

Rapport scientifique

No projet : **IA120598**

« La folle avoine résistante aux herbicides dans la région du Bas-Saint-Laurent : détection et lutte collaborative »

Sandra Flores-Mejia, Ph.D.

Avec la collaboration de : Firmo Sousa et Gabriel Verret

Juin 2024

Table de Matières

MISE EN CONTEXTE	6
La région du Bas-Saint-Laurent	6
La folle avoine	6
OBJECTIFS.....	7
HYPOTHÈSES.....	7
MÉTHODOLOGIE.....	8
 Volet 1. Réaliser l’inventaire de la folle avoine résistante aux herbicides du groupe 1 dans la région du Bas-Saint-Laurent.	8
Stratégie de sélection des sites.....	8
Dépistage de la folle avoine.....	8
Évaluation de la résistance aux herbicides	8
 Volet 2. Documenter les cas de résistance répertoriés afin d’en établir les causes potentielles.....	11
 Volet 3. Établir les fondations de la lutte collaborative (approche communautaire) pour le développement et l’adoption des stratégies de lutte intégrée contre l’AVEFA résistante aux herbicides.	11
RÉSULTATS ET DISCUSSION	12
 Volet 1. Réaliser l’inventaire de la folle avoine résistante aux herbicides du groupe 1 dans la région du Bas-Saint-Laurent.	12
La fréquence	12
La densité.....	16
La phénologie de l’AVEFA observée dans l’étude.....	20
La résistance aux herbicides	22
 Volet 2. Documenter les cas de résistance répertoriés afin d’en établir les causes potentielles.....	25
Profil des participants	25
La perception des enjeux posés par la folle avoine	29
La gestion de la folle avoine au Bas-Saint-Laurent	31
La régie de cultures	31
La rotation des cultures	33
La prévention et la biosécurité	34
Le dépistage	36
Contrôle non chimique	38
Contrôle chimique et rotation des herbicides	39
Autres facteurs.....	42
 Volet 3. Établir les fondations de la lutte collaborative (approche communautaire) pour le développement et l’adoption des stratégies de lutte intégrée contre l’AVEFA résistante aux herbicides.	43
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	46
REMERCIEMENTS.....	47
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	48
ANNEXES	50
Annexe 8A. Protocole de dépistage.....	50
Annexe 8B. Questionnaires de pratiques agricoles	50
Annexe 8C. Résultats des questionnaires de pratiques agricoles.....	50
Annexe 8D. Rapport des ateliers de co-construction avec les producteurs et les.....	50

Table de Matières : Tableaux

Tableau 1. Nombre de champs à échantillonner (alloués par allocation proportionnelle), le nombre de champs dépistés et la proportion entre champs alloués/dépistés (weight), par MRC et par culture.	9
Tableau 2. Détails sur l'application des herbicides pour le test classique de résistance.	10
Tableau 3. Pourcentage de champs avec de la folle avoine (en champ et/ou en bordure) par rapport au nombre de champs dépistés au Bas-Saint-Laurent (BSL) ou au total de champs dépistés par MRC.	12
Tableau 4. Fréquence de la présence de la folle avoine par type de culture.	15
Tableau 5. Densité et densité ajustée de plants par m ² de folle avoine par type de culture. Les cellules en rouge indiquent une densité de > 10 plants par m ² associée aux pertes significatives dans le rendement de plusieurs cultures.	18
Tableau 6. Densité et densité ajustée de plantes par m ² de folle avoine par type de culture et par MRC. Les cellules en rouge indiquent une densité de > 10 plants par m ² , associée aux pertes significatives dans le rendement de plusieurs cultures. La densité moyenne ajustée par culture est la somme de la densité ajustée/la somme du weight.	19
Tableau 7. Nombre de questionnaires remplis par type de culture selon le nombre de champs dépistés ou avec une population résistante aux herbicides du groupe 1.	28
Tableau 8. Pourcentage de l'utilisation de différentes pratiques agricoles pour éviter (prévenir) ou gérer la folle avoine à la ferme. Les % ont été calculés selon le nombre de répondants ayant de la folle avoine résistante aux herbicides (n=35).	32

Table de Matières : Photos

Photo 1. Luzernière avec une forte infestation de folle avoine (plants en couleur vert/jaune pâle). Le champ a une composition typique de la région du Bas-Saint-Laurent : il est composé de plusieurs sections (planches), chacune très étroite et longue, séparées parfois par des fossés. Crédit photo : Véronique Bélanger (CÉROM).	14
Photo 2. La densité de la folle avoine peut être très élevée en bordure du champ. Crédit photo : Véronique Bélanger (CÉROM).	16
Photo 3. A) Vue de l'ensemble des plantes évalués fénoxaprop-p-éthyl lors de la saison 2022-2023. B) Exemple des populations de folle avoine, sensibles et résistantes aux herbicides du groupe 1, testées à 0X (étiquette blanche), 1X (étiquette jaune) et 2X (étiquette rouge) de la dose de l'herbicide. Crédit photo : Sandra Flores-Mejia (CÉROM). ...	22
Photo 4. Le dépistage de la folle avoine peut être difficile dans les cultures des céréales. Crédit photo : Firmo Sousa (CÉROM).	38

Table de Matières : Cartes

Carte 1. Fréquence de la présence de l'AVEFA (champ et/ou bordure) par rapport au total de champs dépistés par MRC.	13
Carte 2. Pourcentage de champs dépistés avec des populations résistantes aux herbicides du groupe 1 : A) fénoxaprop-p-éthyl (FOPs, n=47), B) tralkoxydim (DIMs, n=45) et C) pinoxaden (DENs, n=44).	23

Table de Matières : Figures

Figure 1. La région du Bas-Saint-Laurent (BSL).....	6
Figure 2. Progression de l'infestation de l'AVEFA dans les différentes entreprises dépistées, présentée comme le % d'entreprises ayant 0 %, 1 de 4 (25 %), 1 de 3 (33 %), 50 %, 2 de 3 (66 %), 3 de 4 (75 %) ou 100 % des champs dépistés avec de la folle avoine.	13
Figure 3. Plages observées pour les différents stades phénologiques de la folle avoine et de la réalisation du semis et de l'application des herbicides dans la région du Bas-Saint-Laurent, lors des saisons 2022 et 2023. Ceci est seulement à titre indicatif, car le dépistage n'a commencé qu'après l'application des herbicides en POST et donc l'émergence et le développement de la folle avoine ne sont pas complets dans ce graphique.	21
Figure 4. A) Pourcentage des populations résistantes à 1, 2 ou 3 matières actives testées (n=46). B) Nombre de populations résistantes à chacune des matières actives testées.	23
Figure 5. Pourcentage de répondants (total et ayant de la folle avoine résistante) par type de production.	26
Figure 6. Pourcentage de répondants (total et ayant de la folle avoine résistante) selon le type de régie de production de l'entreprise.	26
Figure 7. Pourcentage de répondants (total et ayant de la folle avoine résistante) selon le marché de la production de l'entreprise : la vente (A), l'autoconsommation (B) ou la production de semences (C).	27
Figure 8. Pourcentage de répondants (total et ayant de la folle avoine résistante) selon la superficie totale (ha) de l'entreprise (A) ou la superficie (ha) en location (B). Note : La superficie indiquée dans les graphiques est pour illustrer la taille des entreprises ou la taille des champs en location, dépendamment si l'AVEFA-RH a été trouvée dans l'entreprise. Mais cela ne signifie pas que la totalité de la surface est infestée avec l'AVEFA-RH.	28
Figure 9. Pourcentage de répondants (total et ayant de la folle avoine résistante) selon leur perception des tabous en lien avec la présence de la folle avoine sur l'entreprise.	29
Figure 10. Perception des conséquences de la présence de la folle avoine au champ par l'ensemble de producteurs ayant répondu le questionnaire (n=82, barres en bleue) et ceux ayant répondu le questionnaire et ayant de la folle avoine résistante aux herbicides (n=35, barres en rouge).	30
Figure 11. Perception du coût de la gestion de la folle avoine par l'ensemble de producteurs ayant répondu le questionnaire (n=82, barres en bleue) et ceux ayant répondu le questionnaire et ayant de la folle avoine résistante aux herbicides (n=35 barres en rouge).	31
Figure 12. Pourcentage de répondants selon le nombre d'années en rotation de céréales (A) ou en rotation avec prairies ou pâturages (B). Le nombre total de répondants était de 82 personnes, dont 47 n'ont pas été testées pour la résistance (barres en bleue) et 35 ont été testées et étaient classées comme résistantes (barres rouges).	34
Figure 13. Type d'appui souhaité pour chacune des activités en lien avec la prévention et la gestion des mauvaises herbes résistantes aux herbicides. Le % a été calculé selon le nombre de répondants (ayant ou non des populations d'AVEFA-RH) pour chacune des activités : prévention/gestion (47), dépistage (49), biosécurité (32), nettoyage de la machinerie (32) et réglage de pulvérisateurs (38).	36
Figure 14. Moment et fréquence du dépistage des mauvaises herbes par les répondants du questionnaire ayant des populations de folle avoine résistante aux herbicides (n=35).	37
Figure 15. Pourcentage de répondants selon le temps depuis quand ils soupçonnaient la présence de la folle avoine dans leurs champs.	38
Figure 16. Sources d'information pour prendre des décisions en matière de phytoprotection des répondants du questionnaire ayant des populations de folle avoine résistante aux herbicides (n=35). *CCAE= clubs-conseils en agroenvironnement ; RAP= Réseau d'avertissements phytosanitaires.	40

Figure 17. Nombre d'années avec utilisation des herbicides du groupe 1. Les résultats sont présentés en pourcentage de répondants des répondants du questionnaire (n=82, barres en bleue) ou ayant répondu le questionnaire et ayant de la folle avoine résistante aux herbicides (n=35 barres en rouge).....	41
Figure 18. Définition du concept « rotation des herbicides » selon le % des répondants du questionnaire (n=82, barres en bleue) ou ceux ayant répondu le questionnaire et ayant de la folle avoine résistante aux herbicides (n=35 barres en rouge). La réponse correcte est : la rotation des modes d'action des herbicides.....	41
Figure 19. Historique du nombre de groupes d'herbicides utilisés par saison dans les derniers 3 ans pour les répondants du questionnaire ayant une population de folle avoine résistante aux herbicides. Le nombre de répondants est différent pour chacun des années : année en cours =21, année-1=25 et année-2=14.....	42
Figure 20. Sommaire de l'atelier « Efforts/gains » pour identifier les pratiques de lutte contre la folle avoine selon les producteurs (A) ou les intervenants (B). Les pratiques identifiées comme demandant le moins d'effort avec le plus de gain sont en vert. Au contraire, les pratiques représentant peu de gain et beaucoup d'effort sont identifiées en rouge.....	43

Mise en garde

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.

Veuillez vous référer aux étiquettes des fabricants en ce qui concerne les doses, les modes d'application et les renseignements supplémentaires. En aucun cas, la présente information ne remplace les recommandations indiquées sur les étiquettes des pesticides. Les auteurs déclinent toute responsabilité relative au non-respect de l'étiquette officielle.

Demande de confidentialité

Les résultats seront soumis pour publication dans une revue scientifique. On demande de garder ce document confidentiel pour une période d'un an à partir de la date de soumission (15 juin 2024).

MISE EN CONTEXTE

La région du Bas-Saint-Laurent

Le territoire bas-laurentien s'étend sur une superficie de 22 185 km², entre les régions de la Chaudière-Appalaches, à l'ouest, et de la Gaspésie, à l'est, et est délimité au nord par le fleuve Saint-Laurent, puis par le Nouveau-Brunswick et l'État du Maine, au sud (Figure 1). Le PIB de l'industrie bioalimentaire au Bas-Saint-Laurent est estimé à 780 M\$, auquel l'agriculture contribue à la hauteur de 27 % (210 M\$), soit 5,6 % du PIB agricole québécois^[1].

Au BSL, il y a au total 176 098 ha de superficie en cultures, dont la majorité est utilisée pour la production fourragère (70 %), la production de céréales, oléagineux et oléoprotéagineux (28 %). Ce dernier secteur représente une source de revenus pour 634 entreprises, et est l'activité principale pour 123 d'entre elles. Ces cultures sont complémentaires à la production animale des entreprises et permettent la rotation de cultures fourragères. La production de céréales et oléoprotéagineux est dominée par l'orge (15 559 ha), l'avoine (13 970 ha) et le blé (alimentation animale) (6 492 ha)^[1].



Figure 1. La région du Bas-Saint-Laurent (BSL).

Malheureusement, la production en continu de céréales est plus à risque de développer des populations résistantes aux herbicides^[2]. En effet, les options de rotation des cultures sont limitées, et il y a peu d'options disponibles pour le désherbage chimique des graminées annuelles dans les petites céréales, notamment les herbicides du groupe 1 (les inhibiteurs de l'acétyl CoA carboxylase, AAC) et les herbicides du groupe 2 (les inhibiteurs de l'acétolactate synthase, ALS). Le développement de la résistance diminue l'éventail des options disponibles de lutte chimique pour les producteurs, puis les mesures de lutte intégrée contre les mauvaises herbes résistantes aux herbicides ont un faible taux d'adoption, car elles sont perçues comme étant compliquées.

En 2020, des producteurs de la région ont manifesté à la Fédération de l'Union de producteurs agricoles du Bas-Saint-Laurent (FUPABSL) leur préoccupation par rapport à une augmentation (aperçue, mais non quantifiée) de la présence de la folle avoine (*Avena fatua* L., AVEFA) dans leurs champs. Un sondage réalisé à la fin de l'été 2020 a montré que : 45/70 producteurs (75 %) constatent la présence de l'AVEFA dans leurs champs ; 25 % pensent avoir de l'AVEFA résistante aux herbicides ; 38,6 % n'utilisent qu'un seul herbicide pourvu qu'il soit efficace, économique et facile d'utilisation (Yan Gosselin, *comm. pers.*). Jusqu'en 2020 toutefois, aucune enquête de la présence de la résistance aux herbicides n'avait pas été réalisée auparavant dans la région du Bas-Saint-Laurent.

La folle avoine

La folle avoine est une plante graminée largement répandue, considérée parmi les dix mauvaises herbes les plus dommageables des régions agricoles en zones tempérées, au niveau mondial^[3]. Dans les Prairies,

elle est présente entre 65 et 79 % des champs échantillonnés^[4], où elle cause le plus de dépenses en termes d'herbicides (estimé à plus de 4 millions de dollars par année au Manitoba et en Saskatchewan)^[5] et en pertes de rendement (jusqu'à 70 % dans les petites céréales)^[6]. Au Québec, elle est considérée comme une espèce indésirable dans la production de semences pedigrees et elle est interdite dans la production finale^[7].

Ainsi, l'AVEFA est classée comme une espèce à risque élevé de développement de la résistance aux herbicides. Au Canada, la résistance de l'AVEFA aux herbicides des groupes 1 et 2 est largement répandue, ainsi que la résistance multiple (groupes 1, 2, 8, 14 et 15) qui a aussi été répertoriée^[4, 8, 9].

Dans l'Ouest canadien (Manitoba, Saskatchewan et Alberta), des inventaires systématiques pour la détection de la résistance chez l'AVEFA sont faits régulièrement depuis 1995^[4]. Le sommaire des résultats de ces enquêtes, menées entre 2007 et 2011, a montré que 298/677 champs échantillonnés (44 %) avaient des populations de l'AVEFA résistantes aux herbicides (AVEFA-RH), dont 41 % étaient résistantes aux herbicides du groupe 1; 12 % aux herbicides du groupe 2; 8 % aux herbicides du groupe 8 (triallate); et 8 % étaient résistantes aux herbicides 1 et 2 (résistance multiple)^[10]. Au Québec, la résistance de la folle avoine résistante à des herbicides du groupe 1 a été confirmée pour la première fois en 2012, dans la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean (SLSJ) par le service de détection du MAPAQ (Bernier, *comm. pers.*). Puis, une enquête réalisée entre 2014 et 2016 au SLSJ a démontré que 35 % des populations d'AVEFA échantillonnées étaient résistantes au fénoxaprop-p-éthyl (herbicide du groupe 1)^[11].

OBJECTIFS

1. Réaliser l'inventaire de la folle avoine résistante aux herbicides du groupe 1 dans la région du Bas-Saint-Laurent.
2. Documenter les cas de résistance afin d'en établir les causes potentielles.
3. Établir les fondations de la lutte collaborative (approche communautaire) pour le développement et l'adoption de stratégies de lutte intégrée contre l'AVEFA résistante aux herbicides.

HYPOTHÈSES

1. La problématique de l'AVEFA résistante aux herbicides est sous-estimée dans la région du Bas-Saint-Laurent. La réalisation de l'inventaire permettra de détecter un nombre significatif de cas de résistance.
2. Le développement de la résistance est causé principalement par l'utilisation répétée d'herbicides ayant le même mode d'action.
3. L'utilisation de la méthode de « lutte collaborative » augmente le taux d'adoption des méthodes de gestion intégrée de la résistance aux herbicides (GIRH) parmi les participants, mêmes ceux ayant eu un diagnostic négatif de la présence de la résistance aux herbicides dans le passé ou qui ne soupçonnent pas avoir de la résistance.

MÉTHODOLOGIE

Volet 1. Réaliser l'inventaire de la folle avoine résistante aux herbicides du groupe 1 dans la région du Bas-Saint-Laurent.

Stratégie de sélection des sites

Un objectif de 100 champs échantillonnés dans la région du BSL fut établie pour ce projet. Le nombre total de champs à échantillonner par municipalité régionale de comté (MRC) et par culture était proportionnel à la superficie de chaque MRC, par rapport à la superficie totale cultivée par les principales cultures de la région (allocation proportionnelle). Les données ont été extraites de l'entrepôt des données ministérielles (EDM)^[12]. Ensuite, ces mêmes données ont été traitées par l'équipe du CÉROM afin d'obtenir l'allocation proportionnelle, présentée dans le **Tableau 1**.

Des campagnes de recrutement ont été effectuées pour les deux années de réalisation de l'essai (2021 et 2022). La participation était volontaire, et grâce à l'intérêt généré par le projet, nous avons réussi à dépister un total de 162 sites (**Tableau 1**).

Afin de compenser la sur ou sous-représentation des sites dépistés par rapport au nombre de sites alloués, nous avons obtenu une constante de correction (*weight*), estimée par le nombre de sites alloués/nombre de sites dépistés (*weight dans le Tableau 1*). Cette constante est multipliée par la valeur de la fréquence ou l'abondance pour chaque culture (Leeson, 2023, *comm pers.*).

Dépistage de la folle avoine

Pour le projet, il était nécessaire de noter la fréquence et la densité de la folle avoine dans la région. En ce qui concerne la fréquence et pour chaque champ dépisté, nous avons noté si la folle avoine était présente (1) ou absente (0) dans : a) la bordure, b) l'intérieur du champ dépisté, c) l'intérieur du champ et la bordure.

