

Essai et expérimentation sur la pollinisation
et la réduction des herbicides dans la production
du bleuet nain au Saguenay–Lac-Saint-Jean

Objectif B : Réduire l'application des herbicides

**Volet 3 : Évaluation de divers moyens
de lutte biologique**

Rapport final

Réalisé par
Agrinova

Présenté au
Syndicat des producteurs de bleuets du Québec

Janvier 2009



Réalisé par Agrinova

Coordination

Sophie Gagnon, agr.
Chargée de projet

Réalisation, recherche et rédaction

Sophie Gagnon, agr.
Frédéric Côté, tech.
Hélène Brassard, agr., M.Sc.
Virginie Laberge, biol.
Antoine Bédard, agr.
Anne Guilbert, ing., M.Sc.

Analyses statistiques

Régis Pilote, agr., biol., M.Sc.

Révision linguistique

Édith Paradis, adjointe à la direction générale
Mélanie Gagné, technicienne en bureautique

Remerciements

Nous tenons à remercier les producteurs qui ont offert leur généreuse collaboration aux essais de moyens de lutte biologique, soit M. Robert Allard de la Bleuetière coopérative de Saint-Méthode et M. Alain Boisvert de la Bleuetière Boisvert et filles inc. en 2007, MM. Paul-Eugène Grenon et Gilles Sasseville en 2006, ainsi que MM. Gérald Girard et Victor Boulianne et la MRC de Lac-Saint-Jean-Est en 2005.

Également, nous tenons à remercier M^{me} Danielle Bernier, spécialiste en malherbologie au MAPAQ, qui a accepté d'agir à titre de conseillère scientifique pour ce volet.



Ce projet a été réalisé grâce à la participation financière de :



Et avec la collaboration des partenaires suivants :





TABLE DES MATIÈRES

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCTION | 7 |
| 2. OBJECTIF GÉNÉRAL | 7 |
| 2.1. Objectifs spécifiques..... | 7 |
| 3. ÉCHÉANCIER | 8 |
| 3.1. Revue de la littérature..... | 8 |
| 3.2. Étapes préliminaires aux essais | 9 |
| 3.3. Essais préliminaires 2005..... | 9 |
| 3.4. Essais comparatifs exhaustifs de 2006 et 2007 | 9 |
| 3.5. Suivi des essais..... | 9 |
| 3.6. Compilation des résultats et statistiques | 10 |
| 3.7. Interprétation des résultats et rédaction des rapports | 10 |
| 3.8. Diffusion..... | 10 |
| 4. MÉTHODOLOGIE | 10 |
| 4.1. Espèce de mauvaises herbes..... | 10 |
| 4.2. Méthode d'application des produits | 11 |
| 4.2.1. Application par injection..... | 11 |
| 4.2.2. Application par humectation | 14 |
| 4.2.3. Application par pulvérisation..... | 15 |
| 4.3. Produits..... | 15 |
| 4.3.1. Vinaigre blanc..... | 16 |
| 4.3.2. Écoclear..... | 16 |
| 4.3.3. TopGun® | 17 |
| 4.4. Période d'intervention (stade des mauvaises herbes)..... | 17 |
| 4.5. Taux d'humidité du sol..... | 18 |
| 4.6. Nombre d'applications | 18 |
| 4.7. Délai de sécurité avant la récolte..... | 18 |
| 5. RÉSULTATS | 18 |
| 5.1. Efficacité relative des trois produits | 20 |
| 5.1.1. Vinaigre 12 % par injection | 20 |
| 5.1.2. Écoclear 25 % par injection | 21 |
| 5.1.3. TopGun® 6 % par pulvérisation..... | 23 |
| 5.1.4. Traitement témoin (herbicide)..... | 23 |
| 5.2. Efficacité des produits selon l'espèce de mauvaises herbes..... | 25 |
| 5.2.1. Comptonie voyageuse (<i>Comptonia peregrina</i> Coulter.) | 25 |
| 5.2.2. Dierville chèvrefeuille (<i>Diervilla lonicera</i> Mill.)..... | 26 |
| 5.2.3. Kalmia à feuilles étroites (<i>Kalmia angustifolia</i> L.) | 26 |
| 5.2.4. Fougères (<i>Pteridium aquilinum</i>)..... | 26 |
| 5.2.5. Graminées <i>sp.</i> | 26 |
| 5.2.6. Épilobe à feuilles étroites (<i>Épilobium angustifolium</i> L.) | 27 |
| 5.2.7. Herbe à quatre-temps - Cornouiller du Canada (<i>Cornus canadensis</i> L.) | 27 |
| 5.3. Phytotoxicité et pH du sol | 27 |



