

Fiche technique :

**Gestion de la folle avoine
(*Avena fatua* L.) résistante aux
herbicides**

Table de matières

Folle avoine (<i>Avena fatua</i> L.).....	1
Biologie.....	1
Germination, émergence et développement.....	1
Dispersion de graines.....	1
Banque de graines.....	1
Nuisibilité.....	2
Résistance aux herbicides chez la folle avoine.....	2
Résistance aux herbicides : Définitions et concepts clés.....	4
Développement de la résistance chez les mauvaises herbes.....	4
Méthodes de gestion de folle avoine résistante aux herbicides.....	6
Dépistage.....	6
Méthodes culturales.....	7
Travail du sol.....	7
Date de semis.....	8
Espacement des rangs et taux de semis.....	8
Rotation des cultures.....	8
Méthodes physiques.....	9
Méthodes chimiques.....	9
Conclusion.....	9
Bibliographie.....	10

Mise en garde

Tout pesticide doit être utilisé conformément aux dispositions du Code de gestion des pesticides et aux instructions du fabricant inscrites sur l'étiquette du produit. En cas de disparité entre l'étiquette et une disposition du Code de gestion des pesticides, la règle la plus contraignante s'applique.

Les renseignements contenus dans ce document ne remplacent en aucun cas les recommandations fournies sur l'étiquette du produit. Les utilisateurs d'un produit doivent toujours lire attentivement et respecter les directives inscrites sur l'étiquette de celui-ci avant son emploi.

La mention des marques de commerce dans ce rapport sert exclusivement à fournir des exemples concrets de produits commerciaux. Des produits de valeur comparable peuvent exister.

L'outil proposé n'inclut pas les doses, les délais de réentrée, l'utilisation d'adjuvants, etc. Par conséquent, les auteurs n'assument aucune responsabilité légale relative au choix et à l'utilisation de tout produit phytosanitaire.

Cette fiche technique a été produite dans le cadre du projet ' Détection et répartition de la folle avoine et de la petite herbe à poux résistantes à des herbicides dans les régions du Saguenay–Lac-Saint-Jean et de la Montérégie' réalisé conjointement par le CÉROM et l'Université Laval. Ce projet est réalisé avec le soutien financier du Programme Innov'Action Agroalimentaire.

Copyright © CÉROM, août 2018

Rédaction : Sandra Flores-Mejia, Ph. D., Romain Néron, B.Sc.- botaniste, et Annie Marcoux, agr., M.Sc.

Folle avoine (*Avena fatua* L.)

La folle avoine (AVEFA) est une graminée originaire d'Eurasie, introduite au Canada par les premiers colons, largement répandue dans toutes les provinces du Canada et dans la majorité des États américains. C'est une plante dressée de haute taille qui ressemble fortement à l'avoine cultivée (*Avena sativa* L.)¹. Elle présente une germination vigoureuse et une émergence non uniforme. La production des graines est dans l'ordre de 50 à 1070 par plante, dépendamment des conditions de culture. Les graines montrent une maturité hétérogène, ce qui permet un égrainage étendu dans la période de culture^{1,2}.

Biologie

Germination, émergence et développement

Le taux d'émergence de la folle avoine est influencé par les degrés-jour (d.j.) et elle est optimale à 600 d.j. Les graines peuvent germer entre 4 et 24 °C, mais la température optimale pour l'émergence est entre 4 et 12 °C. La germination des graines est faible lorsque les graines hivernent à la surface du sol, et l'enfouissement au sol augmente la viabilité des graines¹.

La germination de la première cohorte de folle avoine débute entre le 15 avril et le 15 mai, et coïncide avec la plantation et la levée des cultures à semis printaniers. Des cohortes supplémentaires peuvent émerger tout au long de la période végétative^{1,2}.

La plage de température optimale pour le développement de la folle avoine est de 20 °C pendant le jour et 12 °C pendant la nuit. L'intensité lumineuse et la photopériode affectent le développement. Sous des conditions de photopériode de 16 h, la plante atteint le stade de floraison après seulement 8 semaines et la maturité des graines après 12 semaines^{2,3}.