En ce qui concerne la densité, la prise de données fut réalisée de deux façons : a) par le recensement du pourcentage de recouvrement du champ et de la bordure et b) le dénombrement du nombre de plants de folle avoine par quadrat (10 quadrats par champ; et 5 quadrats en bordure).

Le dépistage a été réalisé lors des saisons de production 2021 et 2022. Tous les détails en lien avec la méthodologie du dépistage se trouvent dans l'**Annexe 8 A**.

Évaluation de la résistance aux herbicides

Le protocole de récolte des graines est présenté dans l'**Annexe 8 A**. Les échantillons ont été envoyés au CÉROM dans le but d'y réaliser les tests classiques de résistance aux trois matières actives appartenant au groupe 1 : fénoxaprop-p-éthyl (FOP), tralkoxydim (DIM) et pinoxaden (DEN). Les détails de l'application pour chacun des herbicides sont dans le **Tableau 2**.

Tableau 1. Nombre de champs à échantillonner (alloués par allocation proportionnelle), le nombre de champs dépistés et la proportion entre champs alloués/dépistés (weight), par MRC et par culture.

Type de culture	MRC																											
	Nombre de champs alloués									Nombre de champs dépistés									Weight									
	Kamouraska	La Matapédia	La Matanie	La Mitis	Les Basques	Rimouski-Neigette	Rivière-du-Loup	Témiscouata	Total	Kamouraska	La Matapédia	La Matanie	La Mitis	Les Basques	Rimouski-Neigette	Rivière-du-Loup	Témiscouata	Total	Kamouraska	La Matapédia	La Matanie	La Mitis	Les Basques	Rimouski-Neigette	Rivière-du-Loup	Témiscouata	Total	
Céréales, oléagineux, légumineuses et autres grains	13	9	5	10	6	7	10	7	67	28	9	40	12	15	9	16	5	134	0,46	1,00	0,13	0,83	0,40	0,78	0,63	1,40	0,50	
Autres céréales, oléa., légum. et autres grains	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Avoine	2	3	1	2	2	1	4	3	18	1		14	1	2	4	6		28	2,00	-	0,07	2,00	1,00	0,25	0,67	-	0,64	
Blé	4	1	1	2	2	1	1		12	10	4	13	2	4	-	2	4	39	0,40	1,00	0,08	1,00	0,50	-	0,50	1,00	0,31	
Canola	1	1		1	1	1	1		6	3		1	1	2	2	1	-	10	0,33	2,00	-	1,00	0,50	0,50	1,00	2,00	0,60	
Céréales mélangées	1	-	-	-	-	-	1	1	3	-	-	2	-	-	2	4	-	8	-	3,00	-	-	-	-	0,25	3,00	0,38	
Maïs-grain	1	-	-	-	-	-	-	-	1	6	-	-	-	-	-	-	-	6	0,17	4,00	-	-	-	-	-	4,00	0,17	
Orge	3	3	2	5	1	4	2	2	22	8	3	6	6	7	1	2	-	33	0,38	5,00	0,33	0,83	0,14	4,00	1,00	5,00	0,67	
Sarrasin	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	2	-	6,00	-	-	-	-	-	6,00	0,50	
Seigle	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	4	-	-	-	1		5	-	7,00	-	-	-	-	1,00	7,00	0,20	
Soya	1	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	8,00	-	-	-	-	-	8,00	2,00	
Triticale		-	-	-	-	-	-		0	-	-	-	2	-	-	-	-	2	-	9,00	-	-	-	-	-	9,00	-	
Fourrages	6	5	3	5	3	3	5	3	33	6	0	5	2	7	2	3	2	27	1	10	1	3	0	2	2	10	1	
Autres cultures d'ensilage ou fourragères*	1	-	-	-	-	-	-	-	1	2	0	2	1	0	2	0	2	9	0,50	11,00	-	-	-	-	-	11,00	0,11	
Maïs d'ensilage ou fourrager	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	2	-	3	1,00	12,00	-	-	-	-	-	12,00	0,33	
Pâturages (naturels, améliorés et cultivés)	-	2	-	-	-	-	-	-	2		-	-	-	-	-	-	-		-	13,00	-	-	-	-	-	13,00	-	
Prairie (foin sec et ensilage)	4	3	3	5	3	3	5	3	29	3	-	3	1	7	-	1	-	15	1,33	14,00	1,00	5,00	0,43	-	5,00	14,00	1,93	
Légumes pour le marché frais	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	-	15	-	-	-	-	0	15	0	
Pomme de terre	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	16,00	-	-	-	-	-	16,00	-	
Total	19	14	8	15	9	10	15	10	100	34	9	45	14	22	11	20	7	162	0,56	10,00	0,18	1,07	0,41	0,91	0,75	10,00	0,62	

* Céréales mélangées (consommation animale), pois fourrager et sorgho Soudan.

Tableau 2. Détails sur l'application des herbicides pour le test classique de résistance.

Détails sur l'herbicide et les agents tensioactifs						Détail sur le banc d'essai	
Famille du groupe 1	Nom commercial	Matière active	Dose de l'herbicide selon l'étiquette (1x) (L/ha)	Agent tensioactif et volume d'application	Moment de l'application (nombre de feuilles d'AVEFA)	Volume d'eau (L/ha)	Pression (PSI)
FOP	PUMA ADVANCE®	fénoxaprop-p-éthyl	1,02	--	2-6	200	20
DIM	BISON 400 L®	tralkoxydim	0,5	Addit, 0,5 % v/v	2-6	200	20
DEN	AXIAL®	pinoxaden	1,2	--	2-6	200	20

La méthodologie pour la réalisation du test classique de résistance (*bioassay*), est la même que pour le « Service de détection de la résistance^[13]. En bref, le test consiste à arroser des plantules avec l'herbicide à tester selon les directives de l'étiquette, au moyen d'un banc d'arrosage. Les échantillons collectés en 2021 furent testés à cinq doses pour chacun des herbicides : 0x (témoin), 0,5x, 1x, 2x et 4x la dose de l'étiquette. Cela permet d'obtenir une courbe de réponse. En revanche, les échantillons collectés en 2022 ont seulement été testés à 3 doses : 0x (témoin), 1x et 2x la dose de l'étiquette, pour chacun des herbicides. Les plants du traitement sans herbicide (témoin 0x) ont été traités à l'eau. Dans tous les cas, des populations connues comme sensibles ou résistantes ont été utilisées comme témoins.

Tous les plants ont été conservés dans une serre avec des conditions de température de 22 ± 2 °C, une photopériode de 16 h jour, 8 h nuit et à une humidité relative de 65 %. Les plants ont été fertilisés une fois par semaine avec un engrais minéral soluble (20-20-20), à raison de 1 g L⁻¹ d'eau.

Des observations visuelles de dommages sont faites à deux et à quatre semaines après le traitement (SAT), en utilisant une échelle 0-100 %^[14]. La valeur 0 % signifie qu'il n'y a aucun dommage et la valeur de 100 % signifie que la plante est morte. Selon le % de dommage observé, chaque échantillon a été classé selon les critères suivants^[13] :

- **Sensible (S) :**
 - Les plantes présentant un pourcentage de dommage supérieur ou égal à 80 % (plant avec très peu de vigueur, toujours en croissance, rétablissement peu probable). Les plantes sont endommagées au point où il n'aura pas de production de graines.
 - Aucune plante ne survit aux traitements à 1x et à 2x la dose appliquée.
- **Résistant en développement (RD) :**
 - Entre 1 et 3 % des plantes ont survécu avec 60 % ou moins de dommage à 1x la dose, même si les plantes sont mortes à 2x.
- **Résistant (R) :**
 - Plus de 3 % des plantes ont survécu au traitement herbicide avec des dommages de moins de 80 % à 1x la dose. C.-à-d. que les plantes peuvent se rétablir et continuer à croître et même produire des graines.
 - Il y a au moins une plante qui a survécu au 2x avec des dommages de moins de 80 %.

À la fin de la période d'évaluation, la partie aérienne des plants a été prélevée et placée dans des enveloppes de papier qui ont été placées dans une étuve à 55 °C pendant 24-48 heures ou jusqu'à l'atteinte d'un poids constant. Les plants ont ensuite été pesés avec une balance micrométrique afin d'obtenir la biomasse aérienne sur une base de matière sèche.

Volet 2. Documenter les cas de résistance répertoriés afin d'en établir les causes potentielles.

Un questionnaire sur les pratiques culturales des producteurs ayant participé au projet a été produit. Deux versions du questionnaire ont été créées, la version dite longue (LR) inclut l'information sur la ferme et le champ dépisté. En comparaison, le questionnaire dit court (CR) contient uniquement de l'information au niveau du champ. Tous les participants du projet ont reçu la version LR du questionnaire. Si plus d'un champ a été dépisté dans une même entreprise, le producteur a été invité à remplir également le questionnaire CR pour chaque champ supplémentaire. Les deux questionnaires sont présentés dans **l'Annexe 8 B**.

Volet 3. Établir les fondations de la lutte collaborative (approche communautaire) pour le développement et l'adoption des stratégies de lutte intégrée contre l'AVEFA résistante aux herbicides.

Nous avons suivi les étapes proposées par Ervi et coll.^[15] pour l'établissement des fondations d'une approche communautaire pour adopter des stratégies de lutte intégrée contre la folle avoine dans la région du BSL. Ces étapes étaient :

- 1) *Une base scientifique solide.* Ceci inclut une solide compréhension théorique des mécanismes biologiques et une compréhension de la manière dont différentes stratégies de contrôle pourraient réussir (ou échouer) dans différents contextes agronomiques.
- 2) *Une communication efficace des principes scientifiques.* Cela nécessite des liens étroits entre les universités, le secteur privé et les programmes de vulgarisation. Des études pilotes avec une approche incrémentielle peuvent aider à démontrer le potentiel du programme dans des zones plus vastes.
- 3) *La participation active des spécialistes des sciences sociales et des agroéconomistes.* Comprendre le contexte social des pratiques actuelles et de la dynamique de groupe est essentiel pour surmonter les obstacles à l'adoption de nouvelles pratiques. L'analyse économique peut aider à démontrer les gains potentiels de la mise en œuvre du programme.
- 4) *Leadership.* Avoir un leader avec des forts liens avec la communauté a été trouvé comme facteur important de succès.
- 5) *Faire des suivis et des évaluations en continu.* Ceci est important pour établir des lignes de base, suivre les progrès du programme et faire des adaptations au fur et à mesure que l'information est collectée.
- 6) *Nécessité d'établir une limite géographique.* Ceci est important, car dans zone géographique limitée, les conditions de production sont plus semblables, et donc les mesures de gestion risquent d'être similaires. Il est aussi plus facile de partager des ressources et de développer un lien ou une identité parmi le groupe.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Volet 1. Réaliser l'inventaire de la folle avoine résistante aux herbicides du groupe 1 dans la région du Bas-Saint-Laurent.

Au total, 62 entreprises ont participé au projet, et un total de 162 champs ont été dépistés. Le sommaire du nombre de champs dépistés par MRC et par culture est présenté dans le **Tableau 1**.

La fréquence

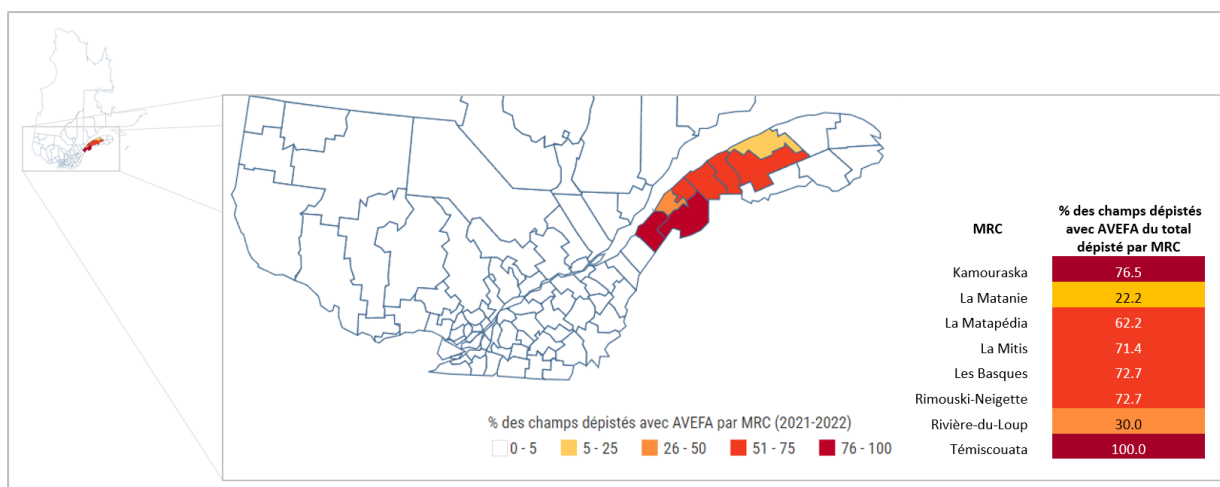
La **fréquence** est définie comme étant le pourcentage (%) des champs avec de la folle avoine^[16]. L'AVEFA était présente dans 82,3 % des entreprises (51/62) et dans 63,6 % des champs dépistés (103/162) et elle était présente dans toutes les MRC du BSL (**Tableau 3**). En comparaison, les inventaires réalisés dans les prairies ont montré qu'elle est présente dans environ 79 % des champs échantillonnés^[4].

Tableau 3. Pourcentage de champs avec de la folle avoine (en champ et/ou en bordure) par rapport au nombre de champs dépistés au Bas-Saint-Laurent (BSL) ou au total de champs dépistés par MRC.

MRC	Nombre de champs dépistés	% de champs avec AVEFA du total de champs dépistés au BSL	% champs dépistés avec AVEFA du total des champs dépistés par MRC
Kamouraska	34	16,0	76,5
La Matanie	9	1,2	22,2
La Matapédia	45	17,3	62,2
La Mitis	14	6,2	71,4
Les Basques	22	9,9	72,7
Rimouski-Neigette	11	4,9	72,7
Rivière-du-Loup	20	3,7	30,0
Témiscouata	7	4,3	100,0
Total	162	63,6	--

La **Carte 1** montre que la fréquence de la présence de l'AVEFA est plus élevée dans les MRC les plus au sud (Témiscouata et Kamouraska) par rapport à celles plus au centre ou au nord de la région du BSL. Cela pourrait être relatif aux différences dans le type de production, le climat, etc.

Il a été possible d'observer une progression de l'infestation de l'AVEFA dans les différentes entreprises dépistées. Seulement 17,7 % d'entreprises (11/62) n'ont pas eu de la folle avoine dans les champs dépistés. En comparaison, 75,7 % des entreprises (47/62) avaient de l'AVEFA dans la majorité (50 à 100 %) des champs dépistés (**Figure 2**). Ainsi, pour les entreprises ayant encore des champs sans AVEFA, il est important d'établir des protocoles de biosécurité pour éviter la contamination de ces champs (voir la section sur la *prévention et la biosécurité*).



Carte 1. Fréquence de la présence de l'AVEFA (champ et/ou bordure) par rapport au total de champs dépistés par MRC.

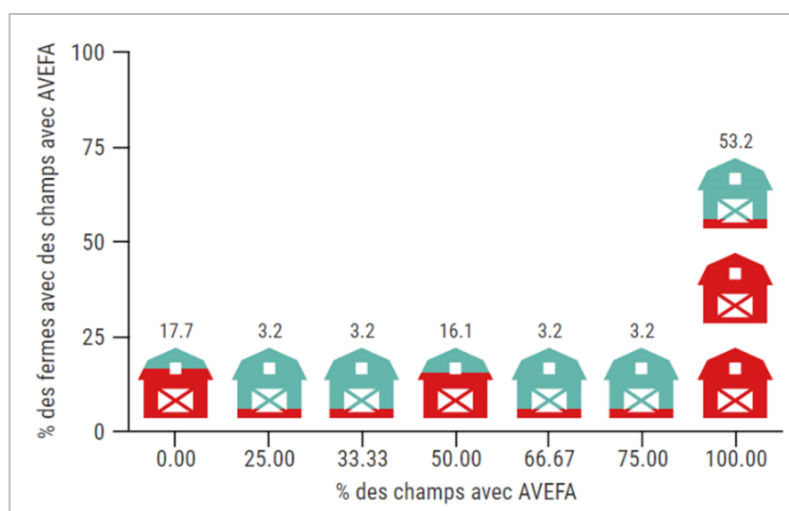


Figure 2. Progression de l'infestation de l'AVEFA dans les différentes entreprises dépistées, présentée comme le % d'entreprises ayant 0 %, 1 de 4 (25 %), 1 de 3 (33 %), 50 %, 2 de 3 (66 %), 3 de 4 (75 %) ou 100 % des champs dépistés avec de la folle avoine.

L'implémentation des mesures de biosécurité à la ferme devra tenir en compte la distribution de l'AVEFA au champ. Parmi les 103 champs ayant eu la présence confirmée de folle avoine, celle-ci a été repérée majoritairement dans le champ et à la bordure (73 champs ou 70,8 %). Vingt-trois champs (22,3 %) l'avaient exclusivement à l'intérieur du champ (pas en bordure). Dans sept cas (soit 6,8 %), l'AVEFA a été observée exclusivement en bordure.

En fait, lors des échanges avec les producteurs dans le cadre du volet 3 du projet, la gestion de l'AVEFA en bordure avait été identifiée comme l'un des enjeux dans la lutte contre cette espèce. Les producteurs ont reconnu l'importance de dépister et gérer les bordures ayant de l'AVEFA afin de minimiser le risque d'infestation du champ ou des champs voisins. Néanmoins, cela n'est pas toujours évident parce que : dans la région les champs sont très longs, mais étroits, faisant que

parfois un seul champ est composé de plusieurs *planches* (**Photo 1**), augmentant le nombre de bordures à gérer. Ainsi, l'application des herbicides autour des bordures n'est pas toujours possible afin de respecter les différentes lois et règlements en lien avec l'utilisation des pesticides. Cependant, la fauche ou le contrôle mécanique ne sont pas toujours possibles. Il a été soulevé que parfois la présence des poteaux électriques ou d'autres structures similaires sont en bordure des champs et empêchent la fauche ou la gestion de l'AVEFA autour de ces structures.



Photo 1. Luzernière avec une forte infestation de folle avoine (plants en couleur vert/jaune pâle). Le champ a une composition typique de la région du Bas-Saint-Laurent : il est composé de plusieurs sections (planches), chacune très étroite et longue, séparées parfois par des fossés. Crédit photo : Véronique Bélanger (CÉROM).