| | | |
|------------------|--|-----------|
| 5.3.1. | Effet des produits sur le pH du sol..... | 27 |
| 5.3.2. | Phytotoxicité des produits sur le bleuetier | 28 |
| 5.4. | Coût des produits utilisés lorsque appliqués par injection | 31 |
| 6. | ANALYSE DES RÉSULTATS | 32 |
| 6.1. | Paramètres influençant l'efficacité des produits sur le contrôle des mauvaises herbes..... | 34 |
| 6.1.1. | Mécanisme d'action des produits et concentrations utilisées | 34 |
| 6.1.2. | Méthode d'application des produits | 34 |
| 6.1.3. | Période d'intervention (stade des mauvaises herbes) et nombre d'applications..... | 35 |
| 6.1.4. | Taux d'humidité du sol..... | 36 |
| 6.2. | Paramètres influençant la phytotoxicité des produits sur le bleuetier | 36 |
| 6.2.1. | Concentration des produits utilisées et dose | 36 |
| 6.2.2. | Méthode d'application des produits | 37 |
| 6.2.3. | Période d'intervention (stade des mauvaises herbes) et nombre d'applications..... | 38 |
| 6.2.4. | Fertilisation | 39 |
| 6.3. | Faisabilité technique et coût d'utilisation | 39 |
| 6.3.1. | Coût d'utilisation | 39 |
| 6.3.2. | Homologation..... | 41 |
| 6.3.3. | Risque environnemental | 42 |
| 7. | CONCLUSION | 43 |
| 8. | SYNTHÈSE DES CONSTATS ET RECOMMANDATIONS..... | 44 |
| 9. | RÉFÉRENCES..... | 46 |
| Annexe 1. | Résultats de 2007 | 48 |

LISTE DES TABLEAUX

| | | |
|------------|---|----|
| Tableau 1. | Échéancier de réalisation des essais de moyen de lutte biologique | 8 |
| Tableau 2. | Traitements mis à l'essai et constats pour les essais 2007..... | 19 |
| Tableau 3. | Synthèse des résultats d'efficacité par espèce de mauvaises herbes | 25 |
| Tableau 4. | Synthèse des résultats de phytotoxicité sur le bleuetier des produits mis à l'essai, dans les parcelles de chaque mauvaise herbe..... | 31 |
| Tableau 5. | Comparaison du coût des produits pour un îlot de mauvaise herbe (53m ²)..... | 32 |
| Tableau 6. | Tableau récapitulatif des résultats en comparant les produits alternatifs aux herbicides | 33 |

LISTE DES FIGURES

| | | |
|-----------|--|----|
| Figure 1. | Dispositif à injection (CETAQ, 2003) – Gauche..... | 11 |
| Figure 2. | Sorties de jet à l'extrémité de la pointe – Droite | 11 |
| Figure 3. | Système d'application par injection pour un grand volume de produit | 12 |
| Figure 4. | Système d'application par injection modifié pour appliquer un petit volume de produit..... | 13 |
| Figure 5. | Injection localisée d'une talle de graminée | 14 |



