par le soufre et ont vu leur rendement augmenter en moyenne de 0,26 t/ha (3,8 bo/ac). Sur l'ensemble des sites, la réaction moyenne a été de 0,13 t/ha (2 bo/ac).

À l'heure actuelle, il n'existe aucun outil (analyse du sol, analyse des tissus) permettant de déterminer à l'avance quels seront les champs qui réagiront au soufre. De plus, l'interaction est importante d'une année à l'autre. Si le printemps est doux et hâtif, le sol verra son activité biologique stimulée et réagira peu aux ajouts de soufre. À l'inverse, un printemps froid et humide procure les conditions propices à une réaction bien plus prononcée. Pour les producteurs, la meilleure stratégie consiste à mener leurs propres essais pour savoir quels sont les champs qui réagissent au soufre, car ces champs sont nettement plus susceptibles que les autres de réagir année après année. Si les résultats sont incertains, les producteurs pourraient décider d'appliquer du soufre selon les conditions actuelles (printemps hâtif et sec ou printemps tardif et humide) ou de le faire systématiquement, par mesure de précaution.

D'après la figure 4-7, la stratégie idéale est d'épandre entre 10 et 15 kg/ha (entre 9 et 13 lb/ac) de sulfate ou de thiosulfate au printemps. Dans certaines régions, le dosage suggéré est de 10 unités d'azote pour 1 unité de soufre, car c'est la proportion relative de la teneur de ces éléments dans les plants. Ce dosage ne tient toutefois pas compte du soufre provenant des dépôts atmosphériques. D'après les recherches menées à ce jour, le rapport azote-soufre a peu d'intérêt en Ontario. Les producteurs devraient appliquer ces deux éléments en quantité suffisante sans respecter de rapport particulier.

Il est également possible d'épandre du soufre à l'automne. Toutefois, si le soufre est appliqué sous forme de sulfate à l'automne, il sera lessivé en hiver; il doit donc être appliqué sous sa forme élémentaire. Pour être absorbé par les plants, le soufre élémentaire doit être transformé en sulfate. Si le printemps est froid, il se peut que ce processus ne soit pas assez rapide pour répondre à la demande des cultures de blé en début de saison. Des recherches ont été menées sur l'application de soufre à l'automne, et les résultats ne sont pas concluants. La stratégie à privilégier est l'épandage de sulfate au printemps, car, dans ce cas, les résultats sont connus. Toutefois, si la méthode choisie est l'application de soufre élémentaire à l'automne, il faudrait en épandre entre 22 et 56 kg/ha (entre 20 et 50 lb/ac).

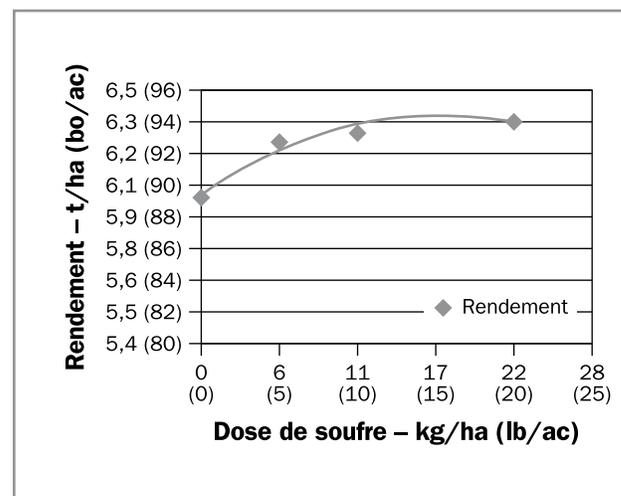


Figure 4-7 – Effet du soufre sur le blé

Source : P. Johnson, S. McClure, 2012-2014. Synthèse des résultats de 13 sites qui ont réagi à l'apport de soufre.

Analyse des tissus végétaux

Pour les céréales, il faut prélever les deux feuilles les plus hautes au stade de l'épiaison. Cependant les plants soupçonnés d'avoir une carence en éléments nutritifs devront être échantillonnés dès l'apparition des premiers signes. Il faut prélever les plants de moins de 20 cm (8 po) de haut en entier. Si l'échantillonnage est effectué à un autre moment qu'au stade de l'épiaison, il faut prélever dans les zones carencées et dans des zones saines du champ pour permettre des comparaisons.



Photo 4-5 – Carence en soufre chez le blé
Photo : Marieke Patton Bayer

À l'échantillon de tissu végétal, il faut joindre un échantillon de sol prélevé au même endroit et en même temps.

L'analyse des tissus végétaux doit révéler des concentrations entre le niveau critique (bas) et le niveau normal maximal. Pour interpréter les résultats de l'analyse, voir le tableau 4-24, *Interprétation des résultats d'analyse des tissus végétaux pour les céréales*, et l'annexe 1, *Services de diagnostic*.