Un total de 25 cultures ont été dépistées, dont 14 appartiennent à la catégorie des céréales, oléagineux et légumineuses ; 10 à la catégorie des fourrages, prairies et pâturages et une était de la catégorie légumes de marché frais (**Tableau 4**).

Le projet a mobilisé un plus grand nombre des producteurs que prévu. Puis, afin de soutenir l'intérêt que le sujet a suscité dans la région, il a été décidé de dépister l'ensemble des entreprises qui se sont inscrites. Du fait que l'inscription était volontaire, le nombre de champs dépistés a été différent du nombre de champs alloués (**Tableau 1**). La fréquence de la présence de l'AVEFA selon le type de culture est résumée dans le **Tableau 4**.

Tableau 4. Fréquence de la présence de la folle avoine par type de culture.

Type de culture	Nombre de champs dépistés	Nombre de champs avec AVEFA	% champs avec AVEFA du total de champs dépistés (n=162)	% champs avec AVEFA du total de champs avec AVEFA (n=103)	% de champs avec AVEFA par type de culture
Céréales, oléagineux, légumineuses et autres grains	134	87	53,70	84,5	64,9
Blé	37	30	18,52	29,1	81,1
Orge	33	22	13,58	21,4	66,7
Avoine	28	13	8,02	12,6	46,4
Canola	10	9	5,56	8,7	90,0
Maïs	5	5	3,09	4,9	100,0
Triticale	2	2	1,23	1,9	100,0
Blé-orge	2	1	0,62	1,0	50,0
Blé (semence)	2	1	0,62	1,0	50,0
Maïs avec intercalaire	1	1	0,62	1,0	100,0
Sarrasin	2	1	0,62	1,0	50,0
Seigle d'automne	5	1	0,62	1,0	20,0
Soya	1	1	0,62	1,0	100,0
70 % Orge-30 % Blé	4	0	0	0,0	0,0
Céréales mélangées	2	0	0	0,0	0,0
Fourrages, prairies et pâturages	27	16	9,88	15,5	59,3
Prairie	10	7	4,32	6,8	70,0
Prairie (1re année)	5	2	1,23	1,9	40,0
Sorgho-Soudan	2	2	1,23	1,9	100,0
Avoine-blé	1	1	0,62	1,0	100,0
Avoine-féverole	1	1	0,62	1,0	100,0
Avoine-pois	1	1	0,62	1,0	100,0
Mais ensilage	3	1	0,62	1,0	33,3
Pois fourrager (semence)	1	1	0,62	1,0	100,0
Blé-pois	2	0	0	0,0	0,0
Orge-foin	1	0	0	0,0	0,0
Légumes pour le marché frais	1	0	0,00	0,0	0,0
Pomme de terre	1	0	0	0,0	0,0
Grand total	162	103	63,58	100,0	--

La densité

La **densité** est définie comme le nombre de plantes par m² ou le % d'infestation d'un champ. La densité ajustée, est la densité multipliée par le *weight* (**Tableau 1**), afin de compenser pour le sur ou sous-échantillonnage par type de culture. Par exemple, si les champs du soya, sont généralement avec un plus haut taux d'infestation, mais à l'échelle régionale, la culture de soya est sous-représentée par rapport aux autres cultures, le *weight* plus élevé pour le soya augmentera la densité ajustée de l'AVEFA au niveau régional par rapport aux autres cultures. Si l'analyse n'est faite que sur une culture, il faut utiliser la valeur de la densité, mais pour comparer la densité de la folle avoine entre les différentes cultures au niveau régional, il faut considérer la densité ajustée (J. Leeson, *comm. pers.*).

Le **Tableau 5** présente les valeurs de densité de la folle avoine par type de culture. Si on considère seulement la densité, les céréales et oléagineux ont des valeurs plus élevées de folle avoine comparativement aux fourrages, pâturages et prairies, notamment à cause de la bordure. Cela souligne encore, tel que mentionné dans la section sur la fréquence, l'importance de contrôler les plantes d'AVEFA présentes dans la bordure des champs (**Photo 2**).

La littérature ^[17] mentionne que 10 plants de folle avoine par m² causent une perte de rendement de 10 % dans le blé, l'orge et le canola, ainsi qu'une perte de 20 % dans le rendement du lin. Nous avons observé que les cultures du canola, du blé, de l'avoine et du soya ont eu des densités supérieures à 10 plants d'AVEFA par m², autant en champ qu'en bordure. La densité élevée dans les céréales était attendue, notamment dans la présence de l'AVEFA résistante aux herbicides du groupe 1. Par contre, les résultats dans la culture du canola étaient particulièrement surprenants, car cette culture est l'une des cultures proposées comme une alternative rentable à être incluse dans la rotation de cultures pour la gestion de la folle avoine^[18].



Photo 2. La densité de la folle avoine peut être très élevée en bordure du champ. Crédit photo : Véronique Bélanger (CÉROM).

Du côté des fourrages, prairies et pâturages, la densité était particulièrement élevée dans des champs d'avoine avec du blé, tout comme des prairies en implantation (première année, **Photo 1**). L'établissement de prairies pour au moins 3 ans était efficace pour gérer des infestations de folle avoine^[19], mais une bonne implantation la première année est critique pour assurer l'efficacité de cette pratique. En fait, l'utilisation de luzerne et des cultures d'hiver comme le blé d'automne et le

seigle d'automne n'étaient pas des pratiques économiquement rentables contre la folle avoine dans des régions ayant de forts taux de mortalité hivernale^[18]. Dans notre étude, le seigle était parmi les cultures avec le plus faible taux d'infestation d'AVEFA.

Lorsqu'on compare la densité ajustée des champs avec celle des bordures, il est possible d'observer que ce sont notamment les cultures de soya, de canola et la prairie en implantation qui ont les taux d'infestation les plus importants à l'intérieur des champs (**Tableau 5**). Au niveau de la bordure, l'infestation est élevée pour l'avoine et l'orge.

Le **Tableau 6** montre la densité et la densité ajustée par type de culture et par MRC. Les valeurs les plus élevées dépendront du type de culture et de la MRC.

Tableau 5. Densité et densité ajustée de plants par m2 de folle avoine par type de culture. Les cellules en rouge indiquent une densité de > 10 plants par m2 associée aux pertes significatives dans le rendement de plusieurs cultures.

Type de culture	Densité (plants par m2)			weight	Densité ajustée (densité * weight)		
	champ et bordure	champ	bordure		champ et bordure	champ	bordure
Céréales, oléagineux, légumineuses et autres grains	19,0	12,7	13	0,5	9,5	6,3	6,4
Soya	9,3	13,6	1	2	18,7	27,2	1,6
Canola	33,7	40,0	24	0,6	20,2	24,0	14,2
Blé	17,9	17,6	24	0,31	5,5	5,5	7,4
Avoine	10,6	7,8	19	0,64	6,8	5,0	12,0
Sarrasin	5,6	6,4	4	0,5	2,8	3,2	2,0
Orge	4,8	2,7	15	0,67	3,2	1,8	10,1
Maïs	4,7	3,7	10	0,17	0,8	0,6	1,8
Maïs avec intercalaire	0,5	0,8	NA	0,17	0,1	0,1	NA
Seigle	0,3	0,4	NA	0,2	0,1	0,1	NA
Fourrages, pâturages et prairies	6,1	6,6	6	1	6,1	6,6	5,7
Prairie (1re année)	17,7	17,0	19	1,93	34,2	32,8	37,1
Prairie	2,2	3,2	0	1,93	4,3	6,2	0,8
Avoine-blé	23,2	26,8	16	0,11	2,6	2,9	1,8
Sorgho-Soudan	2,7	2,8	2	0,11	0,3	0,3	0,3
Avoine-féverole	1,3	2,0	0	0,11	0,1	0,2	0,0
Avoine-pois	5,1	1,2	13	0,11	0,6	0,1	1,4
Mais ensilage	0,8	0,4	2	0,33	0,3	0,1	0,5
Pois fourrager (semence)	0,0	NA	0	0,11	0,0	NA	0,0

Tableau 6. Densité et densité ajustée de plantes par m2 de folle avoine par type de culture et par MRC. Les cellules en rouge indiquent une densité de > 10 plants par m2, associée aux pertes significatives dans le rendement de plusieurs cultures. La densité moyenne ajustée par culture est la somme de la densité ajustée/la somme du *weight*.

Type de culture	Densité moyenne observée										Weight										Densité ajustée									
	Kamouraska	La Matapédia	La Matanie	La Mitis	Les Basques	Rimouski-Neigette	Rivière-du-Loup	Témiscouata	Somme de la densité moyenne	Densité moyenne par culture	Kamouraska	La Matapédia	La Matanie	La Mitis	Les Basques	Rimouski-Neigette	Rivière-du-Loup	Témiscouata	Somme du weight	Kamouraska	La Matapédia	La Matanie	La Mitis	Les Basques	Rimouski-Neigette	Rivière-du-Loup	Témiscouata	Somme de la densité ajustée	Densité moyenne ajustée par culture	
Céréales, oléagineux, légumineuses et autres grains	25,90	12,7	2,0	2,7	16,7	31,4	49,2	9,0	149,6	18,7	0,46	1,0	0,1	0,8	0,4	0,8	0,6	1,4	5,6	11,9	12,7	0,3	2,3	6,7	24,5	31,0	12,6	101,9	18,1	
Avoine	1,6	1,1		3,2	14,4	0,0	95,6		115,9	19,3	2,0	-	0,1	2,0	1,0	0,3	0,7	-	6,0	3,2		0,0	6,4	14,4	0,0	64,1		88,1	14,7	
Blé	40,1	25,8	0,0		0,4		2,8	6,7	75,7	12,6	0,4	1,0	0,1	1,0	0,5	-	0,5	1,0	4,5	16,0	25,8	0,0	0,0	0,2		1,4	6,7	50,1	11,2	
Blé (semence)				0,0					0,0	0,0	0,4	1,0	0,1	1,0	0,5	-	0,5	1,0	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	
Canola	21,1	0,0		0,0	0,0	62,8			83,9	16,8	0,3	2,0	-	1,0	0,5	0,5	1,0	2,0	7,3	7,0	0,0		0,0	0,0	31,4	0,0	0,0	38,4	5,2	
Maïs	10,2								10,2	10,2	0,2	4,0	-	-	-	-	-	4,0	8,2	1,7	0,0					0,0	1,7	0,2		
Orge	19,4	1,0		5,2	29,6				55,2	13,8	0,4	5,0	0,3	0,8	0,1	4,0	1,0	5,0	16,7	7,4	5,0	0,0	4,3	4,1	0,0	0,0	0,0	20,8	1,2	
Sarrasin			4,0						4,0	4,0	-	6,0	-	-	-	-	-	6,0	12,0		0,0						0,0	0,0		
Soya								16,0	16,0	16,0	-	8,0	-	-	-	-	-	8,0	16,0		0,0					128,0	128,0	8,0		
Fourrages, pâturages et prairies	10,4	3,6		19,2	0,0	2,4		8,0	43,6	7,3	1,0	10,0	1,0	3,0	0,0	2,0	2,0	10,0	29,0	10,4	36,0	0,0	57,6	0,0	4,8	0,0	80,0	188,8	6,5	
Avoine-blé								16,0	16,0	16,0	0,5	11,0	-	-	-	-	-	11,0	22,5	0,0	0,0					176,0	176,0	7,8		
Avoine-féverole								0,0	0,0	0,0	0,5	11,0	-	-	-	-	-	11,0	22,5	0,0	0,0					0,0	0,0	0,0		
Avoine-pois		12,8							12,8	12,8	0,5	11,0	-	-	-	-	-	11,0	22,5	0,0	140,8					0,0	140,8	6,3		
Mais ensilage	1,6								1,6	1,6	1,0	12,0	-	-	-	-	-	12,0	25,0	1,6	0,0					0,0	1,6	0,1		
Pois fourrager (semence)		0,0							0,0	0,0	0,5	11,0	-	-	-	-	-	11,0	22,5	0,0	0,0					0,0	0,0	0,0		
Prairie		0,8			0,0				0,8	0,4	1,3	14,0	1,0	5,0	0,4	-	5,0	14,0	40,8	0,0	11,2	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	11,2	0,3	
Prairie (1re année)	19,2			19,2					38,4	19,2	1,3	14,0	1,0	5,0	0,4	-	5,0	14,0	40,8	25,5	0,0	0,0	96,0	0,0		0,0	0,0	121,5	3,0	
Sorgho-Soudan						2,4			2,4	2,4	0,5	11,0	-	-	-	-	-	11,0	22,5	0,0	0,0					0,0	0,0	0,0		

La phénologie de l'AVEFA observée dans l'étude

Lors du dépistage des champs, le stade phénologique des plantes a été noté. Ceci nous a permis de documenter l'avancement du développement de la folle avoine par rapport aux différentes activités agricoles, telles que le semis et l'application des herbicides (**Figure 3**).

Il est important de noter que ces données ne doivent être considérées qu'à titre indicatif. Le but principal de l'étude n'était pas de réaliser un modèle de germination, ni la phénologie de la folle avoine. Donc, les observations de la phénologie, notamment au début de la saison (mai et juin), sont très limitées ou inexistantes, car nos observations n'ont commencé qu'après l'application des herbicides en post-levée (POST).

La période complète de germination de la folle avoine n'est pas encore bien déterminée pour la région du BSL. La littérature indique que la germination est très influencée par les degrés-jours et les conditions d'humidité du sol^[6]. 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^[6, 20]. Nos observations au champ ont permis de constater qu'en effet la germination de la dernière cohorte au BSL était observée lors de la semaine du 7-14 août.

Il est fortement suggéré de réaliser un modèle phénologique et de germination de l'AVEFA pour les régions du Québec affectées par cette espèce. González-Díaz et al.^[21] ont montré que si les interventions pour le contrôle de l'AVEFA sont réalisées en tenant en compte du moment d'émergence des plantules de l'AVEFA, le retour de la banque de semence pourrait être réduit jusqu'à 95 % et la population pourrait être complètement éliminée dans une période d'entre 6 à 16 ans, dépendamment du % des plantules contrôlées lors des interventions (100 % ou 95 % respectivement). En comparaison, si les interventions sont réalisées au hasard, entre 13 et 30 jours après le semis, le retour de la banque de semences est réduit d'environ 19 % seulement, comparativement au témoin non traité. La phénologie de l'AVEFA en lien avec les méthodes de contrôle est discutée dans la section 2 : désherbage chimique.

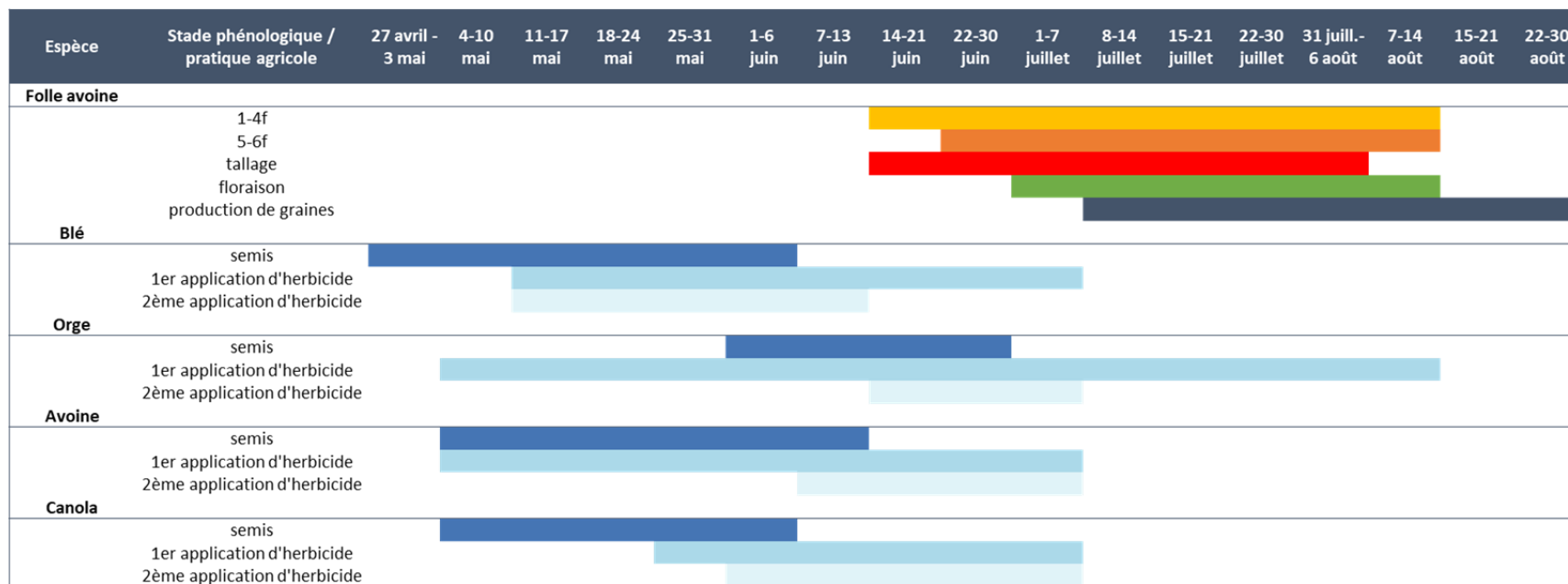


Figure 3. Plages observées pour les différents stades phénologiques de la folle avoine et de la réalisation du semis et de l'application des herbicides dans la région du Bas-Saint-Laurent, lors des saisons 2022 et 2023. Ceci est seulement à titre indicatif, car le dépistage n'a commencé qu'après l'application des herbicides en POST et donc l'émergence et le développement de la folle avoine ne sont pas complets dans ce graphique.

La résistance aux herbicides

Seul un sous-échantillon des sites dépistés à l'été ont été choisis pour être testés pour la résistance aux herbicides, ceci correspondant à 29 % du total de champs dépistés (47/162). Les sites étaient choisis pour maximiser les chances de pouvoir collecter un nombre suffisant de graines matures nécessaires à réaliser les tests de résistance. Donc, les sites ayant un haut taux d'infestation ont été privilégiés. La récolte des graines matures était faite entre les mois d'août et de septembre avec l'aide des clubs-conseils et les conseillers du MAPAQ de la région. Au total, environ 11 500 plantules furent évaluées (**Photo 3**).