| | | |
|------------|--|----|
| Figure 6. | Application par humectation à l'aide du bâton humecteur | 14 |
| Figure 7. | Application par pulvérisation à l'aide d'un pulvérisateur manuel | 15 |
| Figure 8. | Efficacité du traitement au vinaigre 12 % appliqué par injection sur l'épilobe | 20 |
| Figure 9. | Efficacité du traitement au vinaigre 12 % appliqué par injection sur le dierville | 20 |
| Figure 10. | Traitement au vinaigre 12 % appliqué par injection : répression des graminées, mais présence de repousses..... | 21 |
| Figure 11. | Efficacité de l'Écoclear 25 % appliqué par injection sur le dierville et la comptonie | 22 |
| Figure 12. | Efficacité de l'Écoclear 25 % appliqué par injection sur l'épilobe | 22 |
| Figure 13. | Repousse du quatre-temps deux mois après l'application printanière de TopGun® par pulvérisation | 23 |
| Figure 14. | Inefficacité de l'herbicide Velpar sur le dierville (gauche) et la comptonie (droite). | 24 |
| Figure 15. | Effet répressif du Spartan sur le quatre-temps | 24 |
| Figure 16. | Exemple de phytotoxicité sur le bleuetier du vinaigre 12 % appliqué par injection pour traiter les graminées | 28 |
| Figure 17. | Exemple de phytotoxicité sur le bleuetier de l'Écoclear 25 % appliqué par injection pour traiter le kalmia..... | 29 |
| Figure 18. | Exemple de phytotoxicité du Velpar pulvérisé au printemps sur le bleuetier..... | 30 |
| Figure 19. | Rayon d'action du vinaigre autour d'un plan d'épilobe, éloigné des plants de bleuets..... | 38 |
| Figure 20. | Système d'application par injection pour petite surface..... | 40 |
| Figure 21. | Systèmes d'injection en rampe, pour application en grande surface dans les atocatières..... | 41 |



1. INTRODUCTION

Le présent document fait référence à l'objectif B du projet *Essais et expérimentation sur la pollinisation et la réduction des herbicides dans la production du bleuet nain au Saguenay–Lac-Saint-Jean*. Cet objectif porte sur la réduction de l'application des herbicides en production du bleuet nain, dont le volet 3 prévoyait l'évaluation expérimentale de trois méthodes de lutte alternatives à l'utilisation de l'hexazinone pour contrôler les mauvaises herbes dans les bleuetières.

La demande croissante des consommateurs pour les aliments biologiques et la conscientisation environnementale grandissante poussent de plus en plus d'entreprises à vouloir cultiver le bleuet nain de façon biologique. Outre le désherbage mécanique, il existe pour l'instant très peu de moyens connus et documentés d'effectuer un contrôle des mauvaises herbes.

En s'inspirant de ce modèle, en 2005, des essais préliminaires de moyens de lutte alternatifs ont donc été mis de l'avant dans le bleuet semi-cultivé. Dans le cadre de la première saison, des essais préliminaires avec le vinaigre ont été réalisés. Puis, en 2006, des essais exhaustifs ont débuté avec le vinaigre, l'Écoclear et le TopGun[®], un produit à base d'acides gras. La période d'application, la concentration optimale, la méthode d'application et l'effet comparatif sur les différentes espèces de mauvaises herbes ont été les principaux paramètres étudiés.

Le présent rapport vise à faire une synthèse des résultats et une analyse de ceux-ci, afin de déterminer le potentiel d'utilisation des moyens de lutte alternatifs mis à l'essai.

2. OBJECTIF GÉNÉRAL

L'objectif B de ce projet vise la réduction de l'application des herbicides en production du bleuet nain. L'objectif de ce volet (volet 3), quant à lui, est d'évaluer divers moyens de lutte pour le contrôle des mauvaises herbes dans la production du bleuet nain.