Les graines de la folle avoine mûrissent en premier dans le bas de la panicule et ont une plus grande dormance comparativement aux graines dans le haut de la panicule qui mûrissent plus tardivement^{2,3}. La graine a une caractéristique particulière : l'arête se détend en conditions humides, alors qu'en conditions sèches l'arête se contracte ce qui lui permet de s'enfoncer dans le sol^{1,2}. Les arêtes longues, épaisses et géciculées de la folle avoine augmentent la vitesse et l'étendue de l'enfouissement au sol, même si la fissuration du sol est minime.

Dispersion de graines

Des études de terrain aux États-Unis, au Royaume Uni et en Espagne, on démontré que la dispersion naturelle (c.à.d. par le vent) de la folle avoine se limite à une distance de 1.5 jusqu'à 3 m⁴. La dispersion des graines sur grandes distances est attribuée principalement à l'équipement utilisé lors du semis et de la récolte^{5,6}.

Banque de graines

La banque de graines peut être très grande, jusqu'à 2500 graines m². La banque de graines a une longévité moyenne de 4 à 5 ans. Bien que lors des premiers 7 mois le pourcentage de viabilité des graines passe de 99 % à 18 %. Cependant, des graines viables sont capables de persister dans le profil du sol jusqu'à une profondeur de 34 cm pendant une période allant jusqu'à 9 ans¹.

Dans une étude dans l'État de Washington, la persistance des banques de graines étaient plus importantes en labour intensif que dans les systèmes sans travail du sol ¹.

Nuisibilité

Cette espèce est une des dix mauvaises herbes annuelles les plus dommageables des régions agricoles en zones tempérées au niveau mondial. Au Canada, dans les Prairies, elle est considérée comme la mauvaise herbe occasionnant le plus de pertes de rendement, jusqu'à 70 % dans les petites céréales, et de dépenses en termes d'herbicides ¹.

Ailleurs au Canada, elle est considérée comme une mauvaise herbe indésirable dans la production de semences pédiées et est interdite dans le produit final ⁷. Le règlement sur les semences CRC ch 1400, Article 7 section 3 interdit la présence de folle avoine dans les lots des semences pour le Québec, la Nouvelle-Écosse, le Nouveau-Brunswick et l'Île-du-Prince-Édouard.

Résistance aux herbicides chez la folle avoine

Pour le moment, il n'y a pas de biotypes de folle avoine résistante au glyphosate au Canada, mais la folle avoine est classée comme une espèce à risque élevé de développement de la résistance, incluant la résistance au pyroxasulfone (groupe 15) et au sulfentrazone (groupe 14) ⁸.

En Alberta, au Manitoba et en Saskatchewan, 39 %, 55-66 % et 32 % des champs échantillonnés, respectivement, possédaient des populations de folle avoine résistante aux inhibiteurs de l'acétyl CoA carboxylase (herbicides du groupe 1) ^{8,9,10}.

Au Québec, la présence de folle avoine résistante au fénoxoprop-p-éthyl, herbicide du groupe 1 a été confirmée en 2012 dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean (SLSJ), à Chicoutimi, à La Baie et à La Doré, par le service de détection du MAPAQ¹¹. Néanmoins, les cas suspects sont soumis sur une base volontaire, et donc, la présence des populations résistantes au Québec a probablement été sous-estimée.

À cet effet, un inventaire de la folle avoine ayant développée de la résistance au fénoxoprop-p-éthyl (groupe 1) a été réalisé en 2014 et 2015 dans la région de Saguenay-Lac-Saint-Jean ¹². Au total, 72 champs ont été échantillonnés dans 16 localités. Les résultats ont montré que ~35 % des populations de folle avoine échantillonnées sont résistantes (résistance + résistance en progression) au fénoxoprop-p-éthyl (Tableau 1 et Figure 1).

Les producteurs qui ont participé à la prise d'échantillons pour tester la résistance des mauvaises herbes ont complété un questionnaire qui a permis d'identifier certaines pratiques agricoles associées au développement de la résistance. Les faits saillants de cette enquête sont présentés plus bas dans le texte.