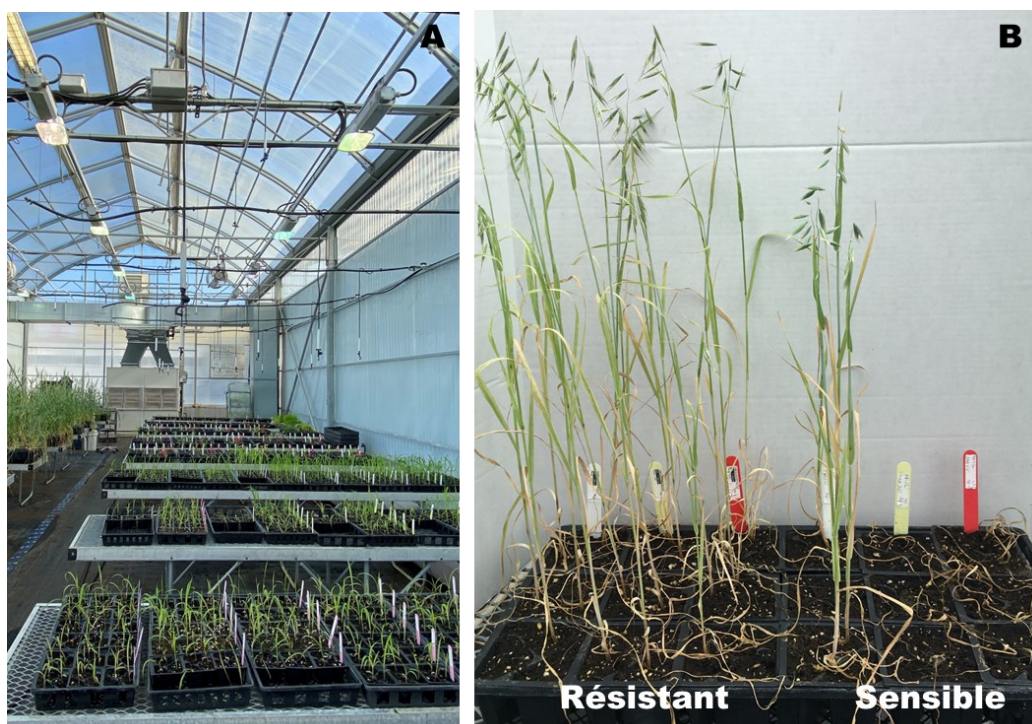


Photo 3. A) Vue de l'ensemble des plantes évaluées fénoxaprop-p-éthyl lors de la saison 2022-2023. B) Exemple des populations de folle avoine, sensibles et résistantes aux herbicides du groupe 1, testées à 0X (étiquette blanche), 1X (étiquette jaune) et 2X (étiquette rouge) de la dose de l'herbicide. Crédit photo : Sandra Flores-Mejia (CÉROM).

Des 47 populations testées, une seule (originaires de La Matapédia) a été sensible aux trois matières actives testées. Donc, 98,8 % des populations étaient résistantes à au moins une matière active (**Figure 4A**). Ceci constitue la première fois que la résistance et la résistance croisée aux herbicides du groupe 1 chez la folle avoine ont été déclarées dans la région du Bas-Saint-Laurent. Malheureusement, le taux de populations résistantes aux herbicides du groupe 1 est plus élevé que celui observé pour les Prairies (78 %)^[4] et le Saguenay–Lac-Saint-Jean (35 %)^[11].

La résistance au FOPs était la plus courante (43/47 populations, 91,4 %), tandis que la résistance aux DENs est plus rare (**Figure 4B**). Les MRC de Kamouraska, Témiscouata, Rivière-du-Loup et La Matapédia ont les plus hauts % de populations testées résistantes aux trois matières actives. En comparaison, les populations échantillonnées dans La Matanie étaient résistantes seulement au FOPs (**Carte 2A-C**). Les populations résistantes étaient collectées dans les cultures de : blé, orge, avoine, canola, maïs, sarrasin, prairie en implantation, avoine-blé et avoine-féverole.

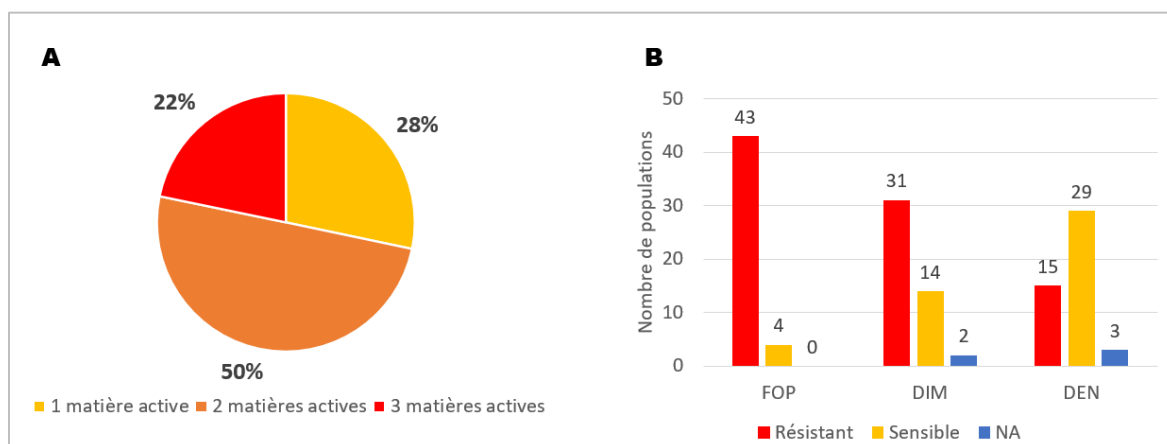
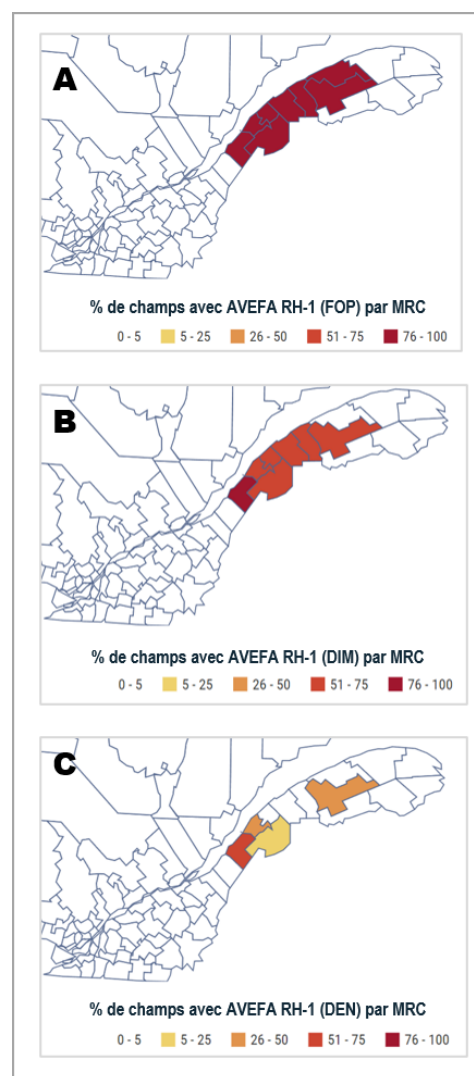


Figure 4. A) Pourcentage des populations résistantes à 1, 2 ou 3 matières actives testées (n=46). B) Nombre de populations résistantes à chacune des matières actives testées.



Carte 2. Pourcentage de champs dépistés avec des populations résistantes aux herbicides du groupe 1 : A) fénoxaprop-p-éthyl (FOPs, n=47), B) tralkoxydim (DIMs, n=45) et C) pinoxaden (DENs, n=44).

La résistance aux herbicides peut être causée par des mutations liées à la cible (*target-site resistance*, TSR) ou par des mécanismes non liés à la cible (*non-target-site resistance*, NTSR). Chez la folle avoine, la résistance aux inhibiteurs de l'AACase est souvent due à une mutation du type TSR, dont les mutations connues conférant de la résistance au groupe 1 sont : Ile178Leu, Trp2027Cys, Asp2078Gly, Trp1999Cys, Ile2041Asn, Cys2088Arg, Gly2096Ser^[8, 22, 23]. La résistance du type NTSR, causée par une amélioration du métabolisme par les monooxygénases P450, a également été identifiée dans la littérature^[8, 22].

Chaque mutation peut conférer un degré de résistance différent selon la matière active. Par exemple, une population ayant une mutation TSR (par exemple Trp202Cys), peut être hautement résistante aux FOPs, DIMs et DENs. Néanmoins, il est possible d'avoir des mutations du type TSR et du NTSR dans la même population^[22], ce qui modifie également la réponse à la matière active. Donc, la même mutation présente dans la population en combinaison avec une résistance du type NTSR (ex. métabolisme amélioré), donnera une haute résistance aux FOPs et une faible à moyenne résistance aux DIMs et DENs^[22]. Dans d'autres cas, une mutation pourrait conférer différents niveaux de résistance aux différentes matières actives appartenant à la même famille (ex. FOPs)^[22].

Dans le cadre de notre projet, nous avons vu que la résistance était présente sur la majorité des populations testées. Le profil de résistance observé dans les populations testées suggérerait la présence d'une résistance du type NTSR, car le niveau de résistance était différent pour chacune des familles des herbicides du groupe 1 (**Figure 4**). Un sous-échantillon de plants ayant survécu au test classique a été envoyé au LEDP pour réaliser les tests moléculaires^a. Toutes les populations testées ont été confirmées comme ayant une mutation du type NTSR en absence d'une mutation TSR, sauf une population ayant la mutation Cys2088Arg. Cette population avait montré une haute résistance aux FOPs, DIMs et DENs.

Malheureusement, ceci complique énormément la détection de la résistance. Malgré l'existence des tests moléculaires, il faudra continuer à réaliser des tests classiques, car l'absence d'une mutation ne signifie pas que la population est sensible. Ainsi, pour le test classique, il faudra tester plusieurs matières actives pour chacune des familles pour valider le profil de résistance complet aux différents herbicides du groupe 1. Cela augmentera significativement le coût et les ressources nécessaires pour tester chaque échantillon.

Plus de recherche est nécessaire afin de développer des méthodes de détection moléculaire des mécanismes de résistance du type NTSR ; associer chaque mutation TSR et NTSR+TSR à un profil de résistance pour chacune des matières actives du groupe 1.

^a Tests moléculaires disponibles au LEDP pour tester la résistance de la folle avoine aux herbicides du groupe 1 : I1781L, W1999C, W2027C, I2041N, I2041V, D2078G, C2088R, G2096A et G2096S. (D. Miville, LEDP., *comm. pers.*).

Volet 2. Documenter les cas de résistance répertoriés afin d'en établir les causes potentielles.

Un total de 162 questionnaires ont été envoyés, avec un taux de réponse de 50,6 %, soit 82 questionnaires. Les questionnaires étaient remplis par 50 entreprises différentes (79,3 % du total d'entreprises). Des 46 populations résistantes aux herbicides, seulement 35 (76,1 %) avaient des questionnaires associés. Le faible taux de réponse des questionnaires a été le plus grand enjeu du projet. Cela a été identifié également comme un grand enjeu par d'autres malherbologistes au niveau pancanadien.

Ainsi, les résultats présentés dans la suite sont basés sur le total de questionnaires répondus (n=82) ou le total de questionnaires répondus avec une confirmation de la résistance (n=35). L'ensemble des résultats les plus significatifs, incluant des tableaux et des figures, sont présentés dans **l'Annexe 8 C**. Deux ateliers de co-construction avec les producteurs et les intervenants ont été réalisés à l'hiver 2023, donnant un aperçu des méthodes de lutte utilisés contre l'AVEFA dans la région. Le rapport complet est présenté dans **l'Annexe 8 D**.

Profil des participants

De l'ensemble des répondants du questionnaire, la majorité était des producteurs de grandes cultures et fourrages (63,4 %), seulement 29,3 % étaient en production animale, et le % de résistance était de 71,4 % et 28,6 % respectivement (**Figure 5**). Il est important de noter que la folle avoine résistante aux herbicides (AVEFA-RH) était présente autant dans la production végétale que dans la production animale.

La majorité de répondants était en production conventionnelle et avait le plus haut % de populations résistantes (82,9 %). Néanmoins, des populations d'AVEFA-RH ont été également trouvées dans des entreprises en régie biologique, en transition vers la production biologique et à usage réduit de pesticides (**Figure 6**). La majorité de la production était destinée à la vente, et juste un faible % était pour l'autoconsommation ou pour la production de semences (**Figure 7A-C**).

Finalement, la superficie totale de production (ha) des entreprises était très variable (de 50 jusqu'à 600 ha, **Figure 8A**). Une portion de répondants avait des terres en location dont la superficie variait entre 1 à 100 ha (**Figure 8B**).

La majorité des questionnaires remplis étaient pour le blé de printemps et l'orge (**Tableau 7**). Malheureusement, le taux de réponse des questionnaires était particulièrement faible pour certaines cultures, ce qui rend l'identification des liens entre les pratiques agricoles et la présence de la résistance pour ces cultures difficiles à établir précisément.

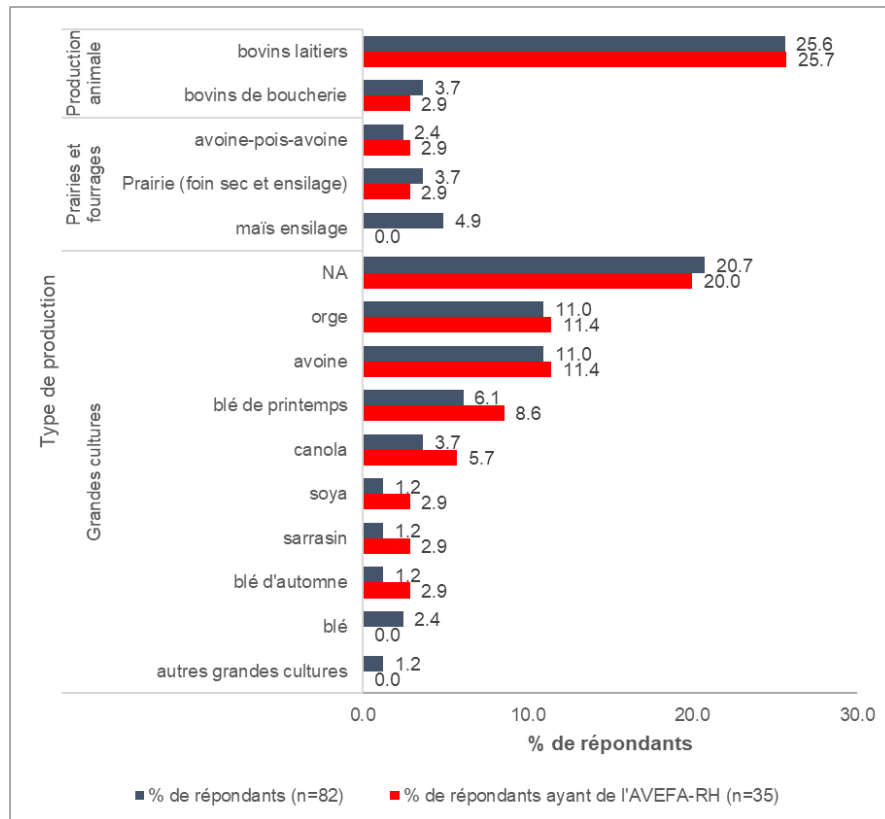


Figure 5. Pourcentage de répondants (total et ayant de la folle avoine résistante) par type de production.

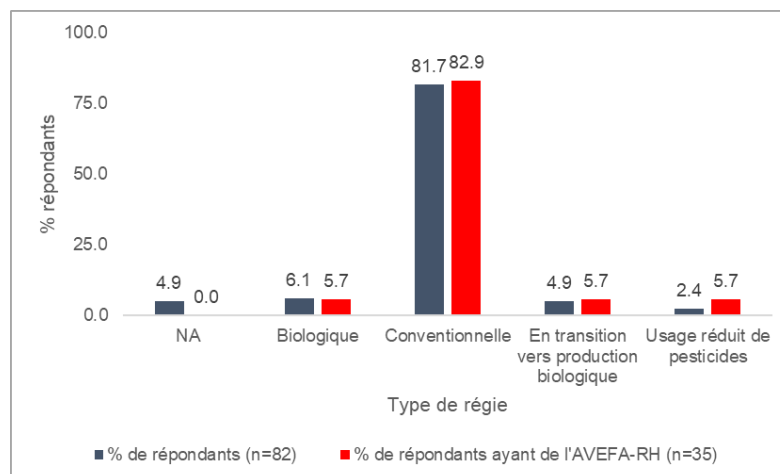


Figure 6. Pourcentage de répondants (total et ayant de la folle avoine résistante) selon le type de régie de production de l'entreprise.

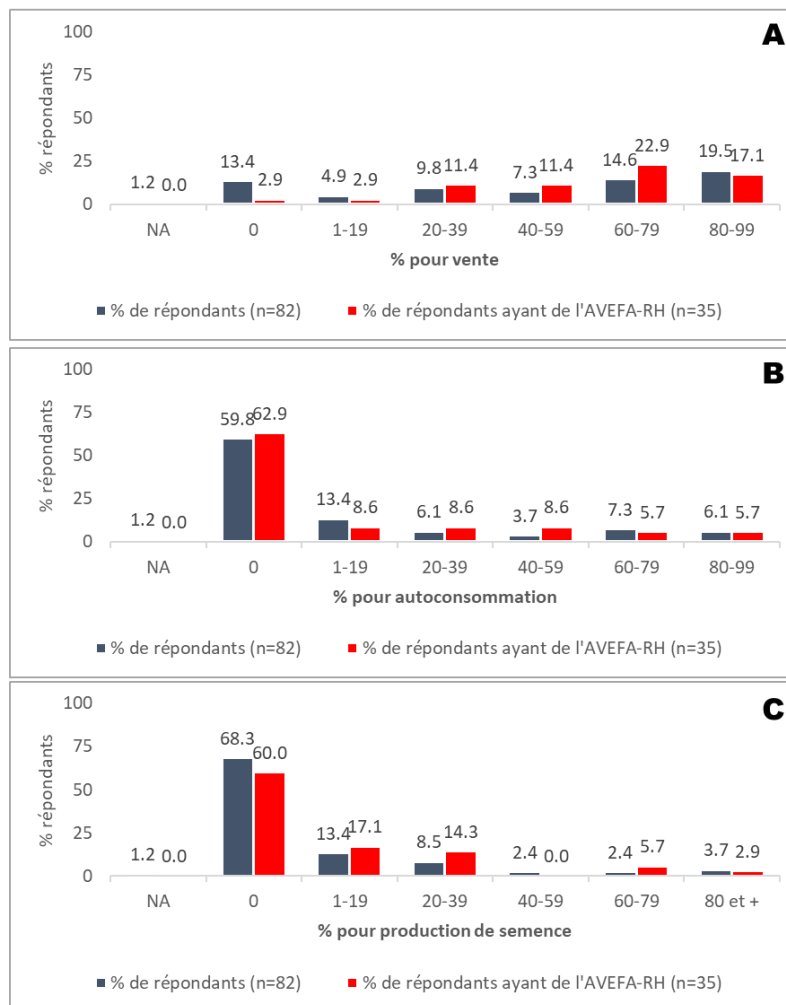


Figure 7. Pourcentage de répondants (total et ayant de la folle avoine résistante) selon le marché de la production de l'entreprise : la vente (A), l'autoconsommation (B) ou la production de semences (C).