2.1. Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques détaillés ont été fixés à chaque année, selon l'avancement des essais et les résultats préliminaires obtenus. Globalement, les objectifs spécifiques de ce volet sont les suivants :

- Comparer l'efficacité de trois moyens de lutte biologique (vinaigre blanc, Écoclear et TopGun[®]) sur des mauvaises herbes ciblées, avec témoins herbicides;
- Évaluer l'efficacité de ces moyens de lutte à différentes périodes d'application;
- Déterminer la concentration des produits et le nombre d'applications requis;
- Évaluer les méthodes d'application par injection et par pulvérisation foliaire;
- Vérifier l'effet des traitements sur les mauvaises herbes et le pH du sol à moyen terme;
- Mesurer l'effet des différents traitements sur les plants de bleuets.



3. ÉCHÉANCIER

L'échéancier initial établi pour le volet d'essais de moyens de lutte biologique prévoyait débiter à l'été 2005 et finir à l'automne 2007. Les travaux se sont déroulés conformément à cet échéancier. Le tableau 1 présente l'échéancier détaillé des étapes réalisées. Celles-ci sont détaillées dans les sections qui suivent.

Tableau 1. Échéancier de réalisation des essais de moyen de lutte biologique

| Étape | 2005 | | 2006 | | | | 2007 | | | | 2008 | | | |
|--|------|---------|-------|-----------|-----|---------|-------|-----------|-----|---------|-------|-----------|-----|---------|
| | Été | Automne | Hiver | Printemps | Été | Automne | Hiver | Printemps | Été | Automne | Hiver | Printemps | Été | Automne |
| Revue de la littérature | | | | | | | | | | | | | | |
| Étapes préliminaires aux essais | | | | | | | | | | | | | | |
| Essais préliminaires | | | | | | | | | | | | | | |
| Essais comparatifs exhaustifs | | | | | | | | | | | | | | |
| Suivi des essais | | | | | | | | | | | | | | |
| Compilation des résultats et statistiques | | | | | | | | | | | | | | |
| Interprétation des résultats et rédaction des rapports | | | | | | | | | | | | | | |
| Rédaction et présentation des rapports | | | | | | | | | | | | | | |
| Diffusion | | | | | | | | | | | | | | |

3.1. Revue de la littérature

Afin de synthétiser toute l'information disponible concernant l'utilisation du vinaigre comme moyen alternatif de lutte aux mauvaises herbes et de s'assurer de la pertinence de le mettre à l'essai comme premier moyen de lutte, Agrinova a réalisé, au printemps 2005, un document intitulé *État de la situation* (référence n° 5). Celui-ci regroupe l'information sur la nature du produit, son risque environnemental, ses possibilités d'homologation pour usage agricole, d'accréditation ou de certification biologique. De plus, différentes études menées sur le vinaigre utilisé en agriculture ont permis de recueillir des données sur la pertinence de poursuivre des travaux de recherche appliquée sur l'utilisation du vinaigre pour contrôler les mauvaises herbes dans les bleuétières.



Des références, à la fin du rapport, présentent les documents qui ont été utilisés pour déterminer les deux autres moyens de lutte mis à l'essai.

3.2. Étapes préliminaires aux essais

À chaque année d'expérimentation (2005 à 2007), les travaux suivants ont été réalisés préalablement aux essais :

- Élaboration ou mise à jour du protocole expérimental (rapports 2005 et 2006);
- Sélection des espèces de mauvaises herbes à traiter;
- Installation du dispositif expérimental;
- Inventaire initial des mauvaises herbes et des plants de bleuets à l'intérieur du dispositif.

À chaque année, les protocoles ont été validés par M^{me} Danielle Bernier, malherbologiste au MAPAQ et conseillère scientifique de ce volet expérimental.

3.3. Essais préliminaires 2005

Les essais préliminaires de 2005 ont été réalisés en juillet et en août, sur la bleuetière de la Corporation d'aménagement forêt Normandin (CAFN), à la Bleuetière Senneville de Sainte-Marguerite et sur un site sous couvert forestier de la MRC de Lac-Saint-Jean-Est, prêté pour cette expérimentation. Ces essais ont permis d'évaluer le potentiel de la méthode d'application par injection ainsi que par humectation et de déterminer les paramètres qui allaient servir de base aux essais comparatifs exhaustifs de 2006 et 2007.