Tableau 4-24 – Interprétation des résultats d'analyse des tissus végétaux pour les céréales

Les valeurs se rapportent aux deux feuilles supérieures du plant prélevées au moment de l'épiaison.

LÉGENDE : — = aucune donnée disponible

Élément nutritif	Concentration critique ¹	Concentration normale maximale ²
Azote (N)	2,0 %	2,7 %
Phosphore (P)	0,1 %	0,5 %
Potassium (K)	1,0 %	3,0 %
Calcium (Ca)	—	1,0 %
Magnésium (Mg)	0,15 %	1,0 %
Bore (B)	3 ppm	25 ppm
Cuivre (Cu)	3 ppm	50 ppm
Manganèse (Mn)	15 ppm	200 ppm
Zinc (Zn)	10 ppm	70 ppm

¹ 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.

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

Oligo-éléments

Manganèse

Les carences en manganèse sont fréquentes dans les cultures de blé, d'avoine ou d'orge sur des sols organiques (terres noires). Elles se produisent occasionnellement sur des sols minéraux riches en matière organique ou à pH élevé, ainsi que sur des sols très sableux contenant peu de matière organique. Dans l'avoine, la carence en manganèse se traduit par l'apparition de taches ovales, grises et irrégulières sur les feuilles (voir photo 4-6). Dans l'orge et le blé, elle se manifeste le plus souvent par des stries jaune clair sur le limbe, alors que les nervures restent d'un vert un peu plus foncé (voir photo 4-7). Les analyses de sol et de tissus végétaux permettent de prévoir à quels endroits des carences en manganèse sont susceptibles de se produire. Les laboratoires d'analyse de sol accrédités par le MAAARO offrent ces deux types de tests.



Photo 4-6 – Dans l’avoine, une carence en manganèse se manifeste par des taches ovales, grises et irrégulières sur les feuilles



Photo 4-7 – Dans le blé d’automne, les carences en manganèse (stries jaune pâle entre les nervures) se produisent surtout dans les sols sableux au pH élevé ou dans les terres noires

Aussitôt que la carence est détectée, il faut la corriger en pulvérisant sur le feuillage 2 kg/ha (1,8 lb/ac) de manganèse, que l’on obtient en mélangeant 8 kg/ha (7 lb/ac) de sulfate de manganèse et 200 l (53 gal) d’eau. Il faut ensuite ajouter un mouillant-adhésif à la bouillie. En cas de carence prononcée, une deuxième pulvérisation peut être souhaitable. Dans les zones présentant des carences graves en manganèse, il peut être nécessaire de faire une application en automne pour assurer la survie hivernale des céréales d’automne. Il faut se méfier des produits de types « complets » qui contiennent tous les éléments nutritifs. Même avec la dose d’application maximale, ces produits fournissent rarement plus de 0,10 kg/ha de manganèse, et ils reviennent bien plus cher par unité. Il se peut que ces produits corrigent brièvement la carence, mais il faut souvent répéter le processus pour obtenir des résultats acceptables.

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. La plupart du temps, les carences qui touchent les plants sont causées par une faible biodisponibilité du manganèse plutôt que par un manque de cet élément dans le sol. Il est peu fréquent qu’un apport de manganèse au sol permette de corriger la situation. Toutefois, si certaines zones localisées d’un champ présentent une carence continue, il est possible d’y effectuer un épandage au sol pour éviter d’avoir à faire des traitements foliaires sur l’ensemble du champ année après année. Pour ce faire, il faut épandre 22 kg/ha (20 lb/ac) de manganèse sous forme de sulfate de manganèse ($MnSO_4$) et répéter le processus au besoin.

Cuivre

Des carences en cuivre sont susceptibles de se produire dans les sols organiques (terres noires), et pourraient survenir, bien que rarement, sur des sols très sableux. On ne connaît pas les effets du cuivre sur les sols sableux. La carence en cuivre se manifeste le plus souvent par un dépérissement de la pointe de la feuille, souvent accompagné du vrillage des feuilles supérieures. Pour en savoir plus sur les méthodes de correction des carences en cuivre, voir la section *Oligo-éléments* du chapitre 9, *Fertilité et éléments nutritifs*. On attribue beaucoup de vertus au cuivre, notamment sur le plan de la lutte contre les maladies, mais aucune étude menée en Ontario n’a pu en démontrer concrètement les bienfaits dans ce domaine.

Bore

Aucune carence en bore n’a été diagnostiquée dans les céréales. Un apport de cet élément peut même être toxique et provoquer le blanchiment des tissus foliaires des plantules. Dans le cadre d’analyses, de nombreux échantillons de tissus présentent une carence en bore, mais l’apport de bore n’a aucun effet. Les valeurs critiques du bore dans les tissus foliaires du blé doivent être revues.