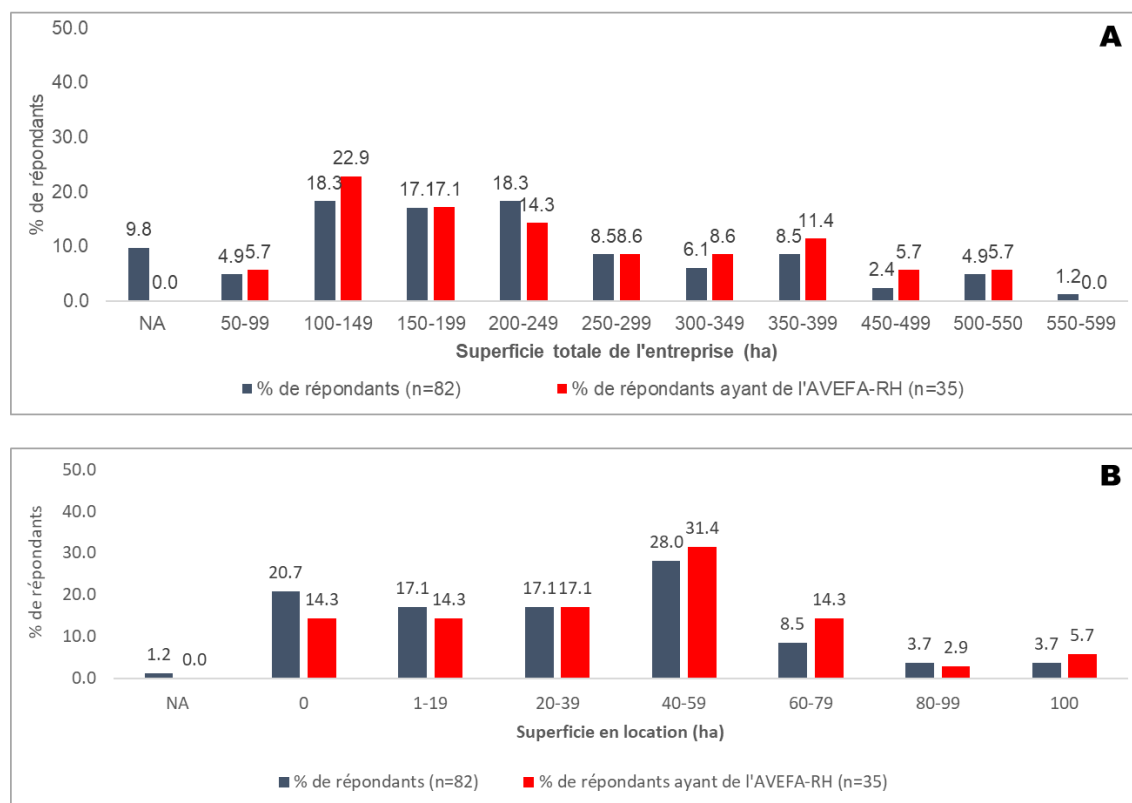


Figure 8. Pourcentage de répondants (total et ayant de la folle avoine résistante) selon la superficie totale (ha) de l'entreprise (A) ou la superficie (ha) en location (B). Note : La superficie indiquée dans les graphiques est pour illustrer la taille des entreprises ou la taille des champs en location, dépendamment si l'AVEFA-RH a été trouvée dans l'entreprise. Mais cela ne signifie pas que la totalité de la surface est infestée avec l'AVEFA-RH.

Tableau 7. Nombre de questionnaires remplis par type de culture selon le nombre de champs dépistés ou avec une population résistante aux herbicides du groupe 1.

Profondeur du labour	Nb de champs dépistés	% de champs dépistés	Nombre de populations résistantes	% de populations résistantes
Blé de printemps	24	29,3	15	42,9
Orge	15	18,3	7	20,0
Avoine	10	12,2	3	8,6
Prairie	10	12,2	1	2,9
Canola	5	6,1	2	5,7
NA	4	4,9	2	5,7
Céréales mélangées	4	4,9	1	2,9
Mais ensilage	3	3,7	1	2,9
Seigle	2	2,4		0,0
Soya	2	2,4	1	2,9
Autre	1	1,2		0,0
Blé d'automne	1	1,2	1	2,9
Sarrasin	1	1,2	1	2,9
Total	82	100	35	100

La perception des enjeux posés par la folle avoine

Environ 17 % des répondants considèrent qu'il y a des tabous en lien à la présence de la résistance aux herbicides sur une entreprise. En comparaison, ~ 44 % considèrent qu'il y a un tabou en lien avec la présence de la folle avoine (**Figure 9**), et ce, malgré que l'AVEFA soit largement répandue dans la région.

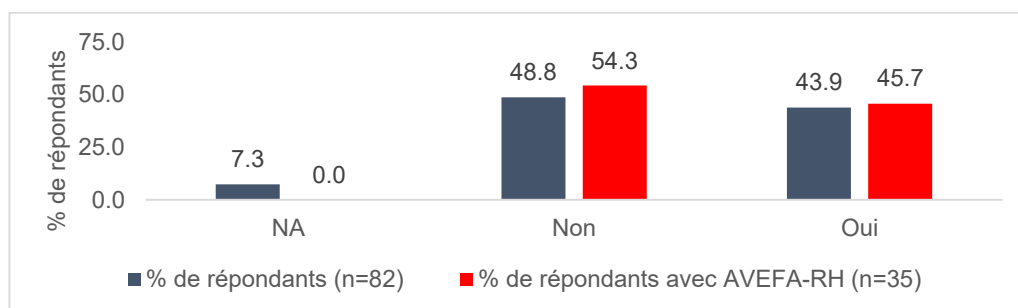


Figure 9. Pourcentage de répondants (total et ayant de la folle avoine résistante) selon leur perception des tabous en lien avec la présence de la folle avoine sur l'entreprise.

Lors de l'atelier de travail, les conseillers ont exprimé qu'il y a une réticence des producteurs à parler ouvertement de leur problématique de folle avoine puisque c'est honteux. Malheureusement, ces tabous font que les producteurs peuvent être gênés de parler de la présence de l'AVEFA sur leur entreprise ou de chercher l'accompagnement d'agronomes ou de conseillers. Cela pourrait être par crainte d'acquérir une mauvaise réputation ou de perdre des opportunités pour offrir des services (**Figure 10**).

La perception des producteurs face aux possibles conséquences de la présence de la folle avoine dans leurs champs varie énormément, dont la majorité étaient du type économique (**Figure 10**) : l'augmentation du coût de production, la perte de rendement, la perte de la qualité de la récolte, etc.

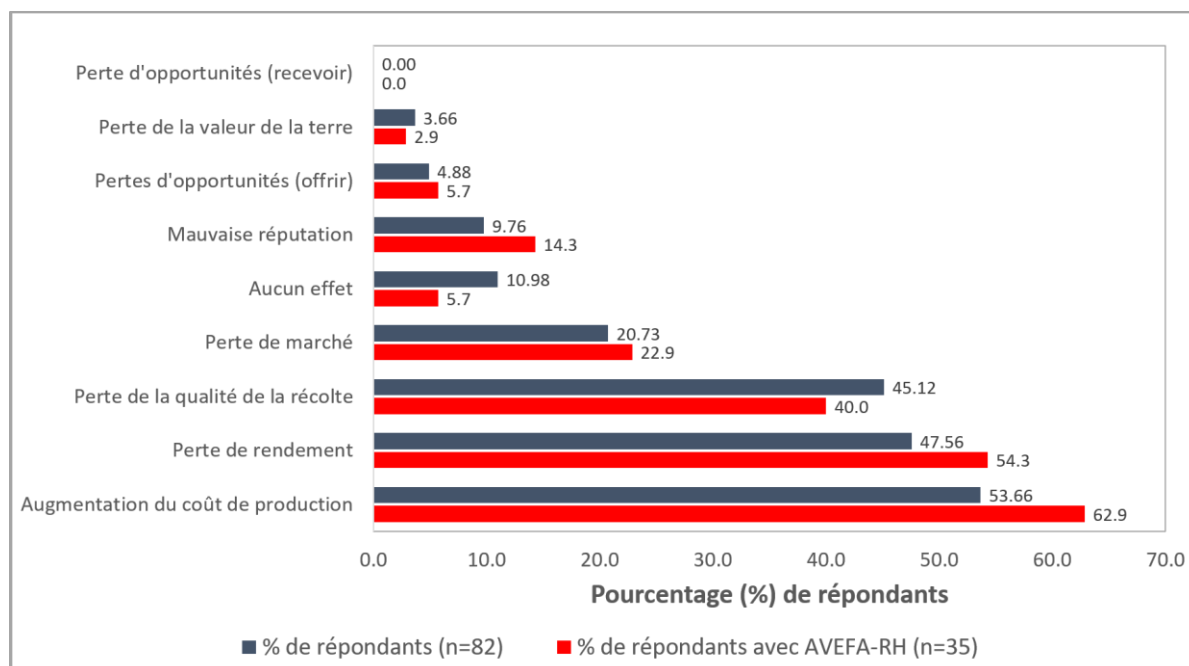


Figure 10. Perception des conséquences de la présence de la folle avoine au champ par l'ensemble de producteurs ayant répondu le questionnaire (n=82, barres en bleue) et ceux ayant répondu le questionnaire et ayant de la folle avoine résistante aux herbicides (n=35, barres en rouge).

Malheureusement, ces préoccupations sont bien fondées. Par exemple, la présence de l'AVEFA est interdite dans la production de semences^[7]. Aussi, des producteurs des semences dans la région se sont déjà vus refuser des lots à cause de la présence de l'AVEFA. Ainsi, la littérature ^[17] mentionne que 10 plants de folle avoine par m² causent une perte de rendement de 10 % dans le blé, l'orge et le canola, ainsi qu'une perte de 20 % dans le rendement du lin. Notre étude a été en mesure d'établir que pour certaines cultures, ces seuils sont largement dépassés (**Tableau 5**). Ainsi, les producteurs ont exprimé que parfois l'infestation est tellement élevée qu'il est nécessaire de détruire le champ au moyen d'un travail de sol. Par contre, le manque de capteurs de rendement sur les moissonneuses-batteuses rend difficile la quantification précise de la perte de rendement, causé par l'AVEFA.

De même, l'étude de Beckie et coll.^[5] a démontré que la présence de l'AVEFA-RH augmente le coût de production, soit par un coût plus élevé des herbicides alternatifs, soit pour la nécessité d'utiliser des semences ayant des traits technologiques de résistance aux herbicides compatibles avec un nouveau régime de désherbage, etc. Cette étude a estimé que la lutte contre l'AVEFA-RH en Saskatchewan et au Manitoba à l'aide d'herbicides alternatifs coûte plus de 4 millions de dollars par an.

Dans notre étude, nous étions seulement en mesure de noter que la perception du coût de la gestion de la folle avoine varie largement parmi les répondants du questionnaire, pouvant se chiffrer à plus de 50 \$/ha (**Figure 11**). Considérant l'étendue du problème dans la région, il est nécessaire d'évaluer les pertes économiques réelles associées à la présence de l'AVEFA au BSL.

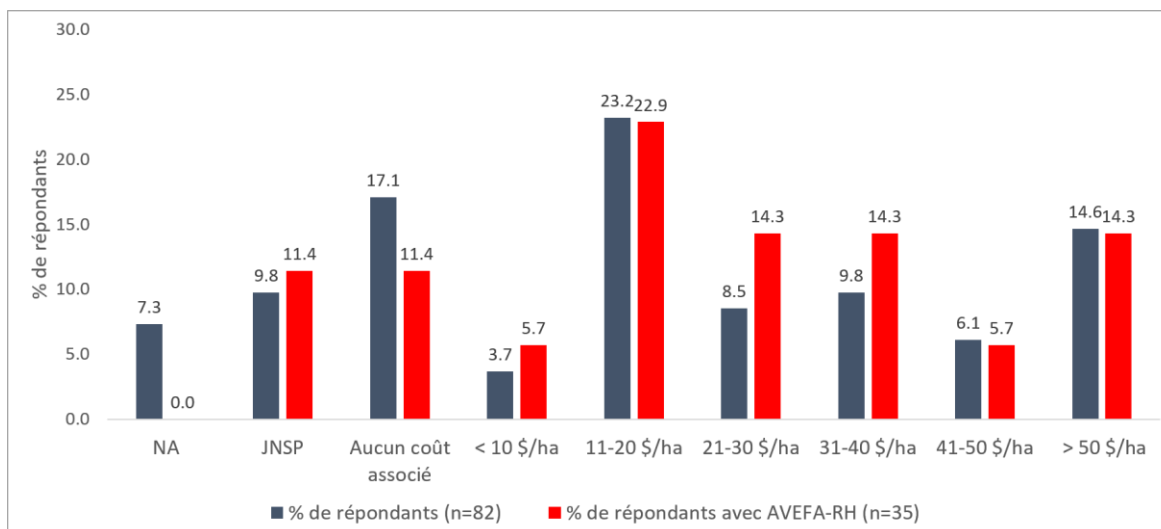


Figure 11. Perception du coût de la gestion de la folle avoine par l'ensemble de producteurs ayant répondu le questionnaire (n=82, barres en bleue) et ceux ayant répondu le questionnaire et ayant de la folle avoine résistante aux herbicides (n=35 barres en rouge).

La gestion de la folle avoine au Bas-Saint-Laurent

Une série de différentes pratiques de lutte intégrée a été présentée dans le questionnaire. Les répondants devaient indiquer pour chacune des pratiques, si elle était utilisée ou non. Si la pratique était utilisée, il fallait indiquer si elle a été adoptée pour prévenir, gérer ou prévenir et gérer les mauvaises herbes dans l'entreprise. Les résultats sont présentés dans le **Tableau 8**, et servent à dresser le portrait de l'adoption de ces pratiques dans la région. Les différents résultats seront discutés dans les sections suivantes.

La régie de cultures

La régie conventionnelle représentait la majorité des champs dépistés (**Figure 6**), mais la résistance a été également confirmée dans des champs en production biologique, transition vers la production biologique ou en usage réduit des pesticides.

Le régime de travail du sol affecte grandement la gestion de la folle avoine. Les graines de folle avoine survivent mal à la surface du sol et même quelques semaines d'exposition en surface diminuent le nombre de graines viables présentes^[24]. Néanmoins, la majorité des sites dépistés (52,4 %) et ayant de la résistance (57,1 %) étaient en travail réduit (**Tableau 8C-1**).

Tableau 8. Pourcentage de l'utilisation de différentes pratiques agricoles pour éviter (prévenir) ou gérer la folle avoine à la ferme. Les % ont été calculés selon le nombre de répondants ayant de la folle avoine résistante aux herbicides (n=35).

Pratique agricole	NA (%)	Non utilisé (%)	Prévenir (%)	Gérer (%)	Prévenir et gérer (%)
Contrôle chimique					
Utiliser des herbicides (en général)	0,0	14,3	11,4	57,1	17,1
Utiliser des herbicides en PRÉ (pré semis/prélevée)	0,0	60,0	11,4	17,1	11,4
Utiliser des herbicides en POST (post-levée)	17,1	31,4	8,6	37,1	5,7
Utiliser des herbicides avant la récolte	5,7	91,4	2,9	0,0	0,0
Utiliser des herbicides après la récolte	5,7	77,1	0,0	11,4	5,7
Utiliser des herbicides en PRÉ et POST	11,4	68,6	2,9	11,4	5,7
Utiliser une seule matière active par saison	14,3	40,0	5,7	28,6	11,4
Utiliser plusieurs matières actives par saison	11,4	57,1	0,0	14,3	17,1
Utiliser de mélanges (<i>tank mix</i>) d'herbicides	5,7	65,7	2,9	17,1	8,6
Faire la rotation des groupes d'herbicides	11,4	48,6	11,4	17,1	11,4
Faire des applications focalisées des herbicides	5,7	80,0	0,0	14,3	0,0
Appliquer des herbicides en bande	5,7	91,4	2,9	0,0	0,0
Choisir des herbicides en fonction du dépistage du champ	5,7	34,3	11,4	31,4	17,1
Dépister le champ après des interventions (traitements herbicides ou désherbage mécanique)	8,6	31,4	11,4	40,0	8,6
Régler/calibrer le pulvérisateur	11,4	25,7	22,9	28,6	11,4
Utiliser de l'information du registre de pesticides pour prendre des décisions sur les méthodes de gestion de mauvaises herbes	17,1	37,1	17,1	20,0	8,6
Mesurer et/ou ajuster le pH de l'eau pour l'application des herbicides	5,7	88,6	0,0	2,9	2,9
Contrôle non chimique et travail du sol					
Utiliser la technique du faux-semis	5,7	57,1	8,6	8,6	20,0
Travailler le sol au printemps ou à l'automne	5,7	22,9	25,7	28,6	17,1
Cultiver les bords des champs	5,7	45,7	14,3	25,7	8,6
Faire le désherbage mécanique	0,0	94,3	2,9	0,0	2,9
Faire le désherbage avec des robots	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0
Faire le désherbage manuel	5,7	60,0	5,7	28,6	0,0
Tondre/faucher les patches avec mauvaises herbes	5,7	54,3	5,7	34,3	0,0
Utiliser de paillis plastiques ou de la paille	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Faire pâturer au printemps ou à l'automne	94,3	0,0	0,0	5,7	0,0
Changement des pratiques agricoles					
Faire la rotation de cultures	5,7	0,0	40,0	22,9	31,4
Utiliser de la semence certifiée	5,7	5,7	60,0	8,6	20,0
Utiliser des cultures plus compétitives	5,7	54,3	14,3	20,0	5,7
Utiliser d'engrais verts, cultures de couverture et/ou cultures intercalaires	5,7	62,9	22,9	5,7	2,9
Diminuer l'espacement entre rangs	2,9	68,6	2,9	17,1	8,6
Varié le taux de semis	0,0	77,1	8,6	8,6	5,7
Varié la date de semis	5,7	74,3	8,6	5,7	5,7
Consulter avec un conseiller/agronome	8,6	25,7	22,9	28,6	14,3
Changer de prestataire des services à forfait	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0
Biosécurité à la ferme					
Nettoyer l'équipement (ex, batteuses)	5,7	17,1	42,9	17,1	17,1
Couvrir les camions avec des bâches	0,0	77,1	8,6	8,6	5,7
Ramasser la paille	8,6	28,6	25,7	25,7	11,4

Au printemps, les options de travail du sol dépendent de la quantité de graines produites lors de la culture précédente. Si la production de graines a été faible, un travail du sol peu profond au printemps peut être préférable^[24]. La densité de plants d'AVEFA, observée lors des dépistages, suggère que cette technique ne serait pas convenable. Malheureusement, la majorité des sites ayant des populations résistantes pratiquent le labour de printemps (48,6 %), dont 25,7 % ne font qu'un seul passage au printemps (**Tableau 8C-2**). Ainsi, la majorité des populations résistantes (37,1 %) étaient labourées au printemps à une profondeur de moins de 4 po (**Tableau 8C-3**).