3.4. Essais comparatifs exhaustifs de 2006 et 2007

Les essais de 2006 ont été menés à la Bleuetière Fruits Bleus de Falardeau, à la bleuetière de M. Gilles Sasseville à Dolbeau-Mistassini et sur une superficie prêtée par la MRC de Lac-Saint-Jean-Est, dans la municipalité de Labrecque.

Les essais de 2007 ont été menés à la Bleuetière coopérative de Saint-Méthode ainsi qu'à la Bleuetière Boisvert et filles inc.

Comme les essais préliminaires ne laissaient entrevoir aucun potentiel pour les applications d'automne, les essais de 2006 et de 2007 ont été réalisés au printemps et en été.

3.5. Suivi des essais

Tous les essais ont fait l'objet d'un suivi à court terme (deux semaines après l'application du produit) et à moyen terme (deux mois après l'application). Les observations, qualitatives en 2005 puis quantitatives en 2006 et 2007, ont été notées lors des visites. La méthodologie utilisée à chaque année est décrite dans les protocoles correspondants.



3.6. Compilation des résultats et statistiques

Les données ont été saisies dans un fichier Excel, tout au long du projet, et ont été analysées statistiquement à chaque automne à l'aide du logiciel Sigma Stat[®]. Les analyses statistiques ont été réalisées par M. Régis Pilote, agr., biol., M.Sc., chargé de projet chez Agrinova.

3.7. Interprétation des résultats et rédaction des rapports

L'interprétation des résultats a été faite à chaque année suite aux analyses statistiques et a été présentée dans les rapports d'étape précédents (rapports 2005 et 2006).

3.8. Diffusion

Les objectifs de ce volet expérimental du projet *Essai et expérimentation* ont été présentés lors d'une conférence donnée à la journée d'information sur le bleuet nain, tenue à Saint-Félicien, en mars 2005. De plus, une conférence présentant les résultats préliminaires a été donnée lors des journées Horticoles de Saint-Rémi, en Montérégie, en 2005. D'autres activités de diffusion sont prévues au cours de l'année 2008.

4. MÉTHODOLOGIE

Les protocoles expérimentaux ont été présentés et décrits dans les rapports d'étape de 2005 et de 2006. Les principaux paramètres considérés dans ces essais sont résumés dans cette section. Il est important de noter que ces paramètres ont été déterminés à partir des éléments de la littérature et des essais préliminaires de 2005.

4.1. Espèce de mauvaises herbes

La sélection des mauvaises herbes a été faite en considérant leur importance dans la culture du bleuet nain et la difficulté de contrôle avec les moyens actuellement disponibles. De plus, comme l'objectif final de ce projet est de réduire l'utilisation de l'hexazinone, les mauvaises herbes ciblées sont principalement celles qui, en théorie, répondent à un traitement à l'hexazinone. Le quatre-temps quant à lui a été sélectionné même s'il n'est pas ciblé par l'hexazinone, parce qu'il constitue une problématique importante dans les bleuetières. Les mauvaises herbes sélectionnées sont :

- Comptonie voyageuse (*Comptonia peregrina* Coulter.)
- Dierville chèvrefeuille (*Diervilla lonicera* Mill.)
- Herbe à quatre-temps - Cornouiller du Canada (*Cornus canadensis* L.)
- Kalmia à feuilles étroites (*Kalmia angustifolia* L.)
- Fougères (*Pteridium aquilinum*)
- Graminées *sp.*
- Épilobe à feuilles étroites (*Épilobium angustifolium* L.)
- Apocyn à feuilles d'Androsème (*Apocynum androsaemifolium* L.)



4.2. Méthode d'application des produits

Trois méthodes d'application ont été comparées, soit l'injection, l'humectation et la pulvérisation. Ces méthodes sont décrites dans la présente section.