Tableau 1 Classement des populations de la folle avoine (*Avena fatua*) en fonction des trois diagnostics : sensible^Z, résistance en progression^Y, résistante^X à l'herbicide fénoxaprop-p-éthyl, pour les années 2014 et 2015 au Saguenay-Lac-Saint-Jean ¹²

Diagnostic	Folle Avoine					
	2014		2015		2014 et 2015	
	Nombre de champs	% du total	Nombre de champs	% du total	Nombre de champs	% du total
Sensible	24	60,0	23	71,9	47	65,3
Progression	11	27,5	4	12,5	15	20,8
Résistant	5	12,5	5	15,6	10	13,9
Total	40	100,0	32	100,0	72	100,0

^ZUne population sensible contenait un plant ou moins résistant à l'herbicide

^YUne population avec résistance en développement contenait plus d'un et moins du tiers des plants résistants à l'herbicide

^XUne population résistante contenait le tiers ou plus de plants résistants à l'herbicide

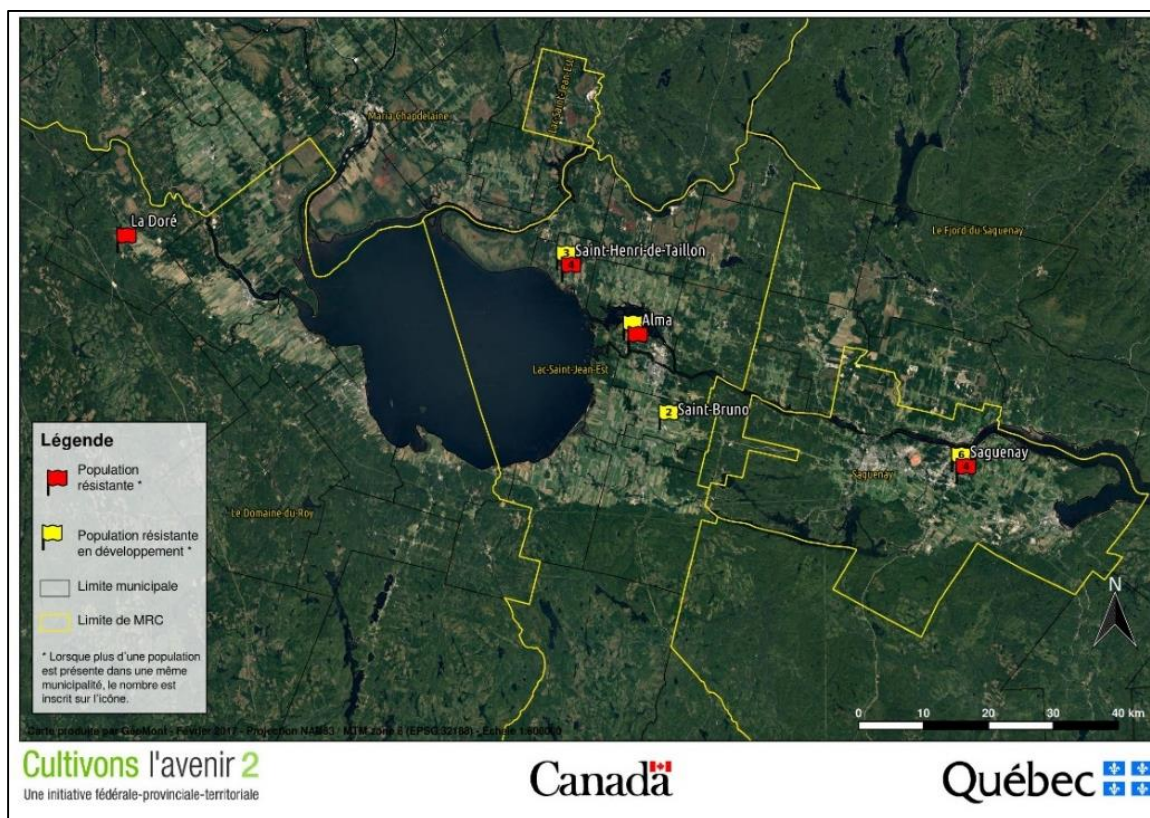


Figure 1 Localisation des populations de folle avoine confirmées résistantes (résistantes et résistantes en développement) au fénoxaprop-p-éthyl, (herbicides du groupe 1) lors d'un inventaire réalisé au Saguenay-Lac-Saint-Jean en 2014-2015 ¹²

Résistance aux herbicides : Définitions et concepts clés

Afin d'éviter toute confusion entre les différences de tolérance de la plante et la résistance de la plante, la Société américaine de malherbologie (Weed Science Society of America, WSSA) a défini les deux termes.

La **tolérance**^{13,14} a été définie comme la capacité inhérente d'une espèce à survivre et à se reproduire après un traitement herbicide. Cela implique qu'il n'y a pas de sélection ou de manipulation génétique pour rendre la plante tolérante.