Malheureusement, nous n'avons pas les dates des travaux du sol avant le semis. Mais la littérature recommande de retarder le travail du sol et la plantation d'une culture semée à l'automne ou au printemps afin de réduire la densité de folle avoine, en permettant à davantage de graines de germer avant la préparation du lit de semence^[24]. Il faut également éviter de travailler le sol en été après la récolte des céréales. Par contre, un hersage très peu profond (moins de 2 po) à l'automne stimulera la germination de graines d'AVEFA, qui mourront ensuite au cours de l'hiver^[24].

Variation de la date et du taux de semis font partie des pratiques de lutte intégrée contre la folle avoine^[25]. Par exemple, l'augmentation du taux de semis dans les cultures céréalières et le canola permet de réduire l'utilisation d'herbicides jusqu'à 30 %^[25]. Ainsi, un espacement étroit des rangs est l'une des méthodes suggérées pour lutter contre l'AVEFA. Surtout si utilisé en combinaison avec une augmentation de la densité de semis, afin de favoriser la compétition contre cette mauvaise herbe^[24, 25]. Cependant, la grande majorité des répondants (68-74 %) disent ne pas utiliser aucune de ces trois techniques (**Tableau 8**). Des populations d'AVEFA-RH ont été observées dans des espacements entre 0-12 po (91,4 % **Tableau 8C-4**), mais le lien entre l'espacement des rangs et le taux de semis n'a pas pu être vérifié. La date de semis des principales cultures avec la folle avoine (blé, orge, avoine et canola) est présentée dans la **Figure 3**, mais le lien avec l'émergence de l'AVEFA n'a pas pu être vérifié non plus. Le lien entre la date de semis, le moment du désherbage et la phénologie de la folle avoine est discuté dans la section désherbage chimique.

Environ 32 % des répondants ont dit utiliser des cultures de couverture ou des cultures intercalaires pour prévenir et/ou gérer les mauvaises herbes (**Tableau 8**). Néanmoins, la majorité des champs ayant de l'AVEFA-RH n'avaient pas des cultures de couverture (88,6 %, **Tableau 8C-5**). Des 8 champs dépistés avec cultures de couverture, trois avaient des populations résistantes de folle avoine : de l'orge avec du trèfle, de l'avoine avec du seigle d'automne et de l'avoine avec du trèfle blanc.

La rotation des cultures

Le choix des cultures dans une rotation dicte l'intensité du travail du sol, le choix des dates de plantation, ainsi que le type de désherbage (chimique ou mécanique) possible. Le manque de rotation des cultures entraîne une communauté de mauvaises herbes avec moins de diversité et réduit donc les options d'herbicides pour contrôler ces mauvaises herbes. Pour cette raison, les risques de résistance sont généralement plus élevés dans les systèmes dont la rotation des cultures est limitée^[2, 26, 27].

Dans le cas de la folle avoine, la littérature recommande d'éviter la monoculture des céréales, et d'inclure dans la rotation des cultures, des plantes hautement compétitives (orge > seigle > blé et avoine > pois > pomme de terre > soya > lin > haricot)^[28]. Néanmoins, les cultures le plus fréquemment dépistées avec de l'AVEFA étaient l'orge, le blé et l'avoine (**Tableau 4**). Par contre, le seigle était parmi les cultures avec le moindre % densité d'AVEFA (**Tableau 5**).

Puis, malgré que ~95 % des répondants ont dit faire la rotation des cultures pour prévenir et/ou gérer de mauvaises herbes (**Tableau 8**), 37 % de répondants ayant de l'AVEFA-RH avaient une rotation exclusivement en céréales pour au moins 3 ans (**Tableau 8C-6**). Ainsi, les résultats montrent que la production de céréales, même pour une seule année, entraîne un risque de présence de l'AVEFA-RH (**Figure 12A et Tableau 8C-6**).

Ces résultats suggèrent que la rotation des différents types de céréales (ex. avoine-blé-orge) n'est pas suffisante pour lutter contre l'AVEFA. Ainsi, dans le cadre de la lutte contre l'AVEFA, le terme *rotation de cultures* devra considérer une rotation incluant des espèces différentes aux céréales (ex. canola, soya, etc.) et de préférence inclure des prairies pour au moins 3 ans (**Figure 12B**).

Les prairies ont été identifiées comme l'une des méthodes non chimiques les plus efficaces pour lutter contre l'AVEFA^[29, 30], car : il y a une production réduite de graines de la mauvaise herbe en raison d'une concurrence intense avec la prairie. Ainsi la fauche de la prairie, interrompt le cycle reproductif de l'AVEFA, causant également une diminution dans la production de graines viables^[29]. Dans une étude réalisée dans l'Ouest canadien, la rotation du lin-luzerne-luzerne-luzerne-lin, en combinaison avec une utilisation réduite d'herbicides, s'est avérée être le système de culture le plus efficace contre l'AVEFA. Un autre système de rotation efficace est l'implantation de la luzerne pour 3 ans suivie par deux années avec des céréales d'hiver^[29].

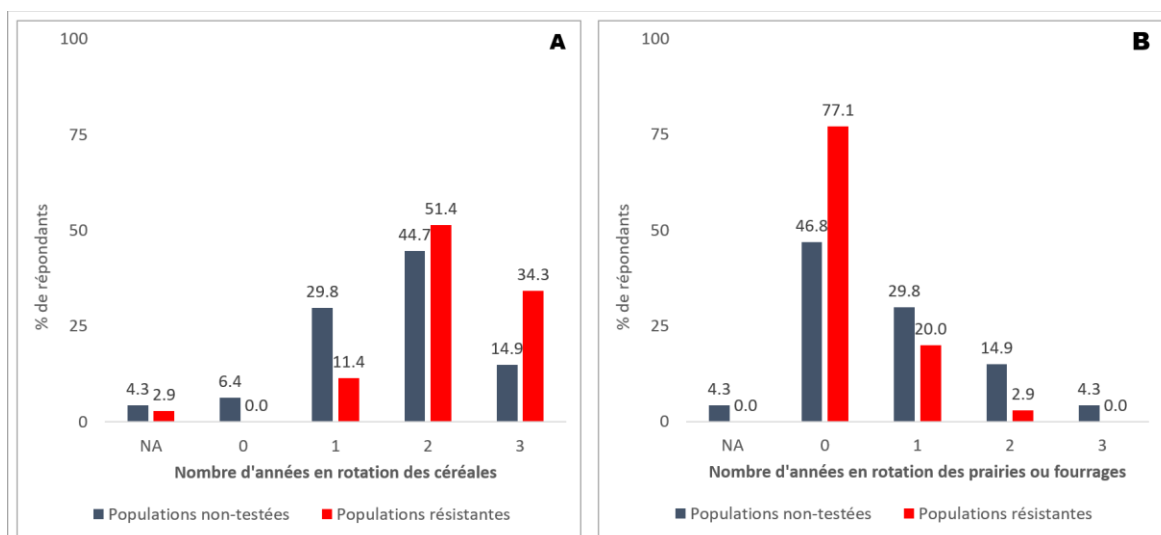


Figure 12. Pourcentage de répondants selon le nombre d'années en rotation de céréales (A) ou en rotation avec prairies ou pâturages (B). Le nombre total de répondants était de 82 personnes, dont 47 n'ont pas été testées pour la résistance (barres en bleue) et 35 ont été testées et étaient classées comme résistantes (barres rouges).

La prévention et la biosécurité

La folle avoine est un contaminant courant de la plupart des semences de céréales, car il est difficile de séparer les semences de la folle avoine des graines de blé. Mais, même un faible pourcentage de contamination peut entraîner le semis de milliers de graines de folle avoine par acre^[2, 24]. Donc,

l'une des méthodes pour prévenir la contamination des champs avec de l'AVEFA est d'utiliser de la semence certifiée.

Cette pratique est largement utilisée par la majorité des répondants comme méthode de prévention et gestion des MH (**Tableau 8**). Néanmoins, 82,9 % des champs ayant de la résistance utilisent de la semence certifiée (**Tableau 8C-7**). Il est donc possible que l'AVEFA soit arrivée par d'autres moyens, comme via le travail à forfait, particulièrement lors du battage. Les batteuses sont soupçonnées d'être la principale source de création de nouveaux foyers pour d'autres espèces de mauvaises herbes, telles que l'amarante tuberculée^[31]. Il a aussi été observé que les moissonneuses-batteuses peuvent répandre des graines de folle avoine jusqu'à 145 m^[32].

Néanmoins, les services forfaitaires étaient relativement peu utilisés de façon générale (**Tableau 8C-8**), sauf pour le battage, réalisé par des forfaitaires, pour 17,1 % des champs ayant de la résistance. Ainsi, 37,1 % des répondants ayant eu de la résistance dans leurs champs offrent des services à forfait chez d'autres entreprises (**Tableau 8C-9**), principalement pour le battage (28,6 %, **Tableau 8C-10**). En plus, 100 % des répondants ne considèrent pas changer de prestataires de services à forfait comme une méthode de lutte contre les mauvaises herbes, incluant l'AVEFA (**Tableau 8**).

Cela démontre l'importance de sensibiliser les intervenants du secteur sur l'importance de la biosécurité. L'adoption de pratiques visant à éviter l'augmentation de la banque de graines et la propagation des graines de mauvaises herbes doit être privilégiée. Des exemples de telles pratiques sont : le nettoyage des équipements avant le déplacement entre champs^[33] particulièrement lorsque des travaux à forfait seront réalisés ou offerts ; l'utilisation d'équipement pour endommager les graines de mauvaises herbes et les rendre non viables lors de la récolte (ex. *Harrington seed destructor*)^[34]. Des documents comme le *Nettoyage rapide d'une moissonneuse-batteuse entre les champs et la biosécurité en 3 points*^[35] et la *Trousse de biosécurité dans le secteur de grains*^[36] sont des outils pratiques pour établir un plan de biosécurité à la ferme.

Ainsi, les producteurs ont indiqué des besoins en matière de formation, accompagnement et aide financière pour : la prévention et gestion des MH résistantes, la biosécurité et le nettoyage de la machinerie (**Figure 13**). Ces points devront être pris en considération par les différents intervenants, afin d'aider à l'adoption de ces pratiques. En fait, lors des ateliers de travail, les trois besoins principaux identifiés par les producteurs étaient d'être informés, être formés et être accompagnés (**Annexe 8D**).

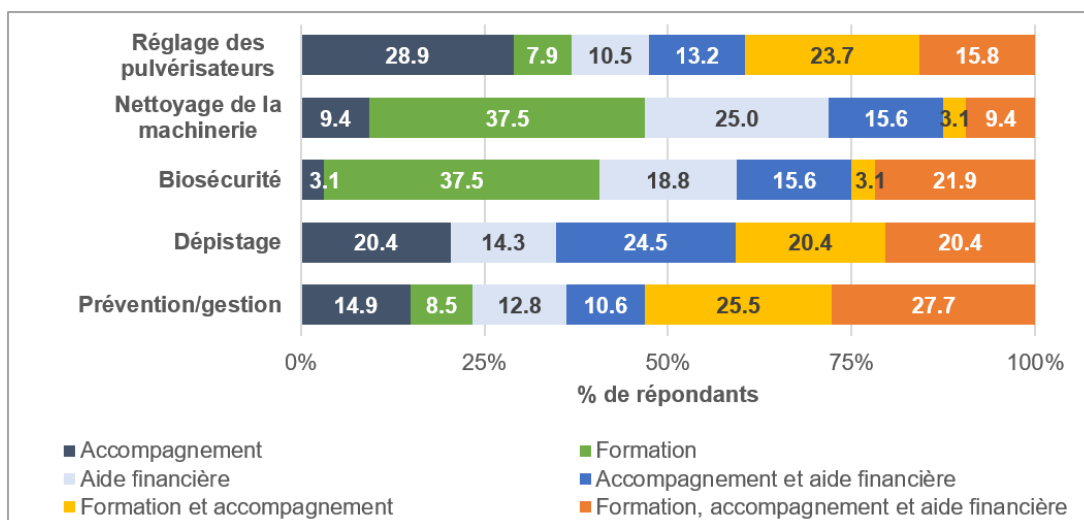


Figure 13. Type d'appui souhaité pour chacune des activités en lien avec la prévention et la gestion des mauvaises herbes résistantes aux herbicides. Le % a été calculé selon le nombre de répondeurs (ayant ou non des populations d'AVEFA-RH) pour chacune des activités : prévention/gestion (47), dépistage (49), biosécurité (32), nettoyage de la machinerie (32) et réglage de pulvérisateurs (38).

Le 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'identifier la « période critique de lutte contre les mauvaises herbes^b », de cibler le moment opportun pour faire des interventions et d'évaluer l'efficacité des pratiques prescrites^[2, 28].

Néanmoins, le dépistage est généralement peu réalisé (**Figure 14**). Cela peut être expliqué, car : le dépistage systématique des champs un processus long et coûteux, qui nécessite du personnel qualifié, capable d'identifier correctement les différents ravageurs ainsi que la symptomatologie associée à chacun d'entre eux. Aussi, le dépistage doit être effectué dans un délai précis, car les différentes méthodes de contrôle perdent de leur efficacité en fonction de l'évolution de la culture ou du ravageur. En plus, le dépistage de l'AVEFA peut être difficile, car il faut apprendre à différencier les jeunes plantules d'AVEFA d'autres espèces de graminées. Puis, une fois que les rangs sont fermés, il est difficile de marcher les champs et donc de dépister convenablement, suite à un traitement herbicide par exemple. (**Photo 4**). En fait, de la formation, l'accompagnement et de l'aide financière pour réaliser le dépistage ont été parmi les besoins indiqués par les producteurs (**Figure 13**).

Dans le cadre du projet, le dépistage a permis de confirmer le soupçon des producteurs de la présence de l'AVEFA dans leurs champs, qui remonté à au moins la saison 2020 (**Figure 15**). Cela peut servir comme un indicateur de la sévérité du problème au BLS, car en général, il est difficile d'identifier visuellement la présence des mauvaises herbes résistantes avant que la résistance ne soit présente, à au moins 10 à 20 % de la population^[37]. Par contre, les participants ont associé plus souvent la problématique de l'AVEFA à une mauvaise application de l'herbicide plutôt qu'à la résistance aux herbicides. En comparaison, lors de l'enquête réalisée au Saguenay-Lac-Saint-Jean

^b Période dont le contrôle des mauvaises herbes devient un facteur déterminant pour le rendement de la culture.

pour identifier la présence de l'AVEFA-RH, 19 % des producteurs ne soupçonnaient pas la présence d'AVEFA-RH sur leur entreprise alors que c'était le cas^[11].

Bien que ce soit important d'assurer que les applications des herbicides soient efficaces (voir la section sur le contrôle chimique), il est également nécessaire que les résultats du projet soient diffusés largement dans la région, afin que les producteurs puissent prendre conscience de la problématique en lien avec la présence des populations résistantes aux herbicides au BSL.

Ainsi, il est très important que les producteurs et les conseillers agricoles soient en mesure d'identifier les différences entre des mauvaises herbes ayant échappé un traitement herbicide parce qu'elles sont résistantes vs celles ayant survécu le traitement, car il y a eu une mauvaise application (ex. application hors étiquette, problème avec le pulvérisateur, etc.). Cela pourrait aider à identifier des populations résistantes plus facilement et d'adopter des stratégies de lutte adéquates dès que possible.

Des documents comme la Fiche technique sur la gestion de l'AVEFA-RH et la Votre trousse « Résistance des mauvaises herbes » pour 2024 seront partagés avec les producteurs et conseillers pour les soutenir dans leurs efforts de dépistage. Ainsi, le projet a permis de former les producteurs et les conseillers via différentes activités, dont des sujets comme l'identification de l'avoine, l'échantillonnage des populations soupçonnées d'être résistantes, etc.

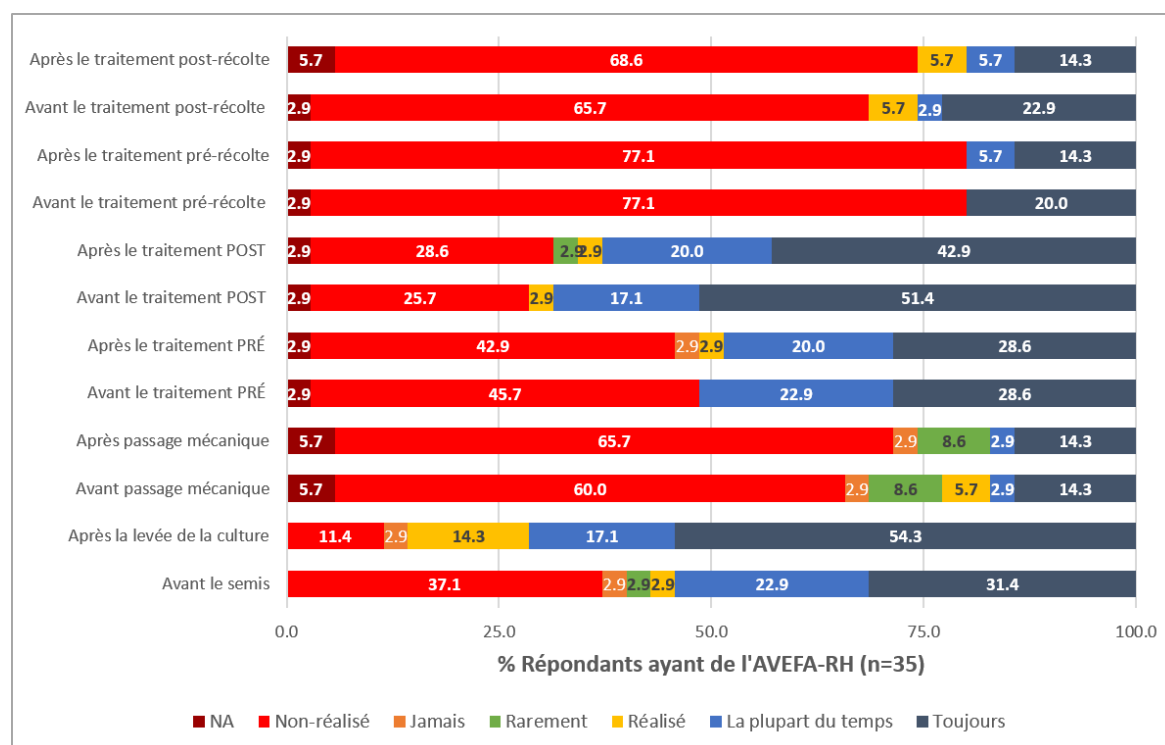


Figure 14. Moment et fréquence du dépistage des mauvaises herbes par les répondants du questionnaire ayant des populations de folle avoine résistante aux herbicides (n=35).