4.2.1. Application par injection

Dans le cadre de ce projet, les traitements ont été faits avec un dispositif à injection spécifiquement conçu pour cet usage (figure 1).

Le dispositif à injection comprend une tige en acier inoxydable de diamètre extérieur de 3/8", de diamètre intérieur de 7/32" et de longueur de 34". L'extrémité se termine en pointe. Celle-ci est interchangeable et peut donc être remplacée lorsqu'elle est trop usée. Elle est munie de deux orifices permettant la libération du liquide. Ces deux sorties de jets ont un diamètre de 1/16" et se situent en position opposée à 3/4" de l'extrémité de la pointe (figure 2). La tige d'injection est liée à la manette d'opération « discharge valve » par un boyau transparent de plastique de 1/4" de diamètre intérieur. Des joints d'étanchéité sont utilisés pour relier chacun des éléments. Cette méthode est inspirée de l'équipement utilisé dans la production de canneberges.



Figure 1. Dispositif à injection (CETAQ, 2003) (Gauche)

Figure 2. Sorties de jet à l'extrémité de la pointe (Droite)

Deux types de réservoir ont été utilisés avec cet injecteur. Dans un premier temps, un système permettant un plus grand volume d'application à l'aide d'une pompe a été utilisé (figure 3). Le type de pompe recommandé pour cet usage est en plastique et conçue pour des applications localisées de pesticides, donc résistante à la corrosion et montée avec un moteur de 12 V en courant continu. De plus, le système utilisé est muni d'un réservoir d'entreposage de pesticides



blanc et opaque, déposé sur une plate-forme mobile. Il est aussi possible d'adapter le système à une rampe d'épandage standard, afin de permettre à plusieurs personnes de travailler de façon simultanée, comme dans la production de canneberges biologiques.



Figure 3. Système d'application par injection pour un grand volume de produit

Les essais préliminaires de 2005 ont permis de constater que la direction des jets était un facteur pouvant grandement influencer l'efficacité des applications de vinaigre et risquait d'avoir un effet sur les plants de bleuets situés autour de la zone d'injection. De plus, dans le cadre d'essais expérimentaux, aucun facteur tel que l'orientation des jets ne doit être une source de variabilité entre les traitements. En 2006, le dispositif d'injection a donc été modifié, afin de ne garder qu'un seul jet au lieu de deux, de manière à s'assurer que le produit soit injecté dans la direction voulue.



De plus, en 2006, pour faciliter le déplacement de l'équipement dans de petites parcelles expérimentales, un système d'application pour de plus petits volumes a été conçu. Il s'agit d'un réservoir dorsal muni d'une pompe portative (figure 4).

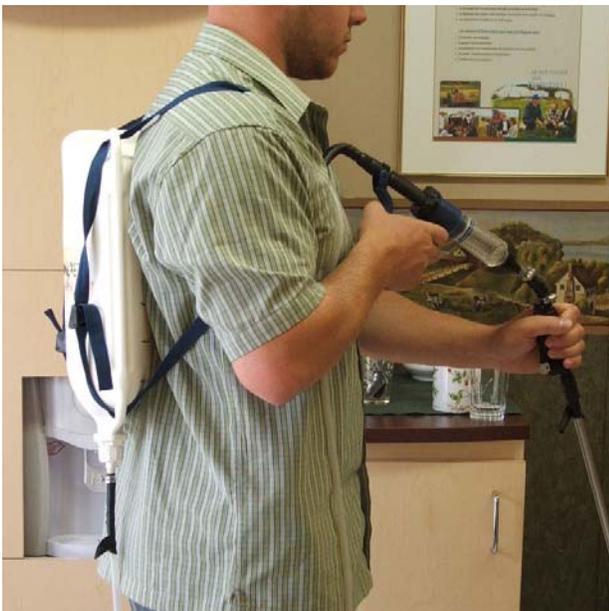


Figure 4. Système d'application par injection modifié pour appliquer un petit volume de produit



L'applicateur a été calibré afin d'injecter une quantité d'environ 35 à 40 ml par application, et ce, à 45 lbs/pi² de pression (240 à 275 kPa). Chaque injection était localisée tout près du collet des mauvaises herbes, à 6,5 cm de profondeur dans le sol, afin d'atteindre la zone racinaire. L'application a été effectuée plant par plant (ou talle par talle) (figure 5).