Zinc

Il ne semble pas y avoir de carences en zinc dans les céréales. Dans le cadre d’essais, des céréales ont reçu le mélange MicroEssentials SZ (soufre et zinc, 10-40-0-10-2) et n’ont tiré aucun bienfait du zinc présent dans le produit.

Il ne faut pas employer de mélanges engrais-herbicides en traitements foliaires, à moins que ce soit recommandé par des agronomes fiables. Par ailleurs, il faut toujours consulter l’étiquette des herbicides.

Récolte et entreposage

Réglage optimal de la moissonneuse-batteuse

Les manuels d'utilisation sont la première source à consulter pour les réglages de la récolteuse d'une petite production de céréales. Il arrive à l'occasion que des conditions particulières rendent nécessaires des réglages plus poussés. Une attention particulière doit être apportée à la récolte des grains endommagés par *Fusarium*, des cultures versées ou des cultures infectées par la carie naine ou la carie du blé. Le moyen le plus facile et le plus sûr d'améliorer l'échantillon de grain dans ces cas est de bien régler la moissonneuse-batteuse. Souvent, cette opération suffit à faire la différence entre une récolte commercialisable et un blé de grade d'échantillon. Il ne faut pas hésiter à expérimenter.

L'entreposage de la culture permet d'améliorer la qualité du grain avant de le livrer au silo-élévateur ou à la minoterie. Cette étape est particulièrement importante dans le cas du blé infecté par l'une ou l'autre des formes de carie. De nombreux producteurs ont fait l'expérience d'un second nettoyage du grain à l'aide de tarares, de nettoyeurs-séparateurs et de tables densimétriques dans le but d'améliorer la qualité de l'échantillon. Il est également possible de confier cette tâche aux exploitants des silos-élévateurs contre rémunération, ce qui peut être extrêmement avantageux sur le plan économique si l'on peut faire passer le blé du grade de grains récupérés à celui de blé de meunerie. Grâce à l'amélioration de la qualité du grain, il est beaucoup plus facile pour l'exploitant du silo-élévateur de gérer la culture et de trouver preneur pour le produit.

Grain endommagé par *Fusarium*

Normalement, à la récolte, le grain est séparé de la paille par un jet d'air dans la moissonneuse-batteuse. La plupart des grains infectés par *Fusarium* sont petits, ratatinés et plus légers que les grains sains; il est donc souvent possible d'en éjecter une grande partie à l'arrière de la moissonneuse-batteuse en augmentant le débit du ventilateur au-delà des valeurs habituelles. En 1996, de nombreux producteurs ont réglé le ventilateur à vitesse maximale pour améliorer la qualité du grain. Une étude menée en 1996 par M. Art Schaafsma (Université de Guelph, campus de Ridgetown) a montré qu'en faisant tourner le ventilateur à la vitesse maximale (jusqu'à 300 tours/minute de plus que le réglage prescrit), il était possible de réduire de 10 fois la quantité de grains endommagés par *Fusarium* qui se trouvaient dans le produit. Le fonctionnement du ventilateur de nettoyage à un tel régime entraîne aussi nécessairement un accroissement des pertes de bons grains, qui peuvent atteindre 0,13 t/ha (2 bo/ac); voir le tableau 4-25, *Influence de la vitesse de rotation du ventilateur sur le rendement du blé*. Cette réduction du rendement est négligeable si la culture devient commercialisable au lieu d'être reléguée aux grades de blé fourrager, d'échantillon ou de grains récupérés.

Il faut récolter le grain endommagé par *Fusarium* le plus vite possible, sans quoi l'infection peut se propager rapidement. Elle peut continuer à se développer si la teneur en eau du grain est supérieure à 19 %, ce qui survient fréquemment chez le blé lorsqu'il pleut. Mais si cette teneur est supérieure à 16 %, le ventilateur peine à rejeter vers l'arrière les grains endommagés, qui sont normalement plus légers. Il est souvent impossible de faire une récolte hâtive des grains ayant

Tableau 4-25 – Influence de la vitesse de rotation du ventilateur sur le rendement du blé

Case International 1644, blé Harus, comté d'Essex, le 17 juillet 1996. Vitesse d'avancement de 6,8 km/h (4,2 mi/h). Vitesse de rotation de 880 tr/min.