En contrepartie, la **résistance**^{13,14} est la capacité héréditaire d'une plante à survivre et à se reproduire à la suite d'une exposition à une dose d'herbicide normalement létale pour le type sauvage. Chez une plante, la résistance peut être naturelle ou induite par des techniques telles que le génie génétique ou la sélection de variants produits par culture tissulaire ou par mutagenèse.

Une **mauvaise herbe résistante aux herbicides**¹⁵ est définie comme la capacité d'une population de mauvaises herbes à supporter un herbicide et à compléter son cycle de vie lorsque l'herbicide est utilisé à sa dose recommandée dans une situation agricole.

Chez un herbicide, le **mode d'action** est la réaction biochimique par laquelle un herbicide agit sur une plante afin d'inhiber un ou des mécanismes nécessaires à la croissance saine de la plante. Plusieurs herbicides peuvent avoir une matière active différente, mais avoir le même mode d'action. Actuellement, il existent environ 200 matières actives, réparties en 29 groupes, en fonction du mode d'action^{14,16}.

La **résistance simple**¹⁷ est la résistance des mauvaises herbes à un groupe d'herbicides en particulier, tandis que la résistance à plusieurs groupes d'herbicides est connue sous le nom de **résistance multiple**¹⁷. Les mauvaises herbes peuvent aussi, être résistantes à plus d'une famille chimique à l'intérieur d'un même groupe d'herbicides. Ce phénomène est appelé **résistance croisée**¹⁷.

Développement de la résistance chez les mauvaises herbes

Dans une population de mauvaises herbes, certains individus ont la capacité génétique de survivre à l'application d'un herbicide. Il est important de noter que l'herbicide en soi ne cause pas de changement dans la plante qui provoque le développement de la résistance^{15,18}. Il s'agit plutôt de la reproduction d'individus naturellement tolérants qui contribue au développement de populations résistantes à un herbicide, jusqu'au point où les individus résistants deviennent plus nombreux que les individus sensibles^{15,17}.

Les caractéristiques biologiques de chaque espèce sont un facteur important pour le développement de la résistance, particulièrement pour les espèces annuelles avec des taux élevés de reproduction et de dissémination (graines et/ou pollen)¹⁹. Certaines pratiques agricoles augmentent le risque de développement de la résistance chez les mauvaises herbes, particulièrement :

1. **L'absence de rotation des cultures**. Ceci diminue l'éventail d'herbicides disponibles ce qui favorise la sélection de spécimens résistants^{19,20}.
2. **L'utilisation répétée du même herbicide** ou des herbicides ayant le même mode d'action, spécialement avec l'utilisation de doses réduites, ainsi que l'utilisation d'herbicides à très grande

efficacité, lesquels amènent une pression de sélection élevée sur les populations de mauvaises herbes^{15, 17, 19, 21}.

Les résultats de l'inventaire de la présence de la folle avoine résistante aux herbicides au SLSJ montrent que les plants de folle avoine résistants ont été repérés dans les cultures d'orge et de blé¹² (Figure 2A). Ils montrent aussi que les champs où les producteurs qui ont cultivé exclusivement des céréales dans les 5 dernières années ont eu que des plants de folle avoine résistants (Figure 2B).