Photo 4. Le dépistage de la folle avoine peut être difficile dans les cultures des céréales. Crédit photo : Firmo Sousa (CÉROM).

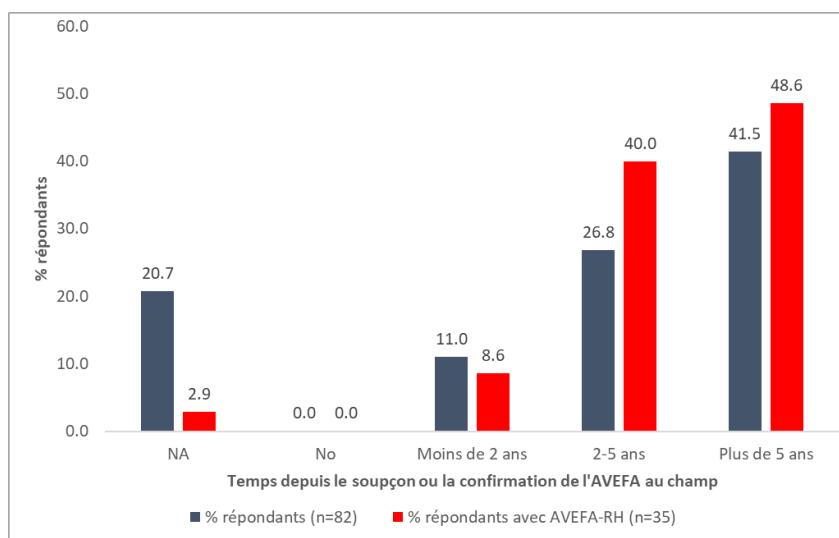


Figure 15. Pourcentage de répondants selon le temps depuis quand ils soupçonnaient la présence de la folle avoine dans leurs champs.

Contrôle non chimique

Plusieurs méthodes non chimiques de lutte contre l'AVEFA, telles que le travail du sol, la rotation de cultures, l'espacement des rangs, etc. ont été discutés dans la section en lien avec la régie de cultures et la biosécurité.

La littérature indique qu'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^[38]. De façon générale, 37 % des répondants ont dit utiliser la pratique de faux semis pour prévenir et/ou lutter contre les mauvaises herbes (**Tableau 8**). Plus précisément, seulement trois producteurs ont utilisé la technique pendant la durée de l'étude. Puis, seulement un producteur a dit d'utiliser cette technique pour lutter contre la folle avoine.

La grande majorité des producteurs (94,3 %) ne font pas du désherbage mécanique. Ce faible taux d'adoption pourrait être expliqué par le fait que certaines méthodes comme le binage rotatif ou le désherbage à dents après la levée des cultures ne sont pas très efficaces, car une grande proportion de semis de folle avoine émergent du dessous de la profondeur de travail de ces outils. Cependant, un certain contrôle peut être obtenu en utilisant un désherbeur à dents rigides pour enterrer les jeunes plants de folle avoine^[24].

Le désherbage manuel, la fauche des « patches » et la fauche des bordures sont réalisés par ~28 — 40 % des répondants. La fauche des panicules avant la production de graines matures est une option pour gérer l'AVEFA et éviter l'augmentation de la banque de graines^[39]. Comme discuté dans les résultats du volet 1, dans certains cas, les bordures étaient hautement infestées et peuvent servir comme des foyers d'infestation pour des champs avoisinants. La fauche des bordures réalisée au bon moment pourrait être une méthode efficace pour lutter contre l'AVEFA-RH dans la région.

Contrôle chimique et rotation des herbicides

Malheureusement, l'information détaillée sur les herbicides utilisés historiquement a été la plus difficile à obtenir.

Le contrôle chimique pour lutter contre les mauvaises herbes, incluant l'AVEFA est utilisé par environ 85 % des répondants. La majorité des traitements herbicides sont utilisés en pré (PRÉ) et post-levée (POST) de la culture (**Tableau 8**).

Nous n'étions pas en mesure d'observer si les applications des herbicides coïncident avec le pic de germination de la principale cohorte d'AVEFA au BSL. Néanmoins, la **Figure 3** montre qu'il y a des nouvelles cohortes émergées semaines après la dernière application des herbicides. Bien que ces cohortes puissent ne pas causer une perte de rendement dans la culture (la période critique ayant été passé), ces cohortes peuvent toujours alimenter la banque de graines et contaminer l'équipement lors de la récolte.

Lors des ateliers de cocréation, les participants ont associé plus souvent la problématique de l'AVEFA à une mauvaise application de l'herbicide plutôt qu'à la résistance aux herbicides. Ainsi, certaines pratiques aidant à augmenter l'efficacité du désherbage chimique telles que : la calibration du pulvérisateur et la vérification et/ou ajustement du pH de l'eau ne sont pas toujours réalisées (**Tableau 8**). Puis, l'application d'herbicides était parfois réalisée lorsque certains plants de l'AVEFA étaient déjà en stade tallage ou floraison (**Figure 3**). Plusieurs herbicides ne sont plus efficaces lorsque les plantes d'AVEFA dépassent le stade de quatre feuilles. Cela indique l'importance du dépistage pour cibler le moment opportun pour réaliser les interventions tout comme la nécessité de développer un modèle phénologique pour la folle avoine pour la région du BSL.

Selon les réponses au questionnaire, le choix des produits à utiliser n'est pas fait en considérant les résultats du dépistage ni en consultant le registre des pesticides pour valider la rotation des matières actives dans 34,3 % et 37,1 % des cas, respectivement (**Tableau 8**). Ainsi, 65 % de répondants ont dit consulter un conseiller ou un agronome pour adapter des pratiques agricoles (**Tableau 8**). Puis, lorsqu'on demande les sources d'information pour prendre des décisions en lien avec la phytoprotection, ~80 % des répondants ont dit consulter toujours ou la plupart de temps des conseillers ou des représentants du privé, comparé à 54,3 % des conseillers des clubs-conseils

(Figure 16). Lors d'une autre étude réalisée au Québec, les producteurs ont dit trouver l'information provenant des fournisseurs des pesticides utile et fiable. Les auteurs de cet étude proposent de sonder à quel point ces fournisseurs comprennent et sont prêts à adopter les pratiques de lutte intégrée^[40]. Néanmoins, il est recommandé que les séances de formation en lien à la phytoprotection, la prévention et la gestion de la résistance aux herbicides, etc. soient offertes autant pour les conseillers des clubs-conseils autant comme pour les conseillers du privé.

La rotation des herbicides est l'un des facteurs clés pour prévenir et gérer des populations résistantes aux herbicides^[2, 33]. Dans l'étude, seulement 39,5 % de répondants ont dit faire la rotation des groupes des herbicides (Tableau 8). Lorsqu'on a analysé plus en détail l'historique des herbicides utilisés pendant les derniers trois ans, il a été possible de remarquer que 23 % des répondants ayant de l'AVEFA-RH ont utilisé des herbicides du groupe 1 pendant les derniers deux à trois ans (Figure 17). Cela peut être dû à différentes raisons, telles que : une limitation dans le choix d'herbicides disponibles selon le type de culture, ne pas se référer au registre des pesticides pour vérifier l'historique du champ au moment de choisir le produit à utiliser, à cause d'une mécompréhension de ce qui implique de faire une rotation d'herbicides, etc.

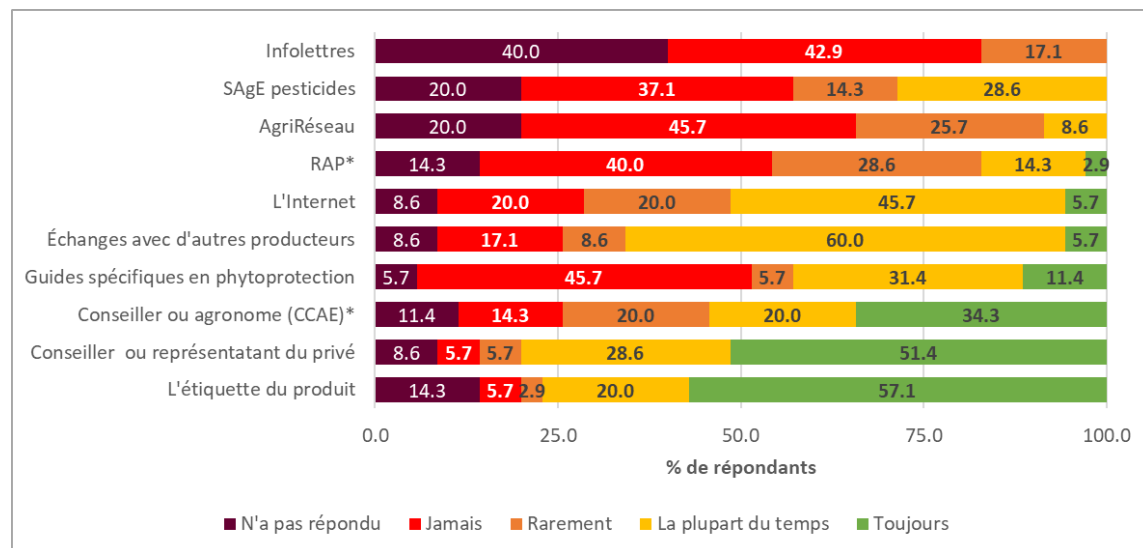


Figure 16. Sources d'information pour prendre des décisions en matière de phytoprotection des répondants du questionnaire ayant des populations de folle avoine résistante aux herbicides (n=35).

*CCAE= clubs-conseils en agroenvironnement ; RAP= Réseau d'avertissements phytosanitaires.

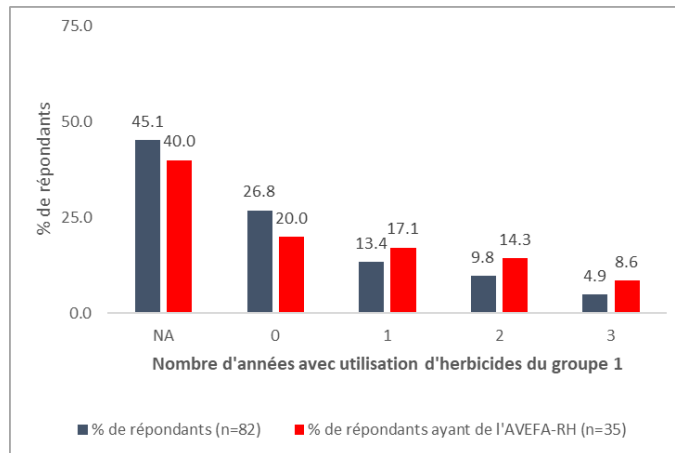


Figure 17. Nombre d'années avec utilisation des herbicides du groupe 1. Les résultats sont présentés en pourcentage de répondants des répondants du questionnaire (n=82, barres en bleue) ou ayant répondu le questionnaire et ayant de la folle avoine résistante aux herbicides (n=35 barres en rouge).

Les résultats de l'enquête ont montré que de l'ensemble des répondants, seulement 6 % des producteurs ont été capable de définir correctement le concept de « rotation des groupes d'herbicides ». Ce % **tombe à zéro** pour les répondants ayant des populations d'AVEFA-RH (**Figure 18**). Cette mécompréhension de ce concept clé a également été observée en Montérégie et au Saguenay–Lac-Saint-Jean, dont le % de producteurs qui a défini correctement ce concept était de 24 % et 10 %, respectivement^[11]. Cela signale une urgente nécessité de renforcer des connaissances de concepts clés en lien avec la résistance aux herbicides. Malheureusement, certains moyens de vulgarisation, tels que le RAP, AgriRéseau ou des infolettres, ne sont jamais ou rarement consultés (**Figure 16**).

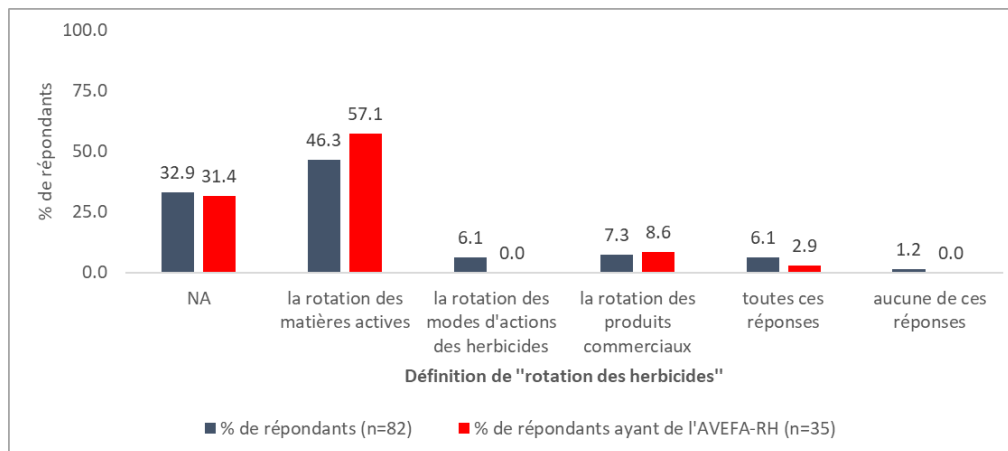


Figure 18. Définition du concept « rotation des herbicides » selon le % des répondants du questionnaire (n=82, barres en bleue) ou ceux ayant répondu le questionnaire et ayant de la folle avoine résistante aux herbicides (n=35 barres en rouge). La réponse correcte est : la rotation des modes d'action des herbicides.

De façon générale, ~46 % de répondants ont dit utiliser une seule matière active par saison de culture, comparé au ~31 % qui dit utiliser plusieurs matières actives par saison (**Tableau 8**). L'analyse de l'historique de l'utilisation des herbicides a permis d'observer une augmentation du

nombre de groupes d'herbicides utilisés au fil des années (**Figure 19**). Une plus grande disponibilité des produits vendus en mélange (co-packs) pourrait être l'une des raisons, tout comme le fait que la résistance aux herbicides fait en sorte que les MH ne sont pas contrôlées avec un seul herbicide. Néanmoins, cela signifie une augmentation dans le coût de production. Puis, il faudra faire attention à faire une rotation de toutes les matières actives utilisées, afin d'éviter le développement des populations multirésistantes. Au Canada, la résistance aux herbicides des groupes 1, 2, 14 et 15 a été répertoriée dans les Prairies^[4, 41].

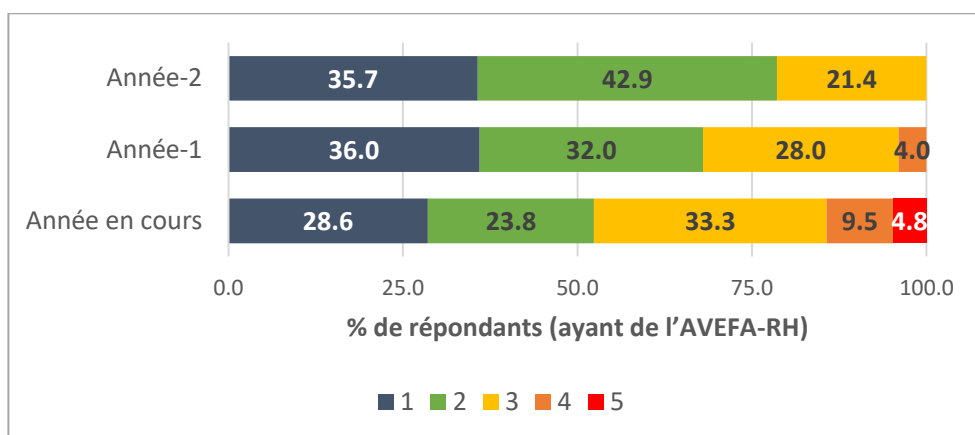


Figure 19. Historique du nombre de groupes d'herbicides utilisés par saison dans les derniers 3 ans pour les répondants du questionnaire ayant une population de folle avoine résistante aux herbicides. Le nombre de répondants est différent pour chacun des années : année en cours =21, année-1=25 et année-2=14.

Autres facteurs

Lors des ateliers de travail réalisés à Amqui et à Saint-Pascal, certains éléments, ayant un possible impact sur l'adoption des différentes pratiques de lutte contre l'AVEFA, ont été identifiés.

- Il y a eu une forte impression de la part des producteurs participants au projet que le problème provient d'ailleurs (les voisins, les producteurs en régie biologique, les forfaitaires, etc.). Il est important de prendre conscience de la coresponsabilité, puis établir une stratégie d'intervention pour empêcher de devenir eux-mêmes des sources de nouveaux foyers.
- L'interdiction réglementaire de pouvoir traiter les bordures des champs (bandes riveraines) avec des herbicides est vue comme un facteur aggravant pour la dissémination de l'AVEFA. Il est prioritaire de tester et identifier des méthodes efficaces pour contrôler l'AVEFA en bordure des champs.
- Malgré l'ouverture d'esprit pour adopter des pratiques en lutte intégrée, il y a une grande disparité dans la vision des moyens de lutte contre l'AVEFA entre les producteurs et les conseillers (**Figure 20** et **Annexe 8D** – pour l'ensemble des résultats de l'atelier). Cela pourrait être l'un des principaux facteurs pour empêcher l'adoption des pratiques agricoles pouvant diminuer la population de l'AVEFA, car les mesures proposées pourraient être perçues comme difficiles ou ayant peu sur celle-ci.



Figure 20. Sommaire de l’atelier « Efforts/gains » pour identifier les pratiques de lutte contre la folle avoine selon les producteurs (A) ou les intervenants (B). Les pratiques identifiées comme demandant le moins d’effort avec le plus de gain sont en vert. Au contraire, les pratiques représentant peu de gain et beaucoup d’effort sont identifiées en rouge.

Volet 3. Établir les fondations de la lutte collaborative (approche communautaire) pour le développement et l’adoption des stratégies de lutte intégrée contre l’AVEFA résistante aux herbicides.

Les activités qui ont été réalisées au long du projet pour établir une fondation pour la lutte collaborative selon les étapes proposées par Ervi et coll.^[15] sont :

1) Une base scientifique solide.

Ce premier projet a permis de comprendre l’étendue de la présence de la folle avoine dans la région. Grâce aux questionnaires sur les pratiques agricoles, il a été possible de connaître celles qui ont cours dans la région, et de les comparer avec celles proposées dans la littérature pour la gestion de l’AVEFA-RH. Cela a été utile pour identifier des pratiques agricoles qui devraient être modifiées, afin de lutter contre cette espèce.