Comparaison	Vitesse de rotation du ventilateur							Avant fermé
	Réglage du crible : 6 mm (0,25 po)							
	1 160 tr/min	1 190 tr/min	1 220 tr/min	1 250 tr/min	1 280 tr/min	1 320 tr/min	1 330 tr/min	
Grains sains au sol	172/m ² (16/pi ²)	125/m ² (11,6/pi ²)	340/m ² (31,6/pi ²)	263/m ² (24,4/pi ²)	379/m ² (35,2/pi ²)	446/m ² (41,4/pi ²)	470/m ² (43,6/pi ²)	461/m ² (42,8/pi ²)
Perte	0,06 t/ha (0,8 bo/ac)	0,04 t/ha (0,6 bo/ac)	0,11 t/ha (1,6 bo/ac)	0,08 t/ha (1,2 bo/ac)	0,12 t/ha (1,8 bo/ac)	0,14 t/ha (2,1 bo/ac)	0,15 t/ha (2,2 bo/ac)	0,14 t/ha (2,1 bo/ac)
Perte pour un rendement de 4,03 t (60 bo)	1,38 %	0,97 %	2,63 %	2,03 %	2,93 %	3,45 %	3,63 %	3,56 %

Source : Art Schaafsma, Université de Guelph, Collège de Ridgetown, 1996.

une faible teneur en eau. Il se peut que la diminution de la vitesse d'avancement de la moissonneuse-batteuse réduise encore plus les niveaux de *Fusarium* puisque l'air a ainsi plus de temps pour séparer le bon grain du grain infecté. Il faut penser à ouvrir davantage la grille supérieure pour diriger l'air à la verticale; le mouvement de la masse de grain vers l'arrière est ainsi ralenti, ce qui facilite son nettoyage et sa séparation. Il faut veiller à ce que les épis et les particules de paille restent hors de l'échantillon de grain si la grille supérieure est ouverte.

Malheureusement, il arrive qu'on ne puisse pas rendre la qualité du grain conforme aux normes d'admissibilité aux grades meuniers. Dans ce cas, il est conseillé de stocker la plus grande quantité possible de grains endommagés. Souvent, une fois la récolte terminée, les marchands de grains et les minotiers sont moins occupés et peuvent évaluer les marchés existants pour déterminer la meilleure façon de conditionner le blé en vue de répondre aux critères pertinents.

Le blé entreposé doit absolument être sec (14 % d'humidité ou moins). Une teneur en eau trop élevée permettrait la croissance de *Fusarium* et la production de toxines, ce qui nuirait encore davantage à la qualité de la récolte. Il faut examiner fréquemment le grain entreposé pour s'assurer qu'il reste en bon état.

Récolte de céréales versées

Si le blé a versé, le réglage de la moissonneuse-batteuse nécessite plus de travail et dure plus longtemps dans le champ. Même si les moissonneuses-batteuses modernes sont habituellement dotées de tabliers flottants à soya équipés de barres de coupe flexibles, il existe plusieurs méthodes efficaces pour récolter les céréales versées.

- **Releveurs d'épis** : Ils soulèvent la culture au-dessus de la barre de coupe. Il s'agit d'un moyen économique de maximiser les rendements.
- **Réglage des couteaux** : Sur les barres de coupe flottantes, il faut laisser les couteaux inclinés vers le bas et faire fonctionner le tablier dans la position flottante, comme pour récolter une culture de soya. Si l'on opte pour cette solution, il faut prendre garde de ne pas faire entrer de cailloux dans la moissonneuse-batteuse.
- **Réglage du rabatteur** : Les moissonneuses-batteuses plus récentes sont équipées d'un système hydraulique permettant le réglage du rabatteur à partir de la cabine, mais le réglage de la plupart des rabatteurs est permanent et optimal pour la récolte du soya et ne convient pas à la récolte des céréales qui ont versé. Il

faut régler le rabatteur vers l'avant et modifier l'angle des peignes pour les rendre plus performants, de sorte que le rabatteur soulèvera la récolte au-dessus du sol et au-dessus des couteaux. Il est possible de faire la mise au point à partir des réglages suggérés dans le manuel d'utilisation.

- **Passage à sens unique** : La solution de dernier recours, à laquelle il faut se résoudre certaines années, consiste à faire la récolte à sens unique de sorte que le grain versé soit orienté vers le tablier.

Blé infecté par la carie

Pour éviter d'avoir à récolter du blé infecté par la carie, il faut choisir des semences convenablement traitées de cultivars résistants. Toutefois, quand la carie a infecté une culture, les méthodes de récolte et d'entreposage doivent viser à éviter l'introduction des balles sporifères dans l'échantillon et à réduire l'odeur de poisson qui se dégage du grain après la récolte.

Il ne faut pas récolter le blé infecté par la carie si sa teneur en eau est élevée. Les spores provenant des balles sporifères éclatées adhèrent plus facilement au grain mouillé. Il faut récolter le grain une fois qu'il est sec en faisant tourner le cylindre à basse vitesse et en ouvrant le contre-batteur, de manière à réduire le nombre de balles sporifères qui éclatent pendant l'opération. Il est conseillé de faire fonctionner les ventilateurs de nettoyage à haute vitesse pour éjecter le plus possible de balles sporifères et de spores de carie vers l'arrière de la moissonneuse-batteuse.