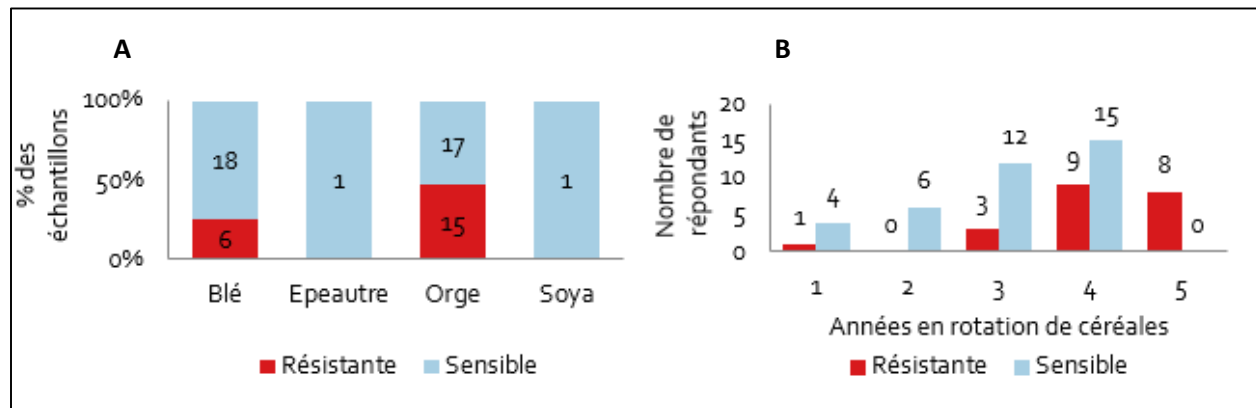


Figure 2 Lors de l'inventaire réalisé au Saguenay-Lac-Saint-Jean, les plants de folle avoine résistants ont été repérés dans les cultures d'orge et de blé (A) et dans les champs cultivés exclusivement avec des céréales dans les 5 dernières années (B)¹²

Actuellement, peu d'options existent pour le désherbage chimique de la folle avoine dans les céréales : des herbicides appartenant aux groupes 1 et 2 exclusivement. Dans les 5 dernières années, 58 % des producteurs au SLSJ (33/57) ont utilisé des herbicides du groupe 1 pour 2 années et plus. Parmi eux, 15 (26 % du total) ont eu des plants résistants¹². L'absence de rotation des cultures et l'utilisation exclusive des herbicides du groupe 1 sont les causes probables du développement de la résistance de la folle avoine au SLSJ¹².

Il est important de mentionner que seulement 10 % des producteurs (5/50) ont été capables de définir correctement le terme « rotation des groupes d'herbicides » (rotation des modes d'action). La mécompréhension des concepts clés peut influencer négativement les mesures de lutte.

En général, il est difficile d'identifier visuellement la présence des mauvaises herbes résistants avant que la résistance soit présente en au moins 10 à 20 % de la population²². Au SLSJ, 54 % des producteurs (29/54) n'avaient pas observé une augmentation des populations de folle avoine dans leur champ depuis les dernières années. De plus, 69 % des producteurs (40/58) ne soupçonnaient pas d'avoir des plants de folle avoine résistante aux herbicides, et 11 de ces producteurs (19 %) avaient de la folle avoine résistante.

Les indicateurs d'une résistance possible aux herbicides comprennent ²⁰ :

- A. L'absence de contrôle contre une espèce qui est normalement contrôlée par l'herbicide à la dose appliquée. Particulièrement si le contrôle est réalisé sur les mauvaises herbes de la même espèce à côté de la plante non contrôlée et sur les autres espèces de mauvaises herbes inscrites sur l'étiquette de l'herbicide.
- B. La présence de colonies (« patch ») de plants non contrôlés d'une espèce de mauvaises herbes.

SAVIEZ-VOUS ?

Le Service de détection du CÉROM offre gratuitement le diagnostic de détection de la résistance aux herbicides des échantillons de mauvaises herbes.

Pour obtenir plus des renseignements, incluant le protocole pour l'échantillonnage des graines de mauvaises herbes pour la détection de la résistance, svp contactez Sandra Flores-Mejia aux coordonnées suivantes : sandra.flores-mejia@cerom.qc.ca ou 450 – 464 - 2715 poste 219

Méthodes de gestion de folle avoine résistante aux herbicides

La lutte aux mauvaises herbes résistantes, incluant la folle avoine, exige l'adoption de pratiques de lutte intégrée, incluant les moyens chimiques, culturaux, physiques et biologiques, qui minimisent la sélection des caractères conférant la résistance aux herbicides ^{20,23}.

Une stratégie de lutte intégrée contre la folle avoine, destinée à retarder ou à empêcher le développement de la résistance aux herbicides, devrait être basée sur **la prévention de l'introduction des graines de folle avoine dans le sol**. Deux façons d'y arriver sont : a) empêcher l'introduction de graines dans le champ et b) empêcher le développement des graines par les plants de folle avoine, si la population est déjà présente dans le champ²⁴. Voici les recommandations agronomiques indispensables à la gestion de populations de petite herbe à poux résistantes :

Dépistage

Le dépistage représente une composante incontournable à la réussite de tout programme de gestion des mauvaises herbes, incluant la folle avoine. Le dépistage en temps opportun permet d'évaluer l'efficacité des pratiques prescrites²⁰, ainsi que l'identification de la « période critique de lutte contre les mauvaises herbes », selon laquelle le contrôle des mauvaises herbes devient un facteur déterminant pour le rendement de la culture ²⁵. Le dépistage implique aussi de :

