

**LES MÉTHODES DE LUTTE À MOINDRE IMPACT CONTRE LES PLANTES
NUISIBLES DANS LA CULTURE DU BLEUET NAIN**

20-027-BLEUET

DURÉE DU PROJET : (03 / 2020 – 03 / 2023)

RAPPORT FINAL

Réalisé par :
Charles A. D. Bouchard, Biologiste (M. Sc.)
et Anne Schmitt, Biologiste (M. Sc.), Club Conseil Bleuets

Février 2023

Les résultats, opinions et recommandations exprimés dans ce rapport émanent de l'auteur ou des auteurs et n'engagent aucunement le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ DU PROJET ET DE SON AVANCEMENT	2
OBJECTIFS ET APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE	3
Objectifs	3
Dispositifs expérimentaux.....	4
Récolte des données.....	5
Traitements à l'étude	5
RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS	7
Cornouiller du Canada.....	7
Comptonie voyageuse.....	11
Kalmia à feuilles étroites.....	13
Rendements	16
Analyse agroéconomique	18
DIFFUSION DES RÉSULTATS	20
APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE.....	21
POINT DE CONTACT POUR INFORMATION.....	22
REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS	22
RÉFÉRENCES.....	23
ANNEXE.....	25

LES MÉTHODES DE LUTTE À MOINDRE IMPACT CONTRE LES PLANTES NUISIBLES DANS LA CULTURE DU BLEUET NAIN :

20-027-BLEUET

RÉSUMÉ DU PROJET

Les herbicides sont utilisés dans la plupart des bleuetières, puisque la présence de mauvaises herbes affecte grandement la productivité du bleuet nain (Hall *et al.* 1981). Toutefois, il est primordial d'y trouver des alternatives étant donné que l'utilisation de ces produits est le facteur qui a le plus grand impact négatif sur l'environnement dans la culture du bleuet nain (Vienneau *et al.* 2004). À ce jour, il existe peu de méthodes alternatives qui ont prouvé leur efficacité et celles-ci sont peu documentées (Bellemare 2014 ; Bellemare 2011 ; Agrinova 2009a). Ce projet a pour objectif d'évaluer différentes techniques de lutte à moindre impact sur les trois principales mauvaises herbes retrouvées en bleuetière : le cornouiller du Canada (*Cornus canadensis*), la comptonie voyageuse (*Comptonia peregrina*) ainsi que le kalmia à feuilles étroites (*Kalmia angustifolia*). Ces trois mauvaises herbes forment de grandes colonies en se reproduisant par rhizomes (Guide de production du bleuet sauvage 2010).

Pour chaque mauvaise herbe, les techniques les mieux adaptées à leur phénologie et à leur morphologie ont été sélectionnées afin de tester leur efficacité en comparaison aux méthodes conventionnelles. Pour le cornouiller du Canada (*Cornus canadensis*), la méthode conventionnelle, soit une application de méthyltribenuron (Spartan), a été comparée à l'arrachage ainsi qu'à l'application du bioherbicide Biolink. Pour la comptonie voyageuse (*Comptonia peregrina*), la méthode conventionnelle, soit une application de dicamba (Engenia), a été comparée à deux méthodes biologiques : l'arrachage et l'effeuillage. Pour ce qui est du kalmia à feuilles étroites (*Kalmia angustifolia*), la méthode conventionnelle, soit une application d'hexazinone (Velpar), a été comparée à l'effeuillage et l'arrachage. Pour chacune des mauvaises herbes, l'effet des différentes méthodes de lutte sur le recouvrement en mauvaises herbes ainsi que sur le recouvrement et le rendement en bleuet est quantifié. La faisabilité économique de ces techniques à grande échelle a également été évaluée.

Les résultats démontrent qu'il est primordial d'acquérir des connaissances supplémentaires sur l'efficacité et la rentabilité des techniques biologiques ou à moindre impact. Des études à plus long terme sur plusieurs cycles de production seront nécessaires. Plusieurs avenues possibles sont suggérées pour réduire l'impact environnemental des producteurs pris avec des problématiques liées à ces trois mauvaises herbes. L'analyse agroéconomique met en évidence l'importance pour les producteurs d'utiliser ces techniques à l'intérieur d'un plan de lutte intégrée.

OBJECTIFS ET APERÇU DE LA MÉTHODOLOGIE

Objectifs

L'objectif de ce projet est d'identifier les meilleures techniques de lutte à moindre impact contre les mauvaises herbes dans le bleuet nain. Spécifiquement, ce projet a pour but de :

1. Identifier les meilleures techniques novatrices pour lutter contre les trois principales mauvaises herbes retrouvées en bleuetière (le cornouiller du Canada, la comptonie voyageuse et le kalmia à feuilles étroites);
2. Quantifier l'effet des différentes méthodes de lutte sur le recouvrement en mauvaises herbes ainsi que sur le recouvrement et le rendement en bleuets;
3. Évaluer la faisabilité économique de ces techniques à grande échelle.

Dispositifs expérimentaux

Pour chaque année d'étude, des parcelles expérimentales ont été implantées dans la bleuétière d'enseignement et de recherche (BER) de Normandin ainsi que dans une autre bleuétière située à Notre-Dame-de-Lorette. Pour chaque mauvaise herbe ciblée, un dispositif en bloc complet de trois répétitions par traitement a été mis en place. Pour le cornouiller, des champs en végétation ont été sélectionnés. Pour la comptonie, l'implantation a eu lieu dans un champ en production. Pour le kalmia, des champs en production ont été utilisés, mais les parcelles traitées à l'hexazinone ainsi que les parcelles témoins ont été fauchées au printemps. Les parcelles d'étude sont de 2m X 4m et sont séparées par une bande tampon de 2m (Figure 1).

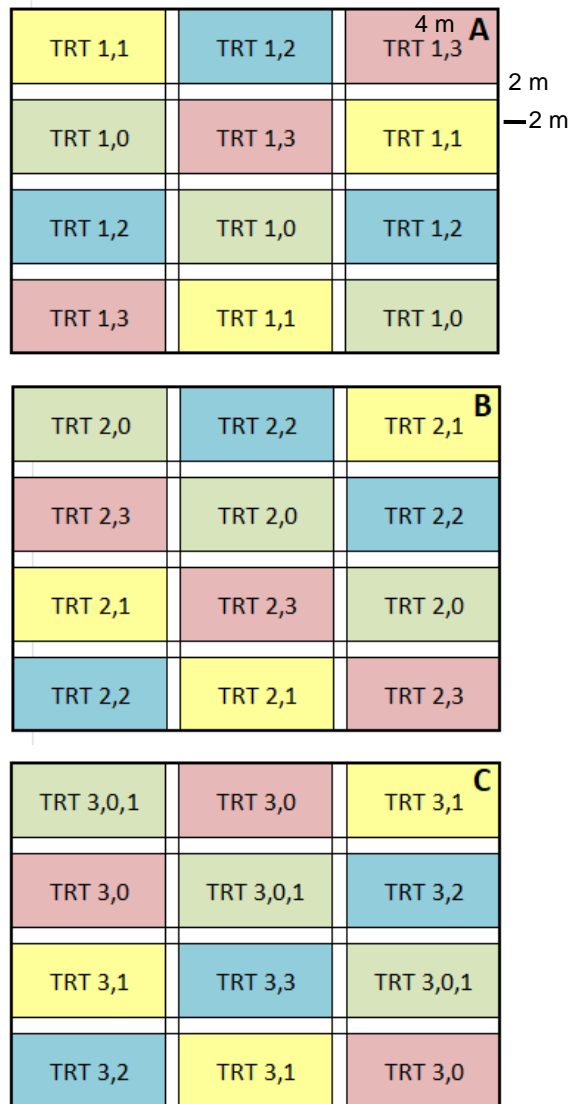


Figure 1. Dispositifs expérimentaux pour A : le cornouiller du Canada (TRT 1,0 à 1,3), B : la comptonie voyageuse (TRT 2,0 à 2,3) et C : le kalmia à feuilles étroites (TRT 3,0 à 3,2).

Récolte des données

Pour les parcelles de cornouiller du Canada, les recouvrements de bleuetiers et de mauvaises herbes ont été évalués initialement avant les traitements puis à plusieurs reprises tout au long de l'été (trois à quatre fois). Les dates exactes sont présentées en annexe (Tableau 4). Enfin, une évaluation des recouvrements et une récolte des parcelles ont été effectuées un an après les traitements afin d'estimer l'effet à plus long terme des traitements ainsi que leur impact sur les rendements (Tableau 4).