Figure 5. Injection localisée d'une talle de graminée

4.2.2. Application par humectation

Dans la culture du bleuets nain, les mauvaises herbes dont le feuillage dépasse en hauteur celui du plant de bleuets sont usuellement traitées à l'aide d'un humecteur, imprégné de l'herbicide glyphosate. L'humecteur peut être porté par un tracteur (super éponge) ou il peut s'agir d'un bâton humecteur manuel couramment appelé « hockey » (figure 6). Il est composé d'une éponge surmontée d'un réservoir rempli de produit herbicide. Cet équipement a été utilisé dans le cadre de cet essai pour tester les trois produits appliqués par humectation.



Figure 6. Application par humectation à l'aide du bâton humecteur



Cette méthode a été utilisée seulement lors des essais préliminaires de 2005 et n'a pas démontré de résultats concluants.

4.2.3. Application par pulvérisation

Les applications par pulvérisation ont, quant à elles, été réalisées à l'aide de pulvérisateurs manuels, étant donné la petite superficie des parcelles (figure 7).



Figure 7. Application par pulvérisation à l'aide d'un pulvérisateur manuel

La pulvérisation a été mise à l'essai sur toutes les espèces de mauvaises herbes dans le cadre des essais préliminaires. Puis, seule la pulvérisation foliaire printanière pour le quatre-temps a été retenue pour la poursuite des essais en 2006 et 2007.

4.3. Produits

Trois produits ont été testés dans le cadre de ce projet, et ce, à différentes concentrations :

- Vinaigre blanc 6 et 12 %
- Écoclear 6, 12 et 25 %
- TopGun® 3 et 6 %

Les herbicides témoins employés pour comparer l'efficacité de ces produits sont ceux couramment utilisés pour le traitement des mauvaises herbes ciblées, soit l'hexazinone sous forme liquide ou Velpar, et le Spartan (pour le quatre-temps). Les herbicides ont été utilisés aux doses recommandées par les fournisseurs.



4.3.1. Vinaigre blanc

Le vinaigre blanc pur, vinaigre de table ou acide acétique (CH_3COOH), a été utilisé dans le cadre des essais comparatifs. Le produit commercial possède une concentration de 5 % pour la vente au détail, tandis que le produit est concentré à 12 % pour la vente en gros. Ce produit est disponible en grande quantité chez *Les Aliments Reinhart Itée*.

L'action herbicide de l'acide acétique cause la dissolution rapide de la membrane cellulaire, ce qui se traduit par le fanage des tissus et, conséquemment, la mort du plant. Le vinaigre agit comme un herbicide de contact, il n'y a donc pas de translocation dans la plante. Il doit être appliqué de façon localisée. Actuellement, au Canada et aux États-Unis, aucun produit à base d'acide acétique n'est homologué pour usage agricole, bien que des études sur l'usage agricole du vinaigre pour certaines cultures aient été réalisées (références n^{os} 7, 9, 11, 12 et 14).

Pour les essais comparatifs de 2006 et 2007, deux concentrations de vinaigre ont été testées, soit 6 et 12 %. De plus, la méthode d'application privilégiée, suite aux résultats préliminaires de 2005, est celle par injection. Deux injections d'une quantité d'environ 40 ml par talle ont été faites avec l'applicateur modifié.

4.3.2. Écoclear

Écoclear est un herbicide de contact qui est utilisé pour le contrôle non sélectif des mauvaises herbes à feuilles larges et des graminées. Il est présentement homologué pour usage domestique et commercial, en pulvérisation foliaire pour les endroits non cultivés et les sites industriels. Celui-ci est formulé avec des acides organiques retrouvés dans le vinaigre et le jus de citron et contient 25 % d'acide acétique (250 g/l). Il est fabriqué par la compagnie Écoval inc. Le Club environnemental et technique Atocas Québec (CETAQ) est en processus d'évaluation de ce produit pour en vérifier le potentiel d'utilisation dans la culture de la canneberge biologique.