- Garder des registres des champs cultivés : ces registres documentent les outils de gestion utilisés au cours des saisons précédentes et leur efficacité sur les mauvaises herbes problématiques. Ils servent également à surveiller les changements survenus dans les populations de mauvaises herbes au fil du temps.
- Débuter le dépistage peu de temps après le semis afin de déterminer quelles interventions seront nécessaires (chimiques, physiques, etc.) pour le contrôle des populations de mauvaises herbes présentes.
- Faire le suivi après intervention en prélevée afin de vérifier l'efficacité du traitement appliqué et évaluer la nécessité d'effectuer d'autres interventions.
- Faire le dépistage systématique de tous les champs, quelques semaines après l'application des herbicides en post-levée afin de déterminer l'efficacité des traitements et l'emplacement des mauvaises herbes non détruites. Le manque d'efficacité du traitement herbicide pourrait indiquer l'évolution de la résistance.
- Évaluer par ailleurs si la présence de mauvaises herbes non détruites par le traitement peut être expliquée autrement que par la résistance aux herbicides.
- Procéder à l'échantillonnage de plantes soupçonnées de résistance, afin d'effectuer un test de détection de la résistance.

Méthodes préventives

- Utiliser, préférablement, des semences certifiées exemptes de folle avoine et/ou réaliser un test de pureté de semence si possible².
- Semer, lors que possible, dans des champs libres de populations de folle avoine²⁰.
- Épurer des plants de folle avoine avant l'épiaison et surtout avant la production et la chute des graines viables au sol²¹.
- Nettoyer l'équipement agricole avant de rentrer au champ^{5,24}
- Poser des toiles sur les camions de transport des graines d'avoine^{5,24}.
- Minimiser l'introduction des certains matières biologiques, utilisées pour améliorer la fertilité des sols ou réduire l'émergence des mauvaises herbes (par suppression physique), y compris les résidus végétaux, le compost, les paillis organiques, le foin, les tontes de gazon, etc., qui peuvent contenir des graines de mauvaises herbes, incluant la folle avoine²⁰.
- Gérer les populations des mauvaises herbes en dehors des champs cultivés : éliminer les mauvaises herbes dans les zones non cultivées (fossés, bords de routes, etc.)^{5,24}.

Méthodes culturales

Travail du sol

- Le travail du sol annuellement aide à la réduction de la banque de graines de la folle avoine, car la perturbation du sol encourage la germination de leurs graines. La rotation avec des cultures non céréalières favorise la diminution de la banque de graines²⁴.
- Éviter l'enfouissement de la semence en dessous de 5 cm dans le sol, car ceci augmente la persistance de la dormance².
- Éviter l'utilisation du vibroculteur et du chisel suivi du vibroculteur, car ceci entraîne une augmentation importante de la densité de folle avoine comparativement au labour et au semis direct²⁴.

- Le semis direct empêche d'entraîner de nouvelles graines de la folle avoine à la surface. La viabilité des graines après 4 ans est très faible ²⁴, donc cette méthode peut être utile pour diminuer la banque de graines.

Date de semis

- Le fait d'alterner les dates de semis d'une année à l'autre permet de déplacer la fenêtre de répression des mauvaises herbes, ce qui brise le cycle de ces dernières ²⁶.
- Le décalage entre la germination de la culture et celle de la folle avoine a un impact sur la biomasse de cette dernière. Si la folle avoine germe 3 à 6 semaines après la culture, sa biomasse diminue de 47 à 75 % par rapport aux plants ayant germé au même moment que la culture ²⁴.
- Il est préférable de semer en dernier les champs infestés de folle avoine résistante pour pouvoir tirer avantage d'un semis tardif ²⁴.
- Les cultures semées tardivement au printemps et hâtivement en automne ont généralement moins de folle avoine que les cultures semées hâtivement au printemps et tardivement en automne ²⁴.