En ce qui concerne les parcelles de comptonie voyageuse, les recouvrements de bleuetiers et de mauvaises herbes ont été évalués initialement avant les traitements puis trois fois au courant de la saison. Les dates exactes sont présentées en annexe (Tableau 5). Une récolte a été réalisée en fin de saison et les recouvrements ont été mesurés une dernière fois un an après le traitement (Tableau 5).

Enfin, les recouvrements de bleuetiers et de mauvaises herbes sur les parcelles de kalmia à feuilles étroites ont été évalués initialement puis quatre à cinq fois tout au long de l'été. Les dates exactes sont présentées en annexe (Tableau 6). Un an après le traitement, une dernière prise de mesure a également été effectuée (Tableau 6). Les rendements ont été mesurés en fin de saison de l'année du traitement dans les parcelles en production et en fin de saison de l'année suivant le traitement pour les parcelles en végétation (Tableau 6).

Le recouvrement est évalué par deux observateurs qui subdivisent la parcelle en 4 parties. Dans chaque partie, un pourcentage de recouvrement en mauvaise herbe et en bleuetier est évalué. Les données sont alors compilées afin d'obtenir un pourcentage global des mauvaises herbes et bleuetiers dans chaque parcelle. Les symptômes de phytotoxicité sur les bleuetiers ont également été notés.

Traitements à l'étude

Tout d'abord, la méthode conventionnelle utilisée pour le cornouiller du Canada a été l'application de méthyltribenuron (Spartan) (Tableau 1). Concernant les méthodes de lutte à moindre impact, de précédentes études ont démontré que l'application de paillis n'est pas efficace, puisque le cornouiller apprécie la présence de matière ligneuse (Desjardins 2014). De plus, il a également été prouvé que la fauche et le brûlage stimulent la croissance de nouvelles tiges (Hamilton 2006). Toutefois, l'arrachage manuel ainsi que l'application de Biolink sont deux techniques qui semblaient prometteuses et qui ont donc été testées dans cette étude (Tableau 1). Plus précisément, l'arrachage manuel est une technique de lutte mécanique et le Biolink est un bioherbicide à base d'acide caprylique nouvellement homologué au Canada dans la culture du bleuet nain.

Quant à la comptonie voyageuse, la méthode conventionnelle utilisée a été l'application de dicamba (Engenia) (Tableau 1). Ce traitement a lieu à l'automne. Les mesures ont donc été prises avant le traitement et à nouveau en juillet ainsi qu'à l'automne suivant, un an après le traitement. En ce qui concerne les traitements à moindre impact, il existe très peu de documentation sur les méthodes de lutte mécaniques. De ce fait, l'arrachage manuel ainsi que l'effeuillage, deux méthodes qui permettent d'épuiser les réserves de la plante, ont été testés dans cette étude (Tableau 1) (Bouchard 2020).

Enfin, pour ce qui est du kalmia à feuilles étroites, la méthode conventionnelle utilisée a été l'application d'hexazinone (Velpar) (Tableau 1). Concernant les méthodes de lutte à moindre impact, plusieurs techniques ont été testées dans des études antérieures comme le

changement du pH, l'utilisation d'eau florale ainsi que la fauche au sol, mais aucune ne s'est avérée efficace (Bellemare 2012). Toutefois, la méthode d'effeuillage testée sur la comptonie pourrait fonctionner également sur cette espèce. Celle-ci a donc été retenue dans la présente étude (Tableau 1). Les doses utilisées pour chacun des produits apparaissent au Tableau 2.

Tableau 1 : Traitements testés pour chaque mauvaise herbe et leur date d'application.

Mauvaises herbes	Numéro	Traitements	Champ	Dates d'application
Cornouiller	1,0	Témoin	Végétation	
	1,1	Spartan	Végétation	mi-juin
	1,2	Biolink	Végétation	mi-juin, début juillet
	1,3	Arrachage manuel	Végétation	début juillet
Comptonie	2,0	Témoin	Production	
	2,1	Effeuilage	Production	début juillet
	2,2	Arrachage manuel	Production	début juillet
	2,3	Engenia	Production	mi-octobre
Kalmia	3,0	Témoin végétation	Végétation	
	3,0,1	Témoin production	Production	
	3,1	Velpar	Végétation	début juin
	3,2	Effeuilage	Production	mi-juillet

Tableau 2 : Herbicides utilisés et leur dose selon les recommandations des fabricants.

Traitements	Doses par hectare	Litres d'eau par hectare	IRE	IRS
Spartan	40 g	200 L	11	8
Biolink	6 %	837 L	121	ND
Engenia	5 L	550 L	60	217
Velpar	2,56 kg	200 L	143	105

Pour chaque traitement, les paramètres liés aux coûts des opérations ont été notés afin de permettre une analyse agroéconomique. Il a donc été possible d'évaluer les coûts par hectare des différentes méthodes de lutte en tenant compte des intrants et du salaire des opérateurs. Enfin, une analyse statistique des données a été effectuée à la fin de ce projet afin d'évaluer l'effet des traitements et de les comparer aux méthodes conventionnelles. Une analyse de type ANOVA a permis d'évaluer si les différences entre les traitements et les dates sont significatives (p -value < 0.05).

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS OBTENUS

Cornouiller du Canada

La figure 2 présente les résultats du pourcentage moyen de recouvrement de cornouillers, pour les trois années du projet, à chaque évaluation et selon les différents traitements (Figure 2). Chaque traitement est comparé au témoin. Dans les parcelles témoins, après la fauche printanière, le cornouiller y était présent à la hauteur de 32%. Ce recouvrement double pour atteindre 68% en fin de saison (Figure 2A-B-C). Il est possible de remarquer que cette augmentation est graduelle. Celle-ci provient du fait que le cornouiller produit de jeunes pousses à partir du rhizome pendant une bonne partie de la saison de croissance. L'année suivante, en début de saison, le cornouiller est de retour avec un recouvrement d'environ 37% (Figure 2A-B-C).

Pour l'arrachage manuel, celui-ci a permis d'obtenir un recouvrement en fin de saison de 15% (Figure 2A). Les analyses démontrent une différence significative entre le recouvrement en cornouiller des parcelles traitées et celles témoin (Figure 2A). Les résultats démontrent aussi que l'arrachage manuel est le traitement qui a engendré la plus forte baisse de recouvrement. Cependant, cette méthode est laborieuse et très lente. Il est très ardu d'arracher une mauvaise herbe formant un vaste tapis en sol forestier. Le sol doit être légèrement déplacé pour tenter d'arracher une partie du rhizome du cornouiller. Les ouvriers doivent également éviter d'endommager les parties aériennes ou encore les rhizomes du bleuetier pendant l'opération. Les résultats démontrent qu'un an après le traitement, le cornouiller avait recolonisé la parcelle et le recouvrement était revenu à un taux similaire au témoin. Il est donc évident qu'une plus grande partie du rhizome aurait dû être arrachée afin d'affecter la croissance du cornouiller de façon significative. Cependant, réaliser cette tâche sans endommager également le système racinaire des bleuetiers s'avèrerait difficile et extrêmement coûteux.

Pour ce qui est du traitement au Biolink, celui-ci a été appliqué à deux reprises entre la mi-juin et le début juillet (Figure 2B). Il est possible de remarquer que le recouvrement du cornouiller, dans ces parcelles, atteint 40% en fin de saison comparativement à 68% pour le témoin (Figure 2B). L'analyse statistique a démontré que cette différence est considérable, mais due à une grande variabilité dans les données, elle n'est pas significative. À la suite des traitements, les parties aériennes du cornouiller sont détruites. Cependant, le cornouiller produit graduellement de nouvelles pousses dans la saison de croissance. En conséquence, le recouvrement augmente légèrement jusqu'à la fin de la saison au fur et à mesure que les nouvelles pousses émergent. Un an après le traitement, le recouvrement dépasse la valeur initiale avec plus de 44%, un résultat qui n'est pas significativement différent du témoin (Figure 2B).

En ce qui concerne le traitement conventionnel au Spartan, il est possible d'observer que le recouvrement de cornouiller se maintient autour de 35% (Figure 2C). En fin de saison, la moyenne de recouvrement obtenu est d'environ 33% comparée à 68% pour le témoin (Figure 2C). Le traitement présente une différence significative avec le témoin pendant l'année de végétation. Ces résultats sont conformes à ceux attendus, puisque plusieurs études démontrent déjà l'efficacité du Spartan (Gouvernement du Nouveau-Brunswick 2015). Toutefois, un an après le traitement, l'effet du Spartan semble dissipé et le quatre-temps recolonise les parcelles (Figure 2C).