Néanmoins, la majorité des études contre la folle avoine ne sont pas été réalisées au Québec. Les particularités sociales, agroenvironnementales et climatiques de la région du BSL pourraient avoir un effet sur l’efficacité et l’adoption des différentes pratiques proposées dans la littérature. Il est donc nécessaire de réaliser des projets de recherche pour valider l’efficacité des différentes pratiques pour les conditions du BSL.

Un projet avait été soumis à l’automne 2023 pour évaluer l’efficacité des différentes méthodes de lutte contre l’AVEFA. Le projet avait été déposé en collaboration avec plusieurs producteurs ayant participé au projet et qui souhaitent s’investir à trouver des solutions. Mais, malheureusement, le projet n’a pas été retenu pour financement.

2) *Une communication efficace des principes scientifiques.*

Tout au long du projet, plusieurs présentations et événements de transfert de connaissances ont été réalisés (**Annexes 4 et 5** du rapport final). Cela a inclus des présentations sur le développement de la résistance et des concepts comme la rotation des herbicides, qui avaient été identifiées comme un besoin urgent à combler.

Via le volet de transfert de connaissances du projet, une mise à jour de la fiche technique sur la lutte contre la folle avoine sera publiée au cours de l'été 2024. Puis un webinaire est prévu pour l'automne 2024. La participation des chercheurs canadiens experts dans la folle avoine et le coordonnateur du réseau de recherche à la ferme de la ROWAC (*Résistant wild oat action committee*) ont accepté de faire des présentations afin de vulgariser leurs expertises.

Néanmoins, lors de l'atelier de cocréation, les conseillers ont dit de parfois n'avoir pas assez de temps pour bien expliquer la problématique au producteur. Ainsi, le transfert horizontal de connaissances entre les agronomes ou clubs n'est pas toujours une pratique courante. Les conseillers ont remarqué également la nécessité d'avoir plus de formation et des ressources en lien avec l'identification et la gestion de la folle avoine et la prévention et la gestion de la résistance aux herbicides. De leur côté, les producteurs ont exprimé un besoin de faire circuler l'information en lien avec cette problématique. Néanmoins, un enjeu majeur est d'identifier la méthode la plus efficace pour vulgariser l'information parmi les producteurs (**Figure 16**).

3) *La participation active des spécialistes des sciences sociales et des agroéconomistes.*

Nous avons compté sur la participation des experts en sciences sociales (Mario Handfield, Ph.D. et Samuel Comtois, agr.). Avec leur collaboration, nous avons organisé deux ateliers de travail avec les producteurs et conseillers à l'hiver 2023. Le rapport des activités est présenté dans **l'Annexe 8 D**.

4) *Leadership.*

La participation des collaborateurs locaux comme la Fédération de l'union des producteurs agricoles du Bas-Saint-Laurent (FUPABSL) et les conseillers régionaux du MAPAQ a été un facteur clé pour démarrer le projet. Ils ont grandement facilité la diffusion du projet et le recrutement des premiers sites.

Par la suite, l'implication des producteurs et des conseillers (CCAE et du privé) ont été des éléments clés pour le succès du projet, au point que nous avons dépassé notre objectif pour le dépistage des sites. Ainsi, à mesure que le projet avançait, nous avons identifié des producteurs et des clubs qui ont souhaité s'impliquer davantage. Avec leur collaboration, nous avons déposé un projet pour continuer la recherche en lien avec cette problématique. Cela aurait été un moyen pour développer encore plus le leadership dans la région. Comme le projet n'a pas été retenu, il sera important de trouver d'autres moyens de financer des activités dans la région maintenant que ce projet est terminé, afin d'éviter de perdre l'élan gagné lors des trois dernières années.

Les producteurs ont exprimé le désir d'avoir plus d'accompagnement de la part des conseillers. Vu leur proximité et en ayant la confiance des producteurs, les clubs-conseils sont un moyen idéal pour prendre le leadership dans la lutte contre la folle avoine dans la région. Cependant, il faudra trouver des moyens pour soutenir les clubs-conseils, ceci afin qu'ils aient les ressources humaines et matérielles pour le faire.

5) *Faire des suivis et des évaluations en continu.*

Tous les participants au projet et leurs conseillers ont reçu des rapports du dépistage et/ou des rapports des tests de résistance. Cela a pu aider à établir des données de base sur lesquelles ils pourront mesurer l'efficacité des différentes techniques de lutte contre l'AVEFA. Des rencontres avec les conseillers ont été réalisées afin de montrer comment interpréter les rapports de diagnostic et partager des protocoles de dépistage et de collecte des échantillons pour réaliser de tests de résistance.

L'ensemble des producteurs de la région seront invités à continuer à envoyer des échantillons au LEDP pour identifier de nouvelles populations résistantes ou suivre l'évolution de la résistance des populations connues. À partir de maintenant, le portrait de la résistance dans la région sera continué via le service de détection de la résistance aux herbicides, offert par le LEDP en collaboration avec le CÉROM. Finalement, nous avons l'intention de soumettre un autre projet, afin de réaliser la détection de la résistance aux autres groupes d'herbicides (ex. groupe 2).

6) *Nécessité d'établir une limite géographique.*

Le projet a été développé exclusivement dans la région du BSL. Cependant, le projet a généré tellement d'intérêt que le CÉROM a été approché pour réaliser un projet pilote pour le dépistage de l'AVEFA-RH en Gaspésie. Une collaboration a été faite entre la Direction régionale de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, le CÉROM et le LEDP pour tester des populations d'AVEFA aux herbicides du groupe 1. Grâce à cette collaboration, nous étions en mesure de confirmer pour la première fois la présence de la résistance croisée aux herbicides du groupe 1 dans la région de la Gaspésie en 2023.

Une entente semblable a été mise en place en 2024 pour réaliser un projet pilote dans la région d'Abitibi-Témiscamingue.

Vu l'étendue de la problématique dans plusieurs régions du Québec, le défi sera de trouver du financement pour développer et tester des méthodes de lutte adaptées pour chacune des régions. Cela signifie d'avoir plusieurs projets parallèles, car les pratiques agricoles adoptées pour la lutte contre de mauvaises herbes résistantes sont différentes dépendamment de la zone géographique et la taille de l'entreprise^[26]. Néanmoins, la majorité des programmes de financement soutiennent un nombre limité de projets scientifiques par thématique, et donc des projets parallèles risquent de se rivaliser pour le financement.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Ce projet a permis d'établir le premier inventaire de la folle avoine dans la région du Bas-Saint-Laurent. Les résultats obtenus ont permis de confirmer la première hypothèse du projet : cette espèce est présente partout sur le territoire. La fréquence et la densité sont parfois très élevées. Ainsi, il a été possible de confirmer pour la première fois la présence de populations résistantes aux herbicides du groupe 1. Malheureusement, le taux de populations résistantes confirmé (98,8 %) est plus élevé que celui observé pour les Prairies (78 %) et le Saguenay–Lac-Saint-Jean (35 %). Il est encore nécessaire d'estimer les pertes économiques causées directement par la folle avoine dans la région.

Les résultats de l'inventaire ont permis également de Le mécanisme de résistance le plus probable est une résistance du type NTSR (*non-target site resistance*). Cela implique que la confirmation de la résistance devra continuer de se faire via le test classique, malgré l'existence de certains tests moléculaires pour identifier des mutations du type TSR. Ceci demandera une quantité significative des ressources, vue la nécessité de tester chaque population à au moins un herbicide de chaque famille du groupe 1 (FOPs, DIMs et DENs).

Concernant la deuxième hypothèse, nous étions en mesure de confirmer que la rotation en continu des céréales et l'utilisation en continu des herbicides du groupe 1 font partie des principales causes de la résistance aux herbicides chez la folle avoine.

Nous avons identifié des besoins urgents dans la région : a) de clarifier des concepts-clés, tels que la rotation des herbicides, dont moins de 6 % de producteurs sont en mesure de clairement définir le concept; b) d'identifier des véhicules de communication efficaces pour la vulgarisation de ces concepts-clés, tout comme les résultats du projet et les enjeux en lien avec l'AVEFA-RH; c) augmenter le taux d'adoption de certaines pratiques comme le dépistage, la rotation des cultures différents aux céréales et l'implantation des prairies, la rotation des herbicides, et l'adoption des bonnes pratiques lors de l'application des herbicides. Il sera également important de soutenir adéquatement les conseillers (des clubs-conseils comme ceux du privé) afin qu'ils puissent accompagner les producteurs dans l'identification, et l'implantation des différentes méthodes de lutte contre l'AVEFA-RH, reconnues comme efficaces.

Ces différents points aideront à répondre directement les trois grands besoins identifiés par les producteurs concernant la lutte contre l'AVEFA : être informés, être formés et être accompagnés.

Finalement, concernant la troisième hypothèse, nous avons observé un intérêt accru de la part des producteurs et des clubs pour participer aux différentes activités offertes par le projet. Il y a eu également de l'intérêt pour participer activement à tester et développer des méthodes de lutte contre l'AVEFA via d'autres projets de recherche. Il faudra continuer à faire des efforts pour identifier d'autres foyers d'AVEFA-RH, tester différents moyens de lutte afin d'identifier ceux adaptés à la région, etc. Pour ceci, il sera nécessaire d'identifier des sources de financement dans un futur proche, afin de ne pas perdre l'élan généré par ce projet dans la région.

REMERCIEMENTS

Ce projet a été possible grâce à la participation de l'ensemble de producteurs et de conseillers qui ont gracieusement accepté de participer au projet.

Nous remercions également les collaborateurs du projet : Ayitre Akpakouma et Jalinets Navarro (MAPAQ) ; Yan Gosselin, Marc Tétrault et Éric Pagé (FUPABSL) ; David Miville et Annie Marcoux (LEDP-MAPAQ) ; Mario Handfield (UQAR), Samuel Comtois (Groupe PleineTerre) ; Michel Dupuis (CSC) et Salah Zoghلامي (PGQ).

Des remerciements sont aussi dus à l'équipe du CÉROM qui a collaboré au bon déroulement du projet, spécialement à : Firmo Sousa, Gabriel Verret, Véronique Bélanger, Geneviève McHugh et à tous les stagiaires qui ont collaboré à l'évaluation de la résistance aux herbicides.

L'auteure souhaite remercier également aux chercheurs d'Agriculture et agroalimentaire Canada : Julia Leeson, Charles Geddes, Shaun Sharpe et Breanne Tidemann.

Le projet « La folle avoine résistante aux herbicides dans la région du Bas-Saint-Laurent : détection et lutte collaborative » (IA 20598) a été financé par l'entremise du programme Innov'Action Agroalimentaire, en vertu du Partenariat canadien pour l'agriculture, entente conclue entre les gouvernements du Canada et du Québec.



RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **MAPAQ. Direction régionale du Bas-Saint-Laurent** 2019. Portrait agroalimentaire du Bas-Saint-Laurent. MAPAQ. p. 40.
2. **Norsworthy, J.K. et coll.** 2012. Reducing the risks of herbicide resistance: Best management practices and recommendations. *Weed Science*. 60: p. 31-62.
3. **Beckie, H.J. et coll.** 2002. Survey of herbicide-resistant wild oat (*Avena fatua*) in two townships in Saskatchewan. *Canadian Journal of Plant Science*. 82: p. 463-471.
4. **Beckie, H.** 2019. Herbicide resistance in Western Canada, in *Top Crop Manager*. Annex Publishing & Printing, inc.: Simcoe, ON. p. 3-5.
5. **Beckie, H.J. et coll.** 1999. Nature, occurrence, and cost of herbicide-resistant wild oat (*Avena fatua*) in small-grain production areas. *Weed Technology*. 13(3): p. 612-625.
6. **Beckie, H.J. et coll.** 2012. The biology of canadian weeds. 27. *Avena fatua* L. (updated). *Canadian Journal of Plant Science*. 92: p. 1329-1357.
7. **CRAAQ** 2005. Initiation à la production de semences généalogiques. : p. 12.
8. **Beckie, H.J. et coll.** 2012. Basis for herbicide resistance in Canadian populations of wild oat (*Avena fatua*). *Weed Science*. 60(1): p. 10-18.
9. **Mangin, A.R. et coll.** 2016. Triallate-resistant wild oat (*Avena fatua* L.): unexpected resistance to pyoxasulfone and sulfentrazone. *Canadian Journal of Plant Science*. 97(1): p. 20-25.
10. **Beckie, H.J. et coll.** 2013. Herbicide-Resistant Weeds in the Canadian Prairies: 2007 to 2011. *Weed Technology*. 27: p. 171-183.
11. **Cuerrier, M.-É. et coll.** . 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. Programme Innov'Action. Projet IA113086. Saint-Mathieu-de-Beloeil.
12. **Carrier, J.** 2021. Tableau du nombre d'exploitations agricoles, superficie exploitée et superficie en semis direct par région administrative et par MRC., in *Entrepôt des données ministérielles (EDM) provenant des fiches des fiches d'enregistrement des producteurs de 2014*.
13. **Flores-Mejia, S. et coll.** 2023. Protocoles du "Service de détection de la résistance des mauvaises herbes aux herbicides" v.1.2. CÉROM.
14. **Brown, R.A. et coll.** 1991. Track-sprayer and glasshouse techniques for terrestrial plant bioassays with pesticides, in *Plants for toxicity assessment: Second volume*, ASTM STP 1115, J.W. Gorsuch, W.R. Lower, W. Want, et M.A. Lewis, Éditeurs. American Society for Testing Materials: Philadelphia, PA, USA. p. 197-208.
15. **Ervin, D.E. et coll.** 2016. Community-based approaches to herbicide-resistant weed management: Lessons from science and practice. *Weed Science*. 64: p. 609-626.
16. **Leeson, J.Y. et coll.** . Residual weed populations shifts in Alberta - 1973 to 2023. dans *Annual meeting of the Canadian Weed Science Society*. November 2023. 2023. Winnipeg, MB. Canada.
17. **Manitoba.ca.** Wild oats. Accédé ; Disponible dans : https://www.gov.mb.ca/agriculture/crops/weeds/print_wild-oats.html.
18. **Smith, E.G. et coll.** 2018. The profitability of diverse crop rotations and other cultural methods that reduce wild oat (*Avena fatua*). *Canadian Journal of Plant Science*. : p. 1-8.
19. **Harker, K.N. et coll.** 2016. Diverse rotations and optimal cultural practices control wild oat (*Avena fatua*). *Weed Science*. 64(1): p. 170-180.
20. **Angers, S. et coll.** . Le contrôle de la folle avoine en régie biologique. 2006.

21. **González-Díaz, L. et coll.** 2007. Short communication. Integration of emergence and population dynamic models for long term weed management using wild oat (*Avena fatua* L.) as an example. Spanish Journal of Agricultural Research. 5(2): p. 199-203.
22. **Geddes, C.M.** Wild oat cross-resistance and the importance of resistance testing. dans Agronomy update. 2019. Red Deer, Alberta, Canada.
23. **Christoffers, M.J. et coll.** 2002. An isoleucine to leucine mutation in acetyl-CoA carboxylase confers herbicide resistance in wild oat. Genome. 45: p. 1049-1056.
24. **Charles L. Mohler et coll.** Manage weeds on your farm : a guide to ecological strategies, ed. S.h.s. 16. 2021.
25. **Thill, D.C. et coll.** 1994. Integrated weed management strategies for delaying herbicide resistance in wild oats. Phytoprotection. 75: p. 61-70.
26. **Vencill, W.K. et coll.** 2012. Herbicide resistance: Toward an understanding of resistance development and the impact of herbicide-resistant crops. Weed Science. 60: p. 2-30.
27. **Cardina, J. et coll.** 2002. Crop rotation and tillage system effects on weed seedbanks. Weed Science. 50: p. 448-460.
28. **Nazarko, O.M. et coll.** 2005. Strategies and tactics for herbicide use reduction in field crops in Canada: A review. Canadian Journal of Plant Science. 85: p. 457-479.
29. **Benaragama, D.I. et coll.** 2022. Functionally diverse flax-based rotations improve wild oat (*Avena fatua*) and cleavers (*Galium spurium*) management. Weed Science. 70(2): p. 220-234.
30. **Beckie, H.J.** 2007. Beneficial management practices to combat herbicide-resistant grass weeds in the Northern Great Plains. Weed Technology. 21: p. 290-299.
31. **Picard, A. et coll.** 2018. Fiche technique : Amarante tuberculée. Réseau d'avertissements phytosanitaires (RAP). : p. 8.
32. **Resistant Wild Oat Action Committee (ROWAC)** 2021. Stop the spread.
33. **Légère, A. et coll.** 2000. Survey of management practices affecting the occurrence of wild oat (*Avena fatua*) resistance to Acetyl-CoA Carboxylase inhibitors. Weed Technology. 14: p. 366-376.
34. **Walsh, M.J. et coll.** 2012. Harrington seed destructor: A new nonchemical weed control tool for global grain crops. Crop Science. 21: p. 332-338.
35. **Tremblay, J.** 2022. Nettoyage rapide d'une moissonneuse-batteuse entre les champs et biosécurité en 3 points. Réseau d'avertissements phytosanitaires (RAP) - Grandes cultures. Fiche technique. 22 septembre 2022. (<https://www.agrireseau.net/rap/documents/108202/>).
36. **Laplante, G.** 2016. La biosécurité dans le secteur des grains: trousse d'information. Québec (QC): Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ); Longueuil (QC): Producteurs de grains du Québec.
37. **Ozair, C.** 2010. Herbicide-resistance and weed-resistance management, in Potential Plant Protection Strategies, D. Prasad et R. Sharma, Éditeurs. I.K. International Publishing House Pvt. Ltd.: New Delhi, India.
38. **Blackshaw, R.E. et coll.** 2005. Combining agronomic practices and herbicides improves weed management in wheat-canola rotations with zero tillage production systems. Weed Science. 53: p. 528-535.
39. **Tidemann, B. et coll.** 2020. Time of wild oat (*Avena fatua*) panicle clipping influences seed viability. Weed Science. 68: p. 260-267.
40. **Belzile, L. et coll.** 2014. Évaluation des risques agronomiques réels et perçus associés à l'adoption de la gestion intégrée des ennemis de culture en grandes cultures. Projet IRDA-1-LUT-11-1533 (Avril 2011-Mars 2013). IRDA. p. 128.
41. **Beckie, H.J. et coll.** 2020. Herbicide-resistant weeds in the Canadian prairies: 2012 to 2017. Weed Technology. 34(3): p. 461-474.

ANNEXES

Annexe 8A. Protocole de dépistage

Présenté en pièce jointe.

Annexe 8B. Questionnaires de pratiques agricoles

Présenté en pièce jointe.

Annexe 8C. Résultats des questionnaires de pratiques agricoles

Présenté en pièce jointe.

Annexe 8D. Rapport des ateliers de co-construction avec les producteurs et les

Présenté en pièce jointe.