Espacement des rangs et taux de semis

- Les rangs de plantes cultivées à espacement réduit seront équivalents ou plus compétitifs avec la folle avoine que les rangs plus espacés de plantes cultivées ²⁴.
- L'augmentation du taux de semis dans les cultures céréalières et le canola permet la réduction de l'utilisation d'herbicides jusqu'à 30 % ²⁴.
- L'augmentation de la dose de semis du blé d'automne et de l'orge permet la réduction de la production de graines de la folle avoine de 52 % ²⁴.
- Dans une rotation canola/blé sans labour, l'augmentation de la dose de semis de 100 % à 150 % a permis la réduction de la biomasse des mauvaises herbes dont la folle avoine, sans diminuer celle de la culture ²⁶. Les faits saillants de cette étude sont :
 - Le taux de semis de 150 % a réduit la banque de graines entre 31 et 44 % après 4 ans²⁶.
 - Le rendement du blé et du canola a toujours été égal ou plus élevé avec un taux de semis de 150 % par rapport au taux de semis de 100 %.
 - Le prix des semences en surplus utilisées dans le traitement avec le taux de semence de 150 %, a été d'entre \$12 et \$24 dollars supplémentaires par hectare, par rapport au taux de 100 %.

Rotation des cultures

- Éviter la monoculture, spécialement la monoculture de céréales.
- Faire de rotations de cultures à long terme qu'incluent au moins 3 différents types des plantes (c.-à-d. céréales, oléagineuses, légumineuses), incluant des cultures fourragères et des jachères ²¹.
 - Une rotation sur 6 ans s'est montrée efficace pour lutter contre la folle avoine résistante aux herbicides du groupe 1 : 3 ans de luzerne/blé d'automne/canola/orge ²⁷.
 - Les populations de folle avoine sensible sont pratiquement éliminées après 9-10 ans dans les rotations jachère/blé d'automne ²⁴.
 - La rotation blé d'automne/orge/pois permet de réduire de 41 % la population de folle avoine, contrairement au 21 % pour du blé cultivé en continu ²⁴.

- Inclure dans la rotation des cultures, des plantes hautement compétitives. Le classement des espèces selon leur compétitivité est : orge > seigle > blé et avoine > pois > pomme de terre > soya > lin > haricot ²⁵.

Méthodes physiques

- Un semis tardif permet d'effectuer un faux semis et ainsi détruire les plantes de folle avoine levées à l'aide d'herbicides non sélectifs ou d'un second travail du sol ^{26,28}.
- Faucher les têtes des plants de folle avoine afin d'éviter la formation de la panicule et des graines matures ². Lorsque l'infestation est importante, il est préférable de couper la culture et les plants de folle avoine, avant la maturité et la chute des graines pour faire de l'ensilage ou du foin, et ainsi réduire grandement la production de graines ²⁴.
- Adapter, si possible, des équipements pour faire la récupération des graines des mauvaises herbes lors du battage.

Méthodes chimiques

- Adopter une méthode de gestion intégrée de mauvaises herbes et éviter l'utilisation exclusive du contrôle chimique pour la gestion des mauvaises herbes.
- Éviter l'utilisation répétée des herbicides du même mode d'action
- Suivre les instructions dans l'étiquette de l'herbicide. Appliquer la dose d'herbicide recommandé au moment adéquat du développement de la mauvaise herbe.
- La calibration de l'équipement avant l'application augmente l'efficacité de l'application.

Conclusion

Le développement de mauvaises herbes résistantes aux herbicides constitue un problème d'importance en agriculture. Ceci peut expliquer la grande demande pour le développement de méthodes de détection rapide de la résistance de même que de moyens de gestion efficace de la résistance chez les mauvaises herbes. L'adoption d'une approche de lutte intégrée qui inclut les diverses pratiques culturales demeure encore la meilleure option afin de freiner l'évolution de la résistance des mauvaises herbes.