L'entreposage du blé infecté par la carie est un bon moyen d'améliorer la qualité du grain. L'aération est ici la clé du succès. Il faut stocker le grain infecté dans des installations offrant une grande capacité d'aération, et l'aérer jusqu'à ce que l'odeur disparaisse. On conseille de le manipuler délicatement au moment de le retirer de la cellule de stockage pour éviter de provoquer l'éclatement des balles sporifères qui seraient restées intactes, ce qui risquerait de contaminer à nouveau le produit. Il faut déplacer le grain infecté par la carie avec des transporteurs à courroie plutôt que des vis de déchargement. Il est également possible de manipuler le grain par aspiration, ce qui permet souvent de le débarrasser des balles sporifères restantes et de le conserver en bon état.

Il ne faut jamais mélanger du blé propre et du blé infecté par la carie. Il suffit d'une très faible proportion de grains contaminés pour faire diminuer la qualité de l'ensemble. Le mélange ne permet pas d'améliorer

le grain endommagé, il a simplement pour effet de détériorer le bon grain. Pour en savoir plus, voir les sections *Carie naïne* et *Carie du blé* du chapitre 16, *Maladies des grandes cultures*.

Séchage et entreposage du blé

On récolte parfois le blé d'automne à une plus forte teneur en eau parce qu'on prévoit du temps pluvieux, ou dans le but de réduire les pertes à la récolte. Le blé est considéré comme sec à une teneur en eau de 14,5 %, selon la Commission canadienne des grains. L'Ontario a décidé de baisser ce chiffre à 14 % pour se rapprocher des autres normes internationales. Au-delà de ce seuil, des frais de séchage peuvent être appliqués.

Pour pouvoir être entreposé sans risque pendant de longues périodes, le blé d'automne doit avoir atteint une teneur en eau de 13 à 14 %.

Systèmes de séchage

Il existe trois principaux systèmes de séchage du blé :

- Les cellules à l'air ambiant;
- Les séchoirs à basse température (moins de 40 °C);
- Les séchoirs à haute température ou ultra-rapides (plus de 40 °C).

Séchage à l'air ambiant et à basse température

Le séchage du blé à l'air ambiant n'est possible que lorsque l'humidité relative à l'extérieur est inférieure à la teneur en eau à l'équilibre des grains. L'efficacité de cette méthode se trouve considérablement réduite pendant les périodes pluvieuses et la nuit, quand il fait frais et que les taux d'humidité relative sont généralement élevés. Lorsque la température de l'air tombe à moins de 10 °C, la ventilation à l'air ambiant ne permet pas de retirer autant d'humidité, et il peut être nécessaire de chauffer. Des périodes prolongées de temps humide peuvent aussi rendre nécessaire un chauffage d'appoint pour le séchage. En augmentant la température de l'air d'entrée de 5 °C, on assèche l'air sans toutefois trop assécher le grain placé au fond de la cellule. Voir le tableau 4-26, *Débit d'air suggéré pour le séchage du blé à l'air ambiant et à basse température*.

Exigences minimales pour le séchage à l'air ambiant :

- Aménager un faux fond entièrement perforé dans la cellule de stockage.

- Nivelier la surface du grain dans toute la cellule de stockage.
- Assurer un débit d'air d'au moins 6,5 l/sec/m³ (0,5 pi³/min/bo), de préférence de 9,7 l/sec/m³ (0,75 pi³/min/bo) ou plus.
- Nettoyer le grain afin de le débarrasser des mauvaises herbes et des particules fines.
- Mesurer précisément la teneur en eau du blé 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 blé.
- 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 graines de mauvaises herbes, les résidus de végétaux encore verts 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 grain suit toujours le chemin offrant le moins de résistance.

Tableau 4-26 – Débit d'air suggéré pour le séchage du blé à l'air ambiant et à basse température

LÉGENDE : pi ³ /min = pied cube par minute		
Teneur en eau (à l'état humide)	Débit d'air minimal	
16 %	6,5 l/sec/m ³	0,5 pi ³ /min/bo
17 %	9,75 l/sec/m ³	0,75 pi ³ /min/bo
18 %	13 l/sec/m ³	1,0 pi ³ /min/bo

Adaptation d'un tableau tiré de Wilcke, William F., Hellevang, Kenneth J. *Wheat and Barley Drying*. FS-5949-G0, 1992. Université du Minnesota, Extension Service.

Séchage à haute température

Le séchage du grain à haute température se fait avec de grands volumes d'air chaud à 40 °C ou plus, en quelques heures ou quelques jours. Pour ce faire, on peut utiliser des séchoirs à maïs, mais il peut être nécessaire de réduire la température de séchage afin d'éviter toute perte de pouvoir germinatif et de qualité de l'amidon. Il est important de ne pas dépasser les valeurs recommandées, qui dépendent du type de séchoir et de l'utilisation finale du blé. Voir le tableau 4-27, *Températures maximales de l'air recommandées pour le séchage du blé de meunerie et de semence*.

Pour que le blé sèche en toute sécurité, la température des grains ne doit jamais dépasser 60 °C. Dans le contrat, il faut vérifier si le séchage à l'air chaud est permis pour le conditionnement du blé de semence.