Selon l'étiquette du produit, Écoclear doit être appliqué par pulvérisation foliaire et est voué à un usage non agricole. La dose recommandée pour le contrôle des mauvaises herbes vivaces est de 1 L de produit pour 2,25 L d'eau, pour l'Écoclear concentré à 25 %. Selon la densité du feuillage, entre 750 à 1 250 litres sont nécessaires pour couvrir un hectare. Suite aux essais préliminaires de 2005, la méthode d'application privilégiée est celle par injection, pour limiter les dommages aux plants de bleuets. D'ailleurs, l'étiquette du produit indique que l'application en jets localisés donne de meilleurs résultats.

Tout comme pour le vinaigre blanc, deux injections d'une quantité d'environ 40 ml par talle ont été faites avec l'applicateur modifié. Deux concentrations d'Écoclear ont été testées, soit 12 % (dilué) et 25 %.



4.3.3. TopGun®

TopGun® est un herbicide de contact non sélectif d'origine naturelle. Il se retrouve sous forme de solution émulsionnable à base d'acides gras végétaux et d'huile de coton. L'ingrédient actif du produit est un mélange d'acides gras concentré à 3 % (TopGun® RTU avec 33 g d'acides organiques/L). Également, il existe une formule concentrée à 6 % (TopGun® avec 164 g d'acides organiques/L). Le TopGun® est présentement homologué en pulvérisation foliaire pour usage domestique dans le contrôle non sélectif des mauvaises herbes à feuilles larges et les graminées dans les potagers, les chemins et les allées ainsi que dans les bordures de terrain. Le TopGun®, appliqué en pulvérisation foliaire, a déjà fait l'objet d'une étude dans les framboisières. Les résultats ont démontré l'action très rapide de ce produit pour détruire les jeunes tiges comparativement à deux herbicides homologués pour cette culture. La dose recommandée est de 170 ml de TopGun® 6 % par litre d'eau pour couvrir 10 m².

Il faut éviter de pulvériser le produit sur les cultures ou les plantes à protéger. De ce fait, pour lutter de façon sélective contre les plantes vivaces, il est recommandé d'utiliser un capot pour éviter que les plantes non ciblées soient en contact avec le TopGun® et qu'elles soient endommagées ou, à la limite, affectées au point d'en mourir.

Lorsqu'appliqué en pulvérisation foliaire, les cellules des feuilles des mauvaises herbes se décomposent sous l'effet du produit. Il dissout les membranes cellulaires des feuilles et, ainsi, les feuilles se dessèchent. Les racines ne semblent pas atteintes par le produit, mais la sève qui remonte dans la tige va disparaître aussitôt que les feuilles seront desséchées. Par conséquent, les racines s'épuisent et meurent. L'effet le plus rapide est atteint par temps chaud et ensoleillé. Après application, le produit est entièrement décomposé en quelques jours.

Tout comme pour le vinaigre et l'Écoclear, deux injections d'une quantité d'environ 40 ml par talle ont été faites avec l'applicateur modifié. Deux concentrations de TopGun® ont été étudiées, soit 3 et 6 %. La pulvérisation a été réalisée selon la dose recommandée.

4.4. Période d'intervention (stade des mauvaises herbes)

Deux périodes d'application ont été mises à l'essai, soit au printemps et à l'été. Les applications automnales avaient été éliminées suite aux essais préliminaires non concluants de 2005.

Les applications de printemps ont eu lieu en mai de l'année de végétation, alors que les végétaux étaient au stade de plantule. En effet, les mauvaises herbes sont plus vulnérables à cette période, et donc plus réceptives. De plus, c'est à cette période que le