Bibliographie

1. Beckie, H. J., Francis, A. & Hall, L. M. The biology of canadian weeds. 27. *Avena fatua* L. (updated). Can. J. Plant Sci. 92, 1329–1357 (2012).
2. Angers, S. & Estevez, B. Le contrôle de la folle avoine en régime biologique. (2006).
3. Sharma, M. P. & Vanden Born, W. H. The biology of Canadian weeds: 27. *Avena fatua* L. Can. J. Plant Sci. 58, 141–157 (1977).
4. Thill, D. C. & Mallory-Smith, C. A. The nature and consequence of weed spread in cropping systems. Weed Sci. 45, 337–342 (1997).
5. Légère, A., Beckie, H. J., Stevenson, F. C. & Thomas, A. G. Survey of management practices affecting the occurrence of wild oat (*Avena fatua*) resistance to Acetyl-CoA Carboxylase inhibitors. Weed Technol. 14, 366–376 (2000).
6. Beckie, H. J., Hall, L. M. & Schuba, B. Patch management of herbicide-resistant wild oat (*Avena fatua*). Weed Technol. 19, 697–705 (2005).
7. CRAAQ. Initiation à la production de semences généalogiques. (CRAAQ, 2005).
8. Beckie, H. J. & Jana, S. Selecting for triallate resistance in wild oat. Can. J. Plant Sci. 80, 665–667 (2000).
9. Beckie, H. J., Thomas, A. G. & Stevenson, F. C. Survey of herbicide-resistant wild oat (*Avena fatua*) in two townships in Saskatchewan. Can. J. Plant Sci. 82, 463–471 (2002).
10. Bourgeois, L. & Morrison, I. N. A survey of ACCase inhibitor resistant wild oat in a high risk township in Manitoba. Can. J. Plant Sci. 77, 703–708 (1997).
11. Bernier, D., Simard, M.-J. & Cuerrier, M.-É. Résultats du service de détection de la résistance des mauvaises herbes aux herbicides pour les saisons de cultures 2012 et 2013. Bull. d'information 3 (6 mai), 5 (2015).
12. Cuerrier, M.-É., Marsan-Pelletier, F., Vanasse, A., Simard, M.-J. & Flores-Mejia, S. Détection et répartition de la folle avoine et de la petite herbe à poux résistantes à des herbicides dans les régions du Saguenay–Lac-Saint-Jean et de la Montérégie. Rapport final. (2018).
13. Heap, I. Criteria for confirmation of herbicide-resistant weeds - with specific emphasis on confirming low level resistance. in International survey of herbicide-resistant weeds (2005).
14. WSSA. Technology notes: Herbicide resistance and herbicide tolerance definitions. Weed Technol. 12, 789 (1998).
15. Vencill, W. K. et al. Herbicide resistance: Toward an understanding of resistance development and the impact of herbicide-resistant crops. Weed Sci. 60, 2–30 (2012).
16. Green, J. M. Current state of herbicides in herbicide-resistant crops. Pest Manag. Sci. 70, 1351–1357 (2014).
17. Martin, H., Tardif, F. & Ferguson, G. La résistance des mauvaises herbes aux herbicides. (2004).
18. Bonny, S. Genetically modified herbicide-tolerant crops, weeds, and herbicides: overview and impact. Environ. Manage. 57, 31–48 (2016).
19. Beckie, H. J. Herbicide-resistant weeds: Management tactics and practices. Weed Technol. 3, 793–814 (2006).
20. Norsworthy, J. K. et al. Reducing the risks of herbicide resistance: Best management practices and recommendations. Weed Sci. 60, 31–62 (2012).
21. Lanoie, N. & Vanasse, A. Effets des rotations et autres pratiques culturales sur les mauvaises herbes dans les grandes cultures. (2017).
22. Ozair, C. in Potential Plant Protection Strategies. Prasad, D. & Sharma, R(eds.). I.K. International Publishing House Pvt. Ltd. (2010).
23. Evans, J. A. et al. Managing the evolution of herbicide resistance. Pest Manag. Sci. 72, (2016).
24. Thill, D. C., O'Donovan, J. T. & Mallory-Smith, C. A. Integrated weed management strategies for delaying herbicide resistance in wild oats. Phytoprotection 75, 61–70 (1994).
25. Nazarko, O. M., van Acker, R. C. & Entz, M. H. Strategies and tactics for herbicide use reduction in field crops in Canada: A review. Can. J. Plant Sci. 85, 457–479 (2005).
26. Blackshaw, R. E., Beckie, H. J., Molnar, L. J., Entz, T. & Moyer, J. R. Combining agronomic practices and herbicides improves weed management in wheat-canola rotations with zero tillage production systems. Weed Sci. 53, 528–535 (2005).
27. Beckie, H. J. Beneficial management practices to combat herbicide-resistant grass weeds in the Northern Great Plains. Weed Technol. 21, 290–299 (2007).
28. Taberner Palou, A., Cirujeda Ranzemberger, A. & Zaragoza Larios, C. Management of herbicide-resistant weed populations. 100 questions on resistance. (2008).