Tableau 4-27 – Températures maximales de l'air recommandées pour le séchage du blé de meunerie et de semence

Type de séchoir ou utilisation finale du blé	Température maximale
Séchoirs discontinus sans recyclage d'air	60 °C
Séchoirs discontinus à recyclage d'air	Entre 60 et 70 °C
Séchoirs continus à écoulement transversal	60 °C
Séchoirs à écoulement parallèle	70 °C
Blé de semence ¹	40 °C

¹ Wilcke, William F., Hellevang, Kenneth J. *Wheat and Barley Drying*. FS-5949-GO, 1992. Université du Minnesota, Extension.

Droit d'auteur : Farm Drying of Wheat, Commission canadienne des grains, septembre 1992.

La qualité boulangère du blé diminue si la température du grain atteint 60 °C pendant un certain temps. Lorsqu'on utilise des séchoirs à air chaud, il est recommandé de faire évaluer des échantillons pour s'assurer que le grain séché répond aux normes du marché.

Le blé gourd 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 blé 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 le grain redeviendrait humide pendant la nuit, ce qui annulerait les progrès réalisés pendant le jour. On peut utiliser un détecteur d'humidité automatique ou le modèle BINcast (www.weatherinnovations.com) pour faire en sorte que le ventilateur ne fonctionne que durant le séchage.

Détermination du débit d'air

Il faut un débit d'air suffisant pour faire passer l'air dans toute la masse de grain. Pour retirer l'humidité, le débit d'air doit être au moins de 6,5 l/sec/m³ (0,5 pi³/min/bo); en deçà de ce seuil, il aura pour effet de modifier la température du blé sans toutefois influencer sa teneur en eau. Les débits d'air plus élevés, de 9,75 l/sec/m³ (0,75 pi³/min/bo) ou plus, permettent d'accélérer le séchage, mais ils peuvent être difficiles à atteindre sans des ventilateurs beaucoup plus puissants. Étant donné le petit calibre des grains de blé, les interstices entre eux sont très étroits. Pour déplacer de grandes quantités d'air au travers d'une couche épaisse de grains de blé, il faut un gros ventilateur permettant de créer une pression statique élevée. Si la combinaison de la cellule de stockage et du ventilateur permet d'obtenir un débit de 26 l/sec/m³ (2 pi³/min/bo) lorsque la cellule est remplie de maïs, il ne faut remplir celle-ci qu'à moitié ou au tiers de blé. Pour sécher du blé à l'aide d'un ventilateur à écoulement axial, il peut être bon de commencer avec une épaisseur de blé équivalente au tiers de celle de maïs.

Pour calculer la valeur du débit en l/sec/m³ (pi³/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. Un simple manomètre relié à la chambre de répartition d'air située sous le faux fond perforé permet de mesurer la pression statique (équivalent en pouces d'une colonne d'eau). Voir le schéma d'un tel dispositif à la figure 12-1, *Manomètre de fabrication artisanale* (chapitre 12). À partir de la courbe de rendement du ventilateur, on peut calculer son débit à la pression statique mesurée.

S'il n'est pas possible d'obtenir le débit d'air voulu, on peut 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.

Pour calculer le débit d'air en l/sec/m³ (pi³/min/bo), il faut diviser le débit en l/sec (pi³/min) à la pression statique mesurée, par le nombre de boisseaux contenus dans la cellule de stockage (1 pi³/min/bo = 13 l/sec/m³).

Teneur en eau à l'équilibre

Des chercheurs ont mis au point des tableaux qui indiquent la teneur en eau finale du blé d'automne selon la température et l'humidité relative de l'air (voir tableau 4-28, *Teneur en eau à l'équilibre du blé tendre d'automne exposé à l'air*).

Tableau 4-28 – Teneur en eau à l'équilibre du blé tendre d'automne exposé à l'air

Température	Humidité relative				
	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %
0 °C	12,5	13,5	14,6	16,1	18,2
5 °C	12,1	13,1	14,2	15,7	17,9
10 °C	11,7	12,7	13,9	15,3	17,5
15 °C	11,4	12,4	13,5	15,0	17,2
20 °C	11,1	12,1	13,2	14,7	17,0
25 °C	10,8	11,8	13,0	14,4	16,7

Par exemple, pour connaître la teneur en eau à l'équilibre de blé exposé à l'air extérieur à 25 °C et à 80 % d'humidité relative, il suffit de trouver l'intersection de la rangée et de la colonne correspondantes dans le tableau 4-28. La valeur indiquée à cet endroit (14,4 %) est la teneur en eau à l'équilibre du blé, qu'il atteindra s'il est soumis à ces mêmes conditions extérieures pendant un délai suffisamment long.