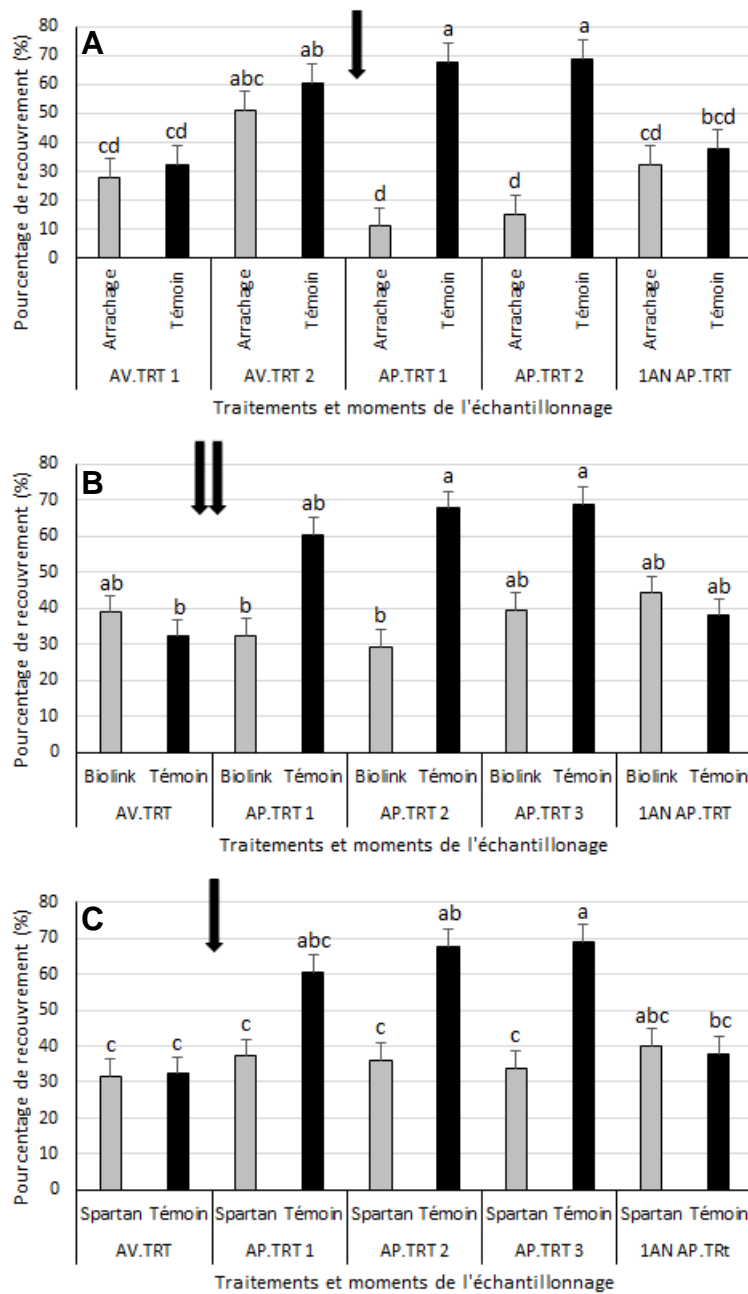


Figure 2. Moyenne du pourcentage de recouvrement de cornouillers du Canada (2020 à 2022) à chaque évaluation selon les différents traitements (A : Arrachage, B : Biolink, C : Spartan) en comparaison avec le témoin. Les flèches noires représentent les traitements. Les barres d'erreur représentent l'erreur standard. Les lettres représentent les différences entre les traitements.

Les résultats de l'étude mettent donc en évidence la forte résilience du cornouiller du Canada face aux différentes méthodes testées. Les résultats démontrent également que les trois traitements n'arrivent pas à affecter le recouvrement à plus long terme. La vaste colonie de cornouillers possède de grandes réserves d'énergie permettant de recoloniser le sol rapidement. Ce phénomène est connu dans la littérature, l'espèce recolonise très promptement les sols forestiers perturbés des bleuetières aménagées à l'aide d'hexazinone (Yarborough et Bhowmik 1993). Les parcelles d'étude étaient recouvertes à presque 70% de cornouiller avant le projet. Une telle présence de la mauvaise herbe nécessitera certainement, pour les 3 méthodes, des traitements successifs afin d'obtenir un effet sur les réserves de la colonie à plus long terme. Les traitements au Spartan et au Biolink utilisés sur plusieurs cycles de production pourraient engendrer à long terme une baisse de recouvrement graduelle du cornouiller en affectant ses réserves. Dans l'objectif d'éviter la résistance ainsi que de réduire l'impact environnemental, une alternance des deux méthodes pourrait être tentée dans les bleuetières conventionnelles aux prises avec une importante problématique de cornouiller du Canada. Une réflexion sur la faisabilité économique des méthodes est présentée dans la section analyse agroéconomique du présent document.

La figure 3 présente les résultats pour le pourcentage moyen de recouvrement du bleuetier pendant les trois années de l'étude, selon les différents traitements, en comparaison avec le témoin (Figure 3A-B-C). Seul le traitement à l'aide du Biolink affecte de façon significative le recouvrement des bleuetiers qui passe de 31% à 13% après les traitements (Figure 3B). Le Biolink est un herbicide non sélectif et à la suite de son application. Une défoliation complète des bleuetiers, qui avaient déjà émergé du sol, a été observée. Le problème étant que la fin de la période d'émergence du cornouiller coïncide avec le début de l'émergence du bleuetier. Le moment d'application exacte est donc une décision qui est issue d'un compromis. Les mesures prises un an plus tard, au moment de la récolte, démontrent que le recouvrement en bleuetier augmente pendant l'année de récolte atteignant plus de 49%. Le témoin obtient en année de récolte un recouvrement moyen de 45%. Il est donc possible d'affirmer que l'effet négatif des traitements de Biolink sur les bleuetiers n'est plus significatif un an plus tard (Figure 3B).

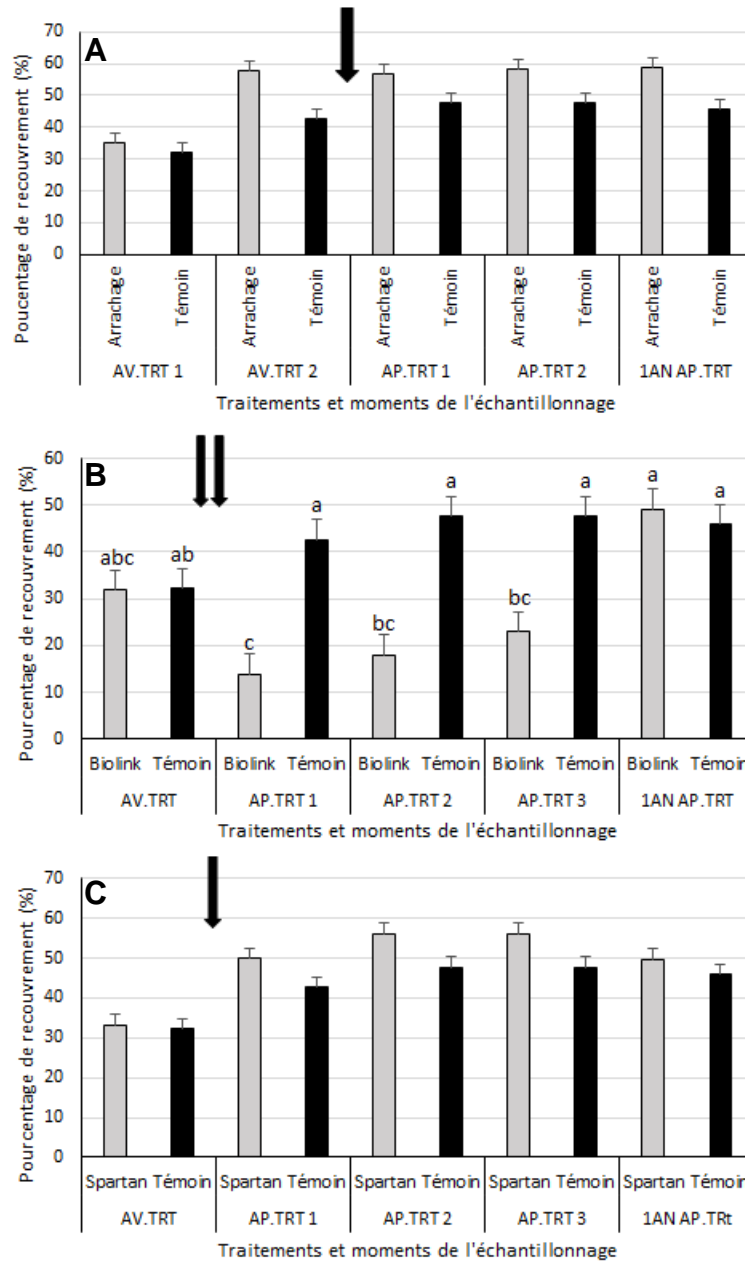


Figure 3. Moyenne du pourcentage de recouvrement des bleuëtiers (2020 à 2022), à chaque évaluation selon les différents traitements (A : Spartan, B : Biolink, C : Arrachage) en comparaison avec le témoin. Les flèches noires représentent les traitements. Les barres d'erreur représentent l'erreur standard. Les lettres représentent les différences entre les traitements.