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. Au fur et à mesure que la teneur en eau du blé diminue, il faut de l'air de plus en plus sec pour permettre au séchage de se poursuivre. Si pendant une journée donnée, la teneur en eau à l'équilibre est inférieure à la teneur en eau des grains les plus humides, le séchage est possible et le ventilateur doit être mis en marche. Il faut 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 grain 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 le même jour. 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 taux d'humidité relativement uniformes.

Autres problèmes liés aux cultures

Insectes et maladies

La figure 4-8, *Calendrier de dépistage des ennemis des cultures céréalières*, indique quels sont les insectes et les maladies qui peuvent être à l'origine des signes observés dans le champ. Les descriptions de chacun des insectes et maladies et des stratégies de dépistage et de lutte se trouvent au chapitre 15, *Insectes et animaux nuisibles aux grandes cultures*, et au chapitre 16, *Maladies des grandes cultures*.

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*.

Destruction par l'hiver

Pendant l'hiver et au début du printemps, il arrive que les céréales d'automne soient détruites par le déchaussement dû au gel, la glace, le froid ou la moisissure des neiges. Les différents cultivars n'ont pas tous la même résistance à ces facteurs de stress hivernal, ce qui explique que certains d'entre eux soient adaptés à certaines régions et ne donnent pas nécessairement de bons résultats partout dans la province.

Il faut choisir les cultivars en fonction des risques de destruction par l'hiver dans la région concernée. Par exemple, dans la vallée de l'Outaouais, les cultivars doivent être tolérants à la glace; dans la ceinture de neige du lac Huron, ils doivent supporter la moisissure des neiges, et ceux qui sont cultivés dans les argiles lourdes des comtés d'Essex et de Lambton ainsi que dans la péninsule du Niagara doivent résister au déchaussement par le gel.

Pour savoir évaluer le peuplement du blé d'automne et décider s'il faut ou non reprendre les semis, voir la section *Reprise des semis* et le tableau 4-6, *Calcul du potentiel de rendement pour plusieurs densités de peuplement*.