Comptonie voyageuse

La figure 4 présente les résultats du pourcentage moyen (2020-2022) du recouvrement en comptonie voyageuse à chaque évaluation et selon les différents traitements, en comparaison avec le témoin (Figure 4A-B-C).

Pour la technique d'arrachage manuel, le taux de recouvrement de comptonie est passé de plus de 60% à moins de 2% (Figure 4A). Ce faible recouvrement avait augmenté passant à 20% lors de la visite des sites un an plus tard. La différence du recouvrement de la comptonie entre le traitement d'arrachage et le témoin est significative, même un an plus tard (Figure 4A). Pour la technique d'effeuillage, le pourcentage de mauvaises herbes est passé de plus de 60% avant le traitement à moins de 2% après le traitement (Figure 4B). Tout comme l'arrachage, ce traitement a donc eu un effet significatif sur le recouvrement de la comptonie (Figure 4B). Les tiges restantes laissées sur place après l'effeuillage dessèchent et deviennent friables. Les mesures prises en fin juillet de l'année suivante démontrent que le recouvrement en comptonie augmente l'année suivante passant à une moyenne de 24% (Figure 4B). Cette augmentation est due aux nouvelles pousses formées à la base des plants effeuillés. Dans cette étude, l'effeuillage et l'arrachage ont été réalisés en année de récolte dans de grandes colonies de comptonies où le bleuet y pousse sous couvert. Il s'agit d'un moment propice pour l'arrachage. Sa grande taille (plus de 30 cm) ainsi que sa lignification permettent de l'arracher sans peine, en arrachant bien souvent un morceau du rhizome également. Les résultats de cette étude démontrent que l'année suivante, une nouvelle pousse est formée à partir du rhizome, mais reste au sol sous forme de rosette. Le traitement permet donc de diminuer la compétition exercée sur le bleuetier l'année de végétation suivante. La technique d'effeuillage engendre pratiquement le même résultat, mais les tiges sont laissées sur place. Ce facteur pourrait rendre la récolte plus difficile et engendrer des pertes de rendement.

Pour le traitement conventionnel à l'Engenia, il a été appliqué à l'automne ce qui ne permet pas d'observer un impact l'année de l'application (Figure 4C). Les mesures prises un an plus tard n'ont pas permis de constater un effet du traitement significatif sur le recouvrement en comptonie. Celui-ci avait même augmenté de près de 10% l'année suivante (Figure 4C). L'efficacité des herbicides sur la comptonie est variable dans la littérature (Hall *et al.* 1976, Lapointe et Rochefort 2001, Guide de production du bleuet sauvage 2010). Le Dicamba est homologué dans la culture du bleuet et est reconnu comme étant relativement efficace contre la comptonie (Hall *et al.* 1976., Guide de production du bleuet sauvage 2010). Par contre, les automnes tardifs des dernières années ont raccourci considérablement la période d'application de l'Engenia. L'Engenia doit être appliqué quand la comptonie est encore active afin de bien pénétrer dans la plante, mais après que le bleuetier est défolié à 90% pour éviter les dommages. Lors des applications, le moment phénologique de 90% de défoliation du bleuet était très tardif. À ce moment, il était déjà possible de remarquer des signes de détérioration du feuillage de la comptonie (flétrissement, décoloration). Les résultats obtenus ont donc possiblement été influencés par des applications tardives du produit.

Les limites de l'étude ne permettent pas d'affirmer si les trois techniques testées ont eu un effet dans le temps sur les colonies de comptonies. Dans la littérature, les herbicides ont démontré qu'à l'échelle régionale, ceux-ci ont eu un effet significatif sur les populations de mauvaises herbes dont la comptonie apparaît au 5^e rang de la plus forte présence en bleuetière (Lapointe et Rochefort 2001). L'arrachage et l'effeuillage devront probablement, comme pour les herbicides, être utilisés sur plusieurs cycles de production afin d'être efficaces à long terme en diminuant les réserves de la plante. Les trois traitements n'ont pas augmenté de façon significative le recouvrement en bleuetier, ces résultats sont présentés

en annexe (Figure 8). Il faudrait probablement plusieurs années, avec une compétition ainsi réduite, afin de voir un impact significatif sur celui-ci. Il est normal de ne pas avoir vu de différence significative sur la durée de l'étude, puisque les traitements ont été effectués alors que le bleuet était en phase productive, sa croissance était donc terminée. De plus, une réflexion sur la faisabilité économique des méthodes est présentée dans la section analyse agroéconomique du présent document.

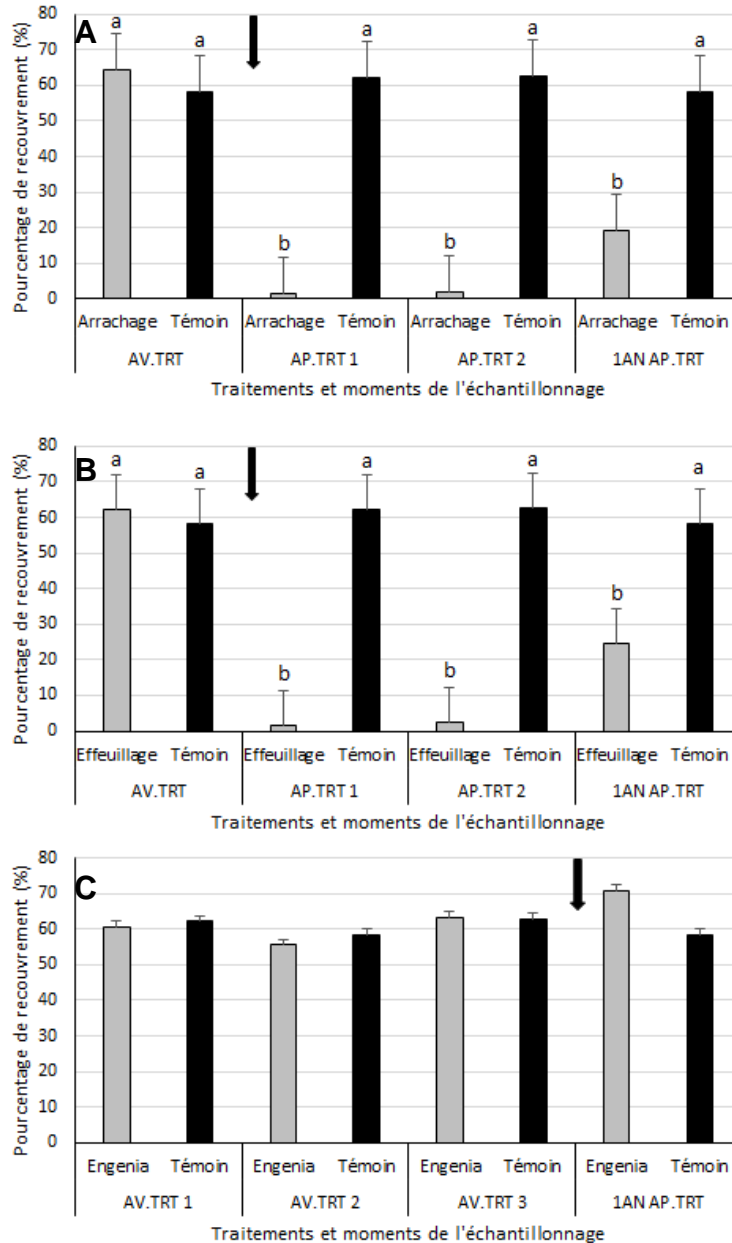


Figure 4. Moyenne (2020-2022) du pourcentage de recouvrement de comptonies voyageuses, à chaque évaluation selon les différents traitements (A : Arrachage, B : Effeuilage, C : Engenia) en comparaison avec le témoin. Les flèches noires représentent les traitements. Les barres d'erreur représentent l'erreur standard. Les lettres représentent les différences entre les traitements.