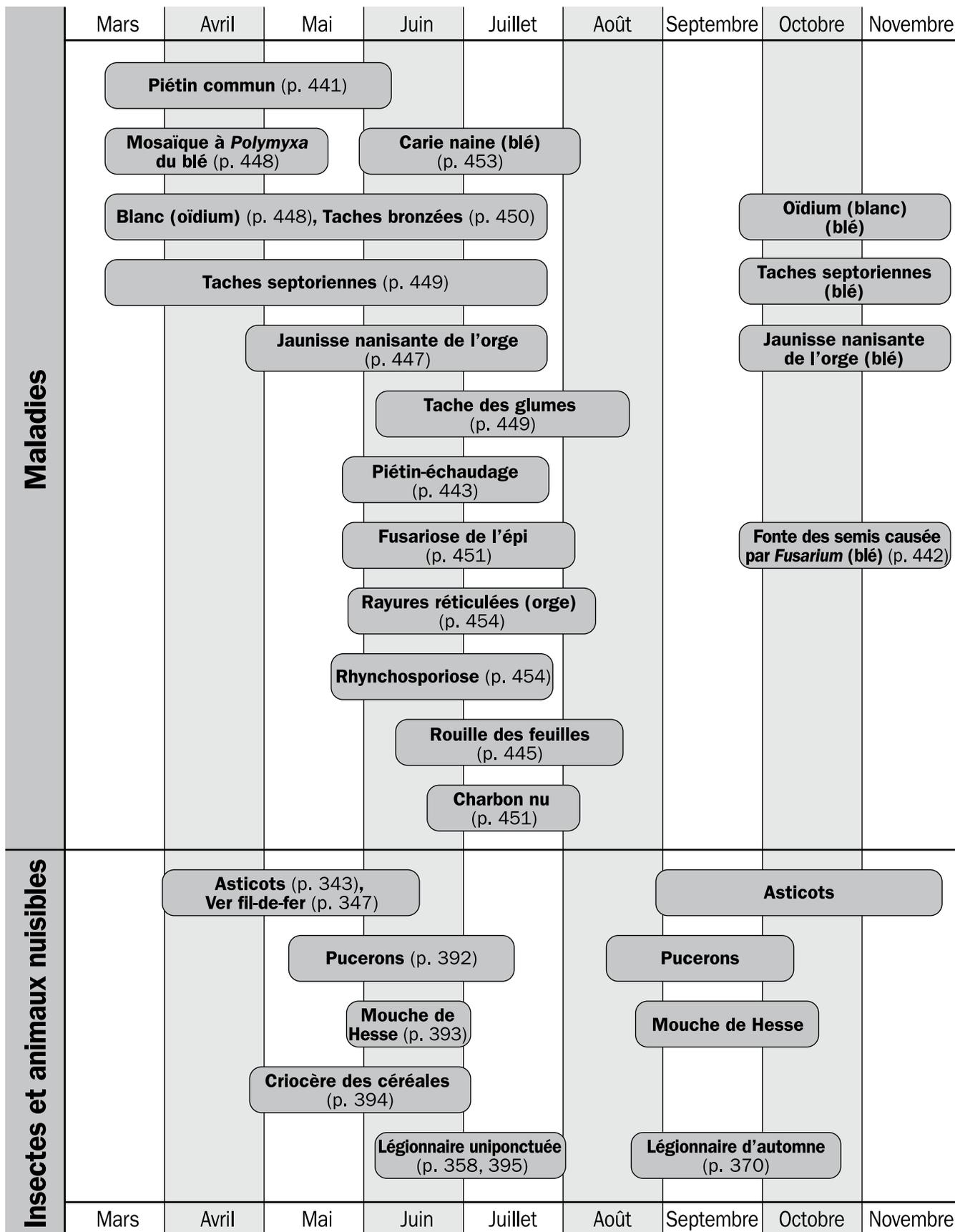


Figure 4-8 – Calendrier de dépistage des ennemis des cultures céréalières

Déchaussement par le gel

Les cycles de gel-dégel du début du printemps sont l'une des principales causes de la destruction des végétaux par l'hiver en Ontario. Les sols à texture lourde et ceux dont le drainage souterrain est limité sont particulièrement vulnérables. Quand le gel pénètre dans le sol, il s'insère sous le collet et soulève la plante (voir photo 4-8). Si ces cycles de gel-dégel se répètent, ils font sortir le plant du sol. Les racines se cassent et demeurent exposées hors du sol, et le plant meurt par dessèchement. C'est ce phénomène qu'on appelle le « déchaussement par le gel ».



Photo 4-8 – Déchaussement de plants de blé d'automne occasionné par les cycles de gel-dégel en début de printemps qui ont pour effet de soulever le collet

Le blé semé profondément n'est pas plus résistant au déchaussement par le gel. Ce sont les racines coronales et non les racines séminales qui ancrent le plant de blé et le protègent du déchaussement. Les racines coronales ne peuvent s'enfoncer dans le sol à une profondeur supérieure à celle de la graine (voir figure 4-1, *Nombre de jours avant la levée selon la profondeur de semis*). Lorsque le blé est semé profondément, le collet et les racines coronales se forment à environ 2 à 2,5 cm (0,75 à 1 po) de la surface parce que le collet se développe en réaction à la lumière. Quelle que soit la profondeur de semis, les racines coronales ne s'enfoncent pas à plus de 2,5 cm (1 po) dans le sol. Pour pouvoir bien résister au déchaussement par le gel, les plants doivent donc former un réseau étendu de racines coronales aussi profond que possible.

Sur les sols vulnérables au déchaussement par le gel, on peut augmenter le taux de semis pour réduire les dommages. Avec un semis plus dense, les racines s'entremêlent en poussant, ce qui donne des plants plus résistants au phénomène de déchaussement par le gel.

Glace

Lorsque la neige fond rapidement ou qu'une pluie hivernale est suivie d'une gelée, il peut se former une épaisse couche de glace sur les zones où l'eau s'est accumulée. Même lorsque l'eau qui se trouve sous la couche de glace parvient à s'écouler, la glace elle-même peut tuer les plants en les privant d'oxygène.

Le drainage en surface et le drainage souterrain permettent de prévenir en partie la formation de flaques d'eau qui donnent lieu à ce phénomène. Si une couche de glace se forme (par exemple en janvier ou en février), le blé en dormance ne survivra que deux semaines environ. Il faut briser la surface gelée pour permettre l'échange gazeux et maintenir le blé en vie, mais il faut agir prudemment, car l'eau peut être profonde sous la couche de glace. Parfois, le compactage provoqué par les pneus de la moissonneuse-batteuse crée des dépressions suffisamment profondes et réduit le drainage, ce qui crée de la glace aux endroits où les roues sont passées. Pour prévenir ce problème, on peut doter la moissonneuse-batteuse de pneus à basse pression ou de chenilles.

Dommages causés par le froid

Le blé peut survivre à des froids extrêmes. Les plants qui ont été endurcis (qui sont entrés en dormance) peuvent supporter des températures de -24 °C. La neige agit comme un isolant, et il suffit d'une couche de 7,5 cm (3 po) pour protéger la culture du froid. Les tissus foliaires des plants qui n'ont pas été endurcis résistent à des températures de -9 °C, si bien que les gelées printanières tardives portent peu à conséquence. Au cours du dernier siècle (1900-1999), il n'y a eu qu'une seule année où le froid a détruit les récoltes de blé en Ontario.

Même si le blé survit bien aux températures très basses, il peut tout de même subir des dommages dus au froid qui se traduiront par une perte de vigueur et une réduction des rendements. Dans les cas les plus graves, il arrive que les zones touchées ne s'en remettent pas complètement. Toutefois, ce phénomène est impossible à prévoir.

Cette page est intentionnellement laissée vide