Kalmia à feuilles étroites

La figure 5 présente les résultats du pourcentage moyen de recouvrement de kalmia à feuilles étroites (2020-2022) à chaque évaluation et selon les différents traitements, en comparaison avec le témoin (Figure 5A-B).

Pour le traitement d'effeuillage, celui-ci a été effectué en juillet de l'année de récolte (Figure 5A). La fauche avait donc eu lieu au printemps de l'année précédente. Un témoin en production (Témoin P) avait été également mis en place dans le dispositif afin de comparer le traitement avec un témoin similaire. Avant le traitement, le recouvrement moyen dans les parcelles d'étude est de 34% et après le traitement il diminue à 3% (Figure 5A). Cette diminution des recouvrements est significative (Figure 5A). Le témoin n'affichait pas cette baisse drastique de recouvrements, il y a donc une différence significative entre les traitements, même un an plus tard (Figure 5A).

Il est possible de remarquer qu'à la suite du traitement de Velpar (Figure 5B), le taux de recouvrement de kalmia a légèrement augmenté au courant de l'été pour dépasser les 13% en fin de saison. Le traitement a été appliqué sur des parcelles en végétation (fauche printanière). Un témoin similaire est inclus dans le dispositif (Témoin V). La visite des parcelles l'année suivante (mi-août) démontre que les recouvrements augmentent dans les parcelles témoin ce qui n'est pas le cas dans les parcelles traitées (Figure 5B). Un an plus tard, l'application d'hexazonine a donc un impact significatif sur le recouvrement en kalmia.

Dans la littérature, le kalmia à feuilles étroites est cité comme la mauvaise herbe la plus présente en bleuetière (Lapointe et Rochefort 2001, Guide de production 2010). De plus, il est souvent mentionné que l'utilisation d'herbicide comme l'hexazinone peut être utilisée afin de lutter contre cette espèce (Lapointe et Rochefort 2001, Guide de production 2010). L'utilisation systématique d'herbicide à grande échelle posant des problèmes environnementaux, des solutions alternatives doivent être mises de l'avant. La technique d'effeuillage testée dans cette étude en est un exemple. Ces techniques doivent être mises en commun et appliquées de façon stratégique, dans un plan de lutte intégrée, afin d'être utilisable de façon réaliste. Une réflexion sur la faisabilité économique des méthodes est présentée dans la section analyse agroéconomique du présent document.

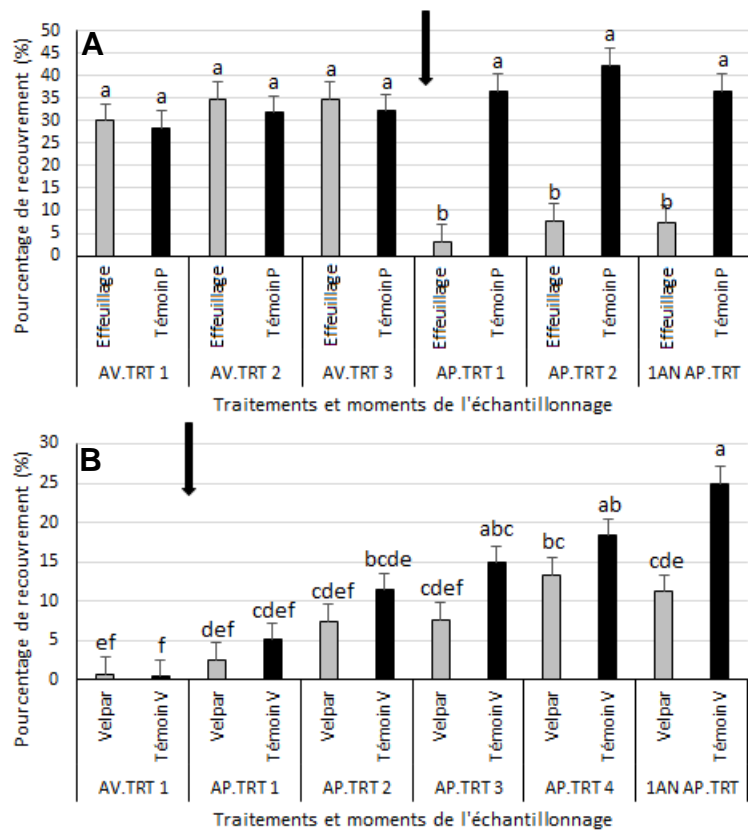


Figure 5. Pourcentage de recouvrement moyen de kalmia à feuilles étroites (2020-2022) à chaque évaluation, selon les différents traitements (A : Effeillage. B : Hexazinone). Les flèches noires représentent les traitements. Les barres d'erreur représentent l'erreur standard. Les lettres représentent les différences entre les traitements.

La figure 6 présente les résultats du pourcentage de recouvrement moyen des bleuetiers (2020-2022) à chaque évaluation, selon les différents traitements (Figure 6A-B). Il est possible de remarquer que le traitement à l'hexazinone ne présente pas de différence significative avec le témoin pour le recouvrement en bleuetiers (Figure 6B). La figure A ne présente pas les différences entre les traitements par dates, car celles-ci ne sont pas significatives (Figure 6A). Cependant, l'analyse de variance a démontré que sur toutes les mesures prises dans la saison, il y a bien une différence significative de recouvrement en bleuetiers entre le traitement et le témoin. Les résultats sont présentés en annexe (Tableau 7). La diminution de la compétition engendrée par le kalmia à feuilles étroites semble donc avoir un impact positif sur la croissance des bleuetiers (Tableau 7).

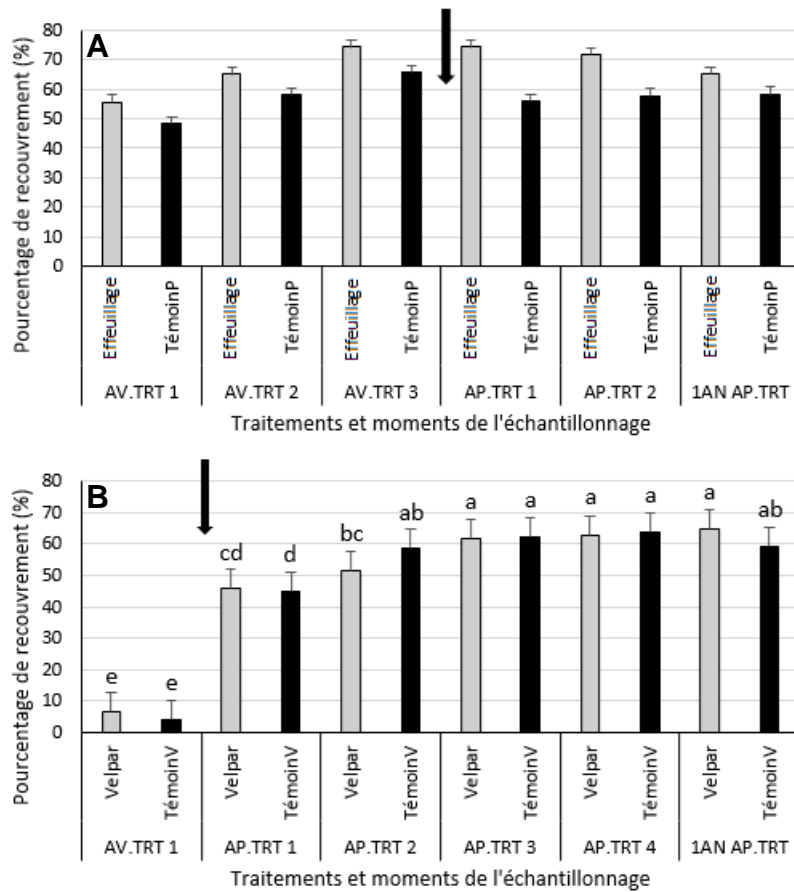


Figure 6. Pourcentage de recouvrement moyen des bleuetiers (2020-2022) à chaque évaluation, selon les différents traitements (A : Effeuilage. B : Hexazinone). Les flèches noires représentent les traitements. Les barres d'erreur représentent l'erreur standard. Les lettres représentent les différences entre les traitements.

Rendements

La figure 7 présente la moyenne des rendements mesurés pour les trois mauvaises herbes à l'étude selon tous les traitements (Figure 7A-B-C). Dans tous les cas, aucune différence significative entre les traitements et les témoins n'a pu être identifiée. La grande variabilité des rendements en fruit entre les clones qui forment les champs des bleuetières est bien connue dans la littérature (Hepler et Yarborough 1991, Boivin *et al.* 2019, Bouchard 2020). Les résultats obtenus dans la présente étude démontrent sans grande surprise ce phénomène (Figure 7A-B-C).

Pour la comptonie voyageuse, le traitement d'effeuillage obtient les meilleurs rendements, suivi du témoin soit 1800 kg/ha et 1400 kg/ha respectivement. L'arrachage étant un traitement similaire à l'effeuillage, un résultat similaire était attendu. Pourtant, les rendements estimés sont plutôt près des valeurs obtenues avec l'herbicide Engenia soit moins de 1000 kg/ha (Figure 7A). La plus grande perturbation du sol et des bleuétiers à la suite de l'arrachage pourrait expliquer cette différence. Malgré un écart dans les résultats entre les rendements de l'arrachage et de l'Engenia comparé à l'effeuillage et le témoin, les différences entre les traitements ne sont pas significatives. La variabilité de production en fruit dans les parcelles rend l'utilisation des données de rendements difficile.

Pour le cornouiller du Canada, les résultats des rendements en fruit démontrent que les rendements sont similaires, autour de 500 kg/ha, sauf pour le traitement au Biolink (Figure 7B). Celui-ci obtient un rendement moyen bien inférieur soit 100 kg/ha (Figure 7B). Malgré cet écart et compte tenu de la grande variabilité dans les rendements mesurés, même cette différence n'est pas significative. Toutefois, l'écart entre le Biolink et les autres traitements est logique, car seul ce traitement a eu un impact significatif sur la croissance des bleuétiers.

Pour le kalmia à feuilles étroites, il est possible de remarquer qu'il n'y a pas de différence significative entre les rendements des parcelles d'effeuillage et d'hexazinone ainsi que leurs témoins respectifs (Figure 7C). Les colonies de clones de bleuétiers qui recouvrent le sol des bleuetières sont composées d'un mélange de deux espèces, *Vaccinium angustifolium* et *Vaccinium myrtilloides*. D'autres sous-espèces apparaissent aussi comme pour le *Vaccinium angustifolium nigrum*. Même au sein de la même espèce, des phénotypes différents peuvent apparaître. Il n'est donc pas surprenant que l'étude des rendements soit complexe et nécessite d'étudier ces données sur une multitude de sites et sur une période couvrant plusieurs cycles de production.

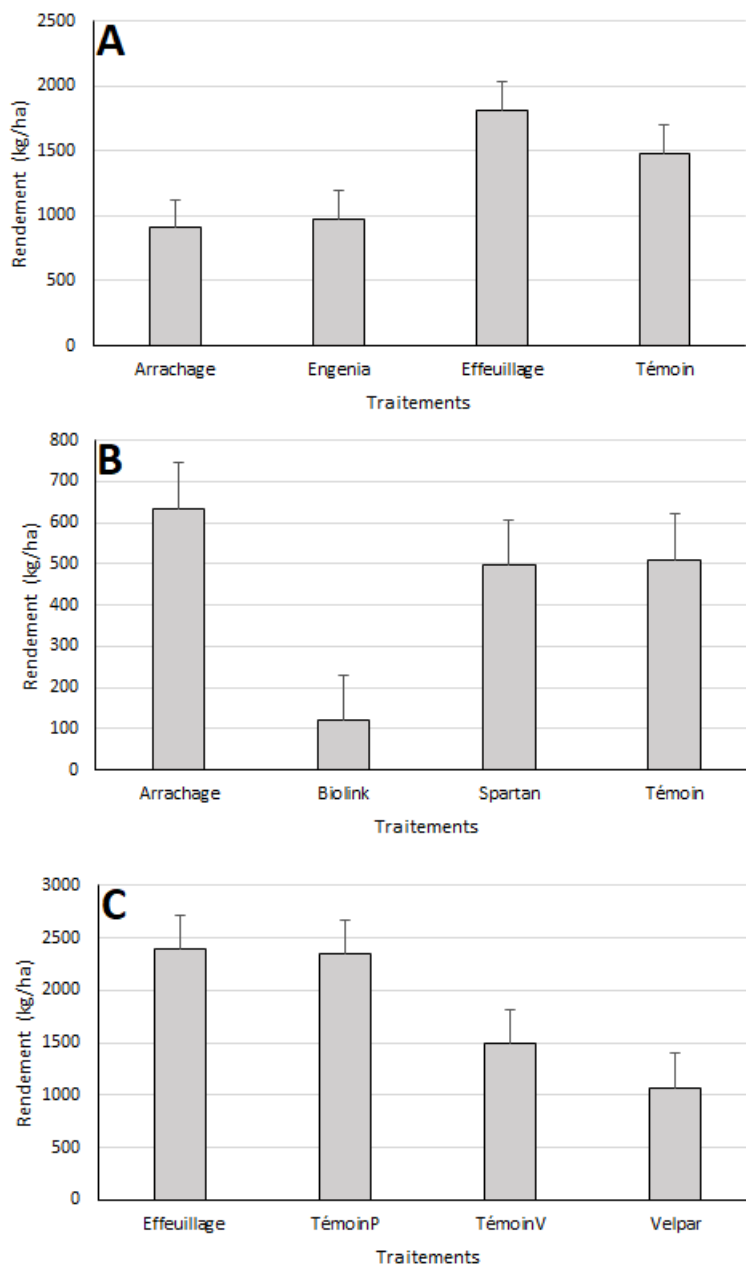


Figure 7. Moyenne des rendements estimée (kg/ha) pour tous les traitements. A : Comptonie voyageuse, B : Cornouiller du Canada, C : Kalmia à feuilles étroites. Les barres d'erreur représentent l'erreur standard. Les différences entre les différents traitements et leurs témoins respectifs ne sont pas significatives.

Analyse agroéconomique

Pour le cornouiller du Canada, la technique biologique est la plus coûteuse de toutes les techniques testées dans ce projet. Environ 50000\$/ha devrait être investi afin d'arracher un tapis de cornouiller recouvrant environ 70% d'un champ (Tableau 3). Ce montant démontre que pour un producteur aux prises avec une importante problématique de cornouiller, l'arrachage systématique de la plante est impensable. Le traitement au Biolink est plus réaliste avec un coût de 1426\$/ha par application (Tableau 3). Deux applications comme dans ce projet amèneraient donc le coût du traitement à environ 3000\$/ha. L'application de Spartan est de loin la moins coûteuse avec 81\$/ha (Tableau 3). Par contre, les résultats de la présente étude démontrent bien l'importance de tester ces techniques à plus long terme afin de valider leurs effets sur les réserves de la plante visée et ultimement sur son recouvrement. De plus, l'usage systématique des herbicides tel que le Spartan doit être évité afin de réduire l'impact environnemental de la culture. Une alternance entre le Spartan et le Biolink sur plusieurs cycles de production pourrait être tentée par les producteurs en régie conventionnelle pour lutter contre le cornouiller du Canada en réduisant leur impact environnemental. Les producteurs biologiques peuvent tenter l'utilisation sur plusieurs cycles de production du Biolink afin d'épuiser les réserves de la plante. Pour l'instant, le succès de cette méthode reste encore à démontrer.

Pour la comptonie voyageuse, les coûts d'arrachage systématique et de l'effeuillage demeurent élevés, 25000\$/ha et 16650\$/ha, respectivement (Tableau 3). Les champs étaient densément recouverts de comptonie, plus de 60% du couvert des parcelles. Cette fois-ci encore, ces techniques semblent difficilement applicables à grande échelle dans les bleuetières biologiques. Cependant, pour des problématiques localisées, la technique pourrait être efficace. Le traitement conventionnel à l'aide d'Engenia est de loin la technique la moins coûteuse avec un coût de 270\$ par hectare (Tableau 3). Les résultats de la présente étude mettent bien en évidence le fait que l'efficacité des traitements d'herbicides contre la comptonie est très variable. De plus, leur utilisation systématique doit être évitée afin de réduire les impacts environnementaux. Il est donc primordial de poursuivre les études sur les traitements biologiques et à moindre impact contre cette espèce en bleuetière. Un exemple d'avenue possible pourrait passer par la valorisation de cette plante, pour laquelle des laboratoires de biochimie commencent à s'intéresser. Cette plante pourrait contenir des composés intéressants pour une foule d'industrie.

Pour le kalmia à feuilles étroites, le traitement d'effeuillage est très coûteux, plus de 37000\$/ha (Tableau 3). Il semble donc évident que cette technique n'est pas envisageable à grande échelle. L'utilisation systématique du Velpar (hexazinone) n'étant plus souhaitée dans les bleuetières, des techniques nouvelles devront être testées. Les deux plantes, le bleuetier et le kalmia à feuilles étroites étant très similaires morphologiquement et phénologiquement, il faut trouver un moyen d'affecter une sans affecter l'autre, ce qui n'est pas aisé. Le traitement au glyphosate à l'automne après la chute des feuilles du bleuetier est déjà utilisé par certains producteurs. Ce produit possède un indice de risque pour l'environnement (IRE) et un indice de risque pour la santé (IRS) plus faible que l'hexazinone. Cet indice est calculé à l'aide d'un outil disponible dans sage pesticide (www.sagepesticides.qc.ca). D'autres méthodes comme l'utilisation de certains bioherbicides pourraient également être tentées.

Tableau 3 : Analyse agroéconomique des techniques testées. Colonne de gauche, le cornouiller du Canada, du milieu, la comptonie voyageuse et colonne de droite le kalmia à feuilles étroites. Valeur de référence : CRAAQ Adgex 740/825 2022.

Arrachage		Cornouiller du Canada	Comptonie Voyageuse	Kalmia
<i>Durée/UTP</i>	(h/UTP)	2	1	
<i>Superficie/UTP</i>	(m ² /UTP)	8	8	
<i>Salaire</i>	(\$/h)	20	20	
<i>Superficie</i>	(ha)	1	1	
Coût	(\$/ha)	50 000	25 000	
Effeillage				
<i>Durée/UTP</i>	(h/UTP)		0,67	1,5
<i>Superficie/UTP</i>	(m ² /UTP)		8	8
<i>Salaire</i>	(\$/h)		20	20
<i>Superficie</i>	(ha)		1	1
Coût	(\$/ha)		16 750	37 500
Engenia				
<i>Concentration</i>	(l/ha)		5	
<i>Coût</i>	(\$/l)		38,57	
<i>Application</i>	(\$/ha)		77	
Coût	(\$/ha)		270	
Spartan				
<i>Concentration</i>	(g/ha)	40		
<i>Coût</i>	(\$/g)	0,110		
<i>Application</i>	(\$/ha)	77		
Coût	(\$/ha)	81,40		
Biolink				
<i>Concentration</i>	(l/ha)	56		
<i>Coût</i>	(\$/l)	24,100		
<i>Application</i>	(\$/ha)	77		
Coût	(\$/ha)	1 426,60		
Velpar				
<i>Concentration</i>	(kg/ha)			2,65
<i>Coût</i>	(\$/kg)			42,54
<i>Application</i>	(\$/ha)			77
Coût	(\$/ha)			190

DIFFUSION DES RÉSULTATS

Tout d'abord, une visite des dispositifs expérimentaux a été effectuée avec un petit comité de producteurs en 2022 afin d'obtenir leurs opinions sur les méthodes testées. Les résultats de cette étude seront présentés lors de l'activité de formation intitulée: Cohorte et diffusion d'informations sur le contrôle des mauvaises herbes en bleuetières biologiques, organisé par le Club Conseil Bleuets en avril 2023. Cette activité réunira les représentants de plus de 15 entreprises. Cette présentation sera enregistrée et mise en ligne afin d'être disponible pour tous les producteurs de bleuets du Québec. Les informations concernant cette présentation seront diffusées sur nos réseaux. De plus, les résultats finaux seront présentés à l'aide d'une fiche ainsi que d'un rapport et mise en ligne sur Agri-réseau. Pour finir, les résultats ont été présentés aux conseillers du Club Conseil Bleuets afin d'orienter leurs recommandations auprès des producteurs pour la réalisation des plans de culture.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE

Plus de 450 producteurs cultivent le bleuet nain au Québec faisant de cette industrie l'une des plus importantes dans la province (gouvernement du Québec 2018). La majorité de ces producteurs sont situés dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean où le Club Conseil Bleuet compte à lui seul plus de 250 clients. La plupart de ces producteurs cultivent le bleuet de façon conventionnelle, mais démontrent un grand intérêt pour les méthodes de lutte à moindre impact contre les mauvaises herbes. Cependant, le manque de connaissance concernant l'efficacité de ces méthodes et les données économiques s'y rattachant accentue leur réticence à les tester. Dans ce projet, plusieurs méthodes de lutte ont été testées contre trois mauvaises herbes importantes dans la production du bleuet nain. Les résultats démontrent qu'il est primordial d'acquérir des connaissances supplémentaires sur l'efficacité et la rentabilité des techniques biologiques ou à moindre impact à plus long terme et sur plusieurs cycles de production. Dans ce rapport, plusieurs avenues possibles sont suggérées pour réduire l'impact environnemental des producteurs pris avec des problématiques liées à ces trois mauvaises herbes. L'analyse agroéconomique met en évidence l'importance pour les producteurs d'utiliser ces techniques à l'intérieur d'un plan de lutte intégrée basée sur l'importance des problématiques et la phénologie des espèces visées.

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Pour obtenir de l'information supplémentaire relativement au projet, veuillez contacter Mme Marie-Eve Moreau, directrice générale du Club Conseil Bleuet.

Marie-Eve Moreau, agr.
Directrice générale
Club Conseil Bleuet
112, avenue de l'Église, suite 202
Dolbeau-Mistassini, Qc G8L 4W4
Téléphone : 418-239-0080 poste 23
marie-eve.moreau@clubbleuet.com

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ce projet a été réalisé dans le cadre du volet 3.1 du programme Prime-Vert, avec une aide financière du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. Merci à M. Jean Lafond pour son aide précieuse. Merci aussi aux employés du Club Conseil Bleuet qui ont collaboré sur le projet. Pour finir, merci aux administrateurs de la Bleuetière d'enseignement et de recherche (BER), la Corporation Aménagement Forestier Normandin (CAFN) ainsi que la Bleuetière Coopérative Notre-Dame-de-Lorette pour leur collaboration.

RÉFÉRENCES

- Agrinova. 2009a. *Évaluation des pratiques ayant le meilleur potentiel de réduction des herbicides dans la production de bleuet nain*. Essai et expérimentation sur la pollinisation et la réduction des herbicides dans la production du bleuet semi-cultivé au Saguenay-Lac-Saint-Jean, Québec, 38 p.
- Agrinova. 2009b. *Réduire l'application des herbicides*. Essai et expérimentation sur la pollinisation et la réduction des herbicides dans la production de bleuet nain au Saguenay-Lac-Saint-Jean, Québec, 50 p.
- Bellemare, M. 2011. *Aménagement d'une bleuetière sans hexazinone – Phase 2 : Développement d'une régie biologique : Lutte contre les mauvaises herbes*. Québec, 38 p.
- Bellemare, M. 2012. *Développement d'une régie biologique de lutte contre les mauvaises herbes dans une bleuetière aménagée sans hexazinone – 2012*. Projet Québec, 66 p.
- Bellemare, M. 2014. *Développement d'une régie biologique de lutte contre les mauvaises herbes dans une bleuetière aménagée sans hexazinone*. Québec. 13 p.
- Bouchard, C. A. D. 2020. *Démonstration de méthodes alternatives à l'hexazinone dans la production de bleuet sauvage*. Québec. 19 p.
- Boivin, C., G. Bourgeois, J. Vallée, P. Deschênes, L. Belzile, P.-O. Martel et D. Bergeron. 2019. *Régie raisonnée de l'eau pour le bleuet nain cultivé dans un contexte de climat variable et en évolution*. Rapport remis au MAPAQ. Projet n° IA115429. IRDA, 201 p.
- Daniels, C. et Fultz, J. 2002. *Fact sheet for vinegar/acetic acid recommendations*. Washington.
- Desjardins, E-C. 2014. *Nouvelles techniques de contrôle écologique des adventices en bleuetières boréales*. Québec, 26 p.
- Frère Marie-Victorin, Bouleau, E. et Brouillet, L. 2002. *Flore laurentienne*. 3e édition. Gaetan Morin éditeur. 1112 p.
- Gouvernement du Nouveau-Brunswick. 2015. *Lutte contre le quatre-temps dans les bleuetières avec l'herbicide SPARTAN^{MD}*. Feuille de renseignements sur le bleuet sauvage C.4.3.0. Ministère de l'Agriculture, de l'Aquaculture et des Pêches. 4 p.
- Gouvernement du Québec. 2018. *Culture du bleuet*. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation Québec.
- Guide de production du bleuet sauvage dans une perspective de développement durable, 2010. Document produit en collaboration par : Agrinova, le Club Conseil Bleuet, le MAPAQ, et le CRAAQ, disponible en ligne <http://perlebleue.ca/regie-de-production/l-amenagement>.
- Hall, Ivan V., Aalders, Lewis E. and Everett, C. Fred., 1976 *The biology of Canadian Weeds* 16. *Comptonia peregrina* (L.) Coult. Can. J. Plant. Sci.56: 147-156.

Hall, I. V., Aalders, L. E., Lockhart, C. L., Jackson, L. P., Wood, G. W. et Delbridge, R. W. 1981. *Lowbush blueberry production*. Agriculture Canada, Ottawa, Ontario. 39 pp.

Hamilton, E. H. 2006. *Vegetation response, fire effects, and tree growth after slashburning in the Engelmann spruce-subalpine fir zone: Goat River Site*. Technical Report No. 037. British-Columbia. 26 p.

Hepler, P. et Yarborough, D., 1991. *Natural variability in yield of lowbush blueberries*. HORT. SCI. 26(3):245-246.

Lapointe, L. and Rochefort, L. 2001. *Weed survey of lowbush blueberry fields in Saguenay-Lac-Saint-Jean, Québec, following eight years of herbicide application*. Can. J. Plant Sci. 81: 471-478.

Vienneau, D. M., Sullivan, C. A., House, S. K. et Stratton, G. W. 2004. *Effects of the herbicide hexazinone on nutrient cycling in a low-pH blueberry soil*. Environmental toxicology. 19:2. 115-122.

Yarborough, D. et Bhowmik, C., 1993. *Lowbush blueberry-bunchberry competition*, J. AMER. SOC. HORT. SCI. 118(1):54-62.

ANNEXE

Tableau 4 : Dates de traitements et de prise de mesures sur les parcelles de cornouiller du Canada

Cornouiller du Canada		
Année 1	16 juin 2020	Prise de mesures + Traitement Spartan et Biolink
	3 juillet 2020	Traitement Biolink
	9 juillet 2020	Prise de mesures + Arrachage
	30 juillet, 14 août et 26 août 2020	Prise de mesures
	23 juin 2021	Prise de mesures 1 an plus tard
	17 août 2021	Rendement
Année 2	17 juin 2021	Prise de mesures + Traitement Spartan et Biolink
	8 juillet 2021	Prise de mesures + Traitement Biolink + Arrachage
	28 juillet et 20 août 2021	Prise de mesures
	7 juin 2022	Prise de mesures 1 an plus tard
	16 août 2022	Rendement
Année 3	2 juin 2022	Prise de mesures + Traitement Spartan et Biolink
	5 juillet 2022	Prise de mesures + Arrachage
	7 juillet 2022	Traitement Biolink
	2 août et 1er septembre 2022	Prise de mesures

**Tableau 5 : Dates de traitements et de prise de mesures sur les parcelles de
comptonie voyageuse**

Comptonie voyageuse		
Année 1	9 juillet 2020	Prise de mesures + Arrachage et effeuillage
	30 juillet et 19 août 2020	Prise de mesures
	3 septembre 2020	Prise de mesures + Rendement
	14 octobre 2020	Traitement Engenia
	22 juillet 2021	Prise de mesures 1 an plus tard
Année 2	13 juillet 2021	Prise de mesures + Arrachage et effeuillage
	28 juillet et 15 septembre 2021	Prise de mesures
	16 août 2021	Prise de mesures + Rendement
	28 octobre 2021	Traitement Engenia
	20 juillet 2022	Prise de mesures 1 an plus tard
Année 3	20 juillet 2022	Prise de mesures + Arrachage et effeuillage
	16 août 2022	Prise de mesures + Rendement
	7 septembre et 6 octobre 2022	Prise de mesures

Tableau 6 : Dates de traitements et de prise de mesures sur les parcelles de kalmia à feuilles étroites

Kalmia à feuilles étroites		
Année 1	3 juin 2020	Prise de mesures + Velpar
	25 juin 2020	Prise de mesures
	16 juillet 2020	Prise de mesures + Effeillage
	30 juillet et 14 août 2020	Prise de mesures
	26 août 2020	Prise de mesures + Rendement
	23 juin 2021	Prise de mesures 1 an plus tard
	16 août 2021	Rendement
Année 2	9 juin 2021	Prise de mesures + Velpar
	30 juin 2021	Prise de mesures
	13 juillet 2021	Prise de mesures + Effeillage
	28 juillet 2021	Prise de mesures
	16 août 2021	Prise de mesures + Rendement
	16 août 2022	Prise de mesures 1 an plus tard + Rendement
Année 3	2 juin 2022	Prise de mesures + Velpar
	21 juin 2022	Prise de mesures
	7 juillet 2022	Prise de mesures + Effeillage
	2 août 2022	Prise de mesures
	16 août 2022	Rendement
	1er septembre 2022	Prise de mesures

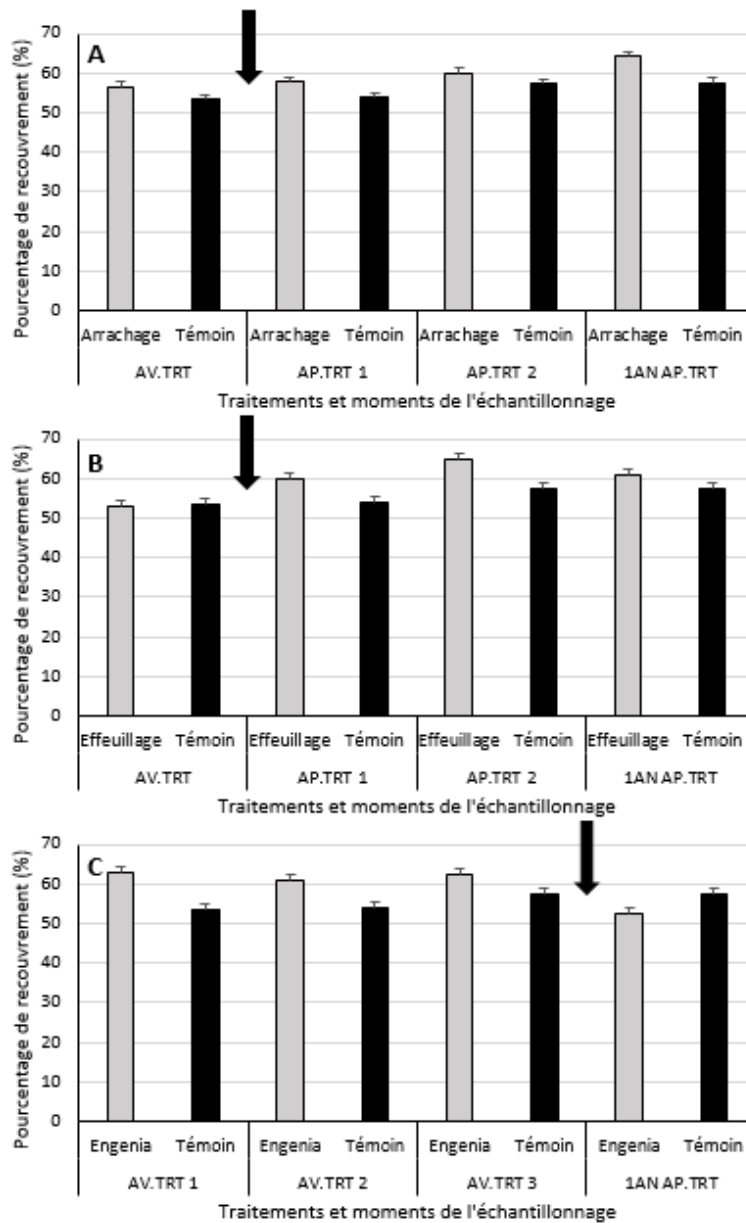


Figure 8. Moyenne (2020-2022) du pourcentage de recouvrement de bleuëtiers, à chaque évaluation selon les différents traitements (A : Arrachage, B : Effeillage, C : Engenia) en comparaison avec le témoin. Les flèches noires représentent les traitements. Les barres d'erreur représentent l'erreur standard. Les lettres représentent les différences entre les traitements.

Tableau 7 : Résultats du test de comparaison (Test post-hoc de Tukey) concernant l'effet de l'effeuillage du kalmia à feuilles étroites sur le recouvrement en bleuetiers.

Traitements	Recouvrement en bleuetiers moyen	p-value
Effeillage	69.3	
Témoin	59.2	
Effeillage - Témoin		<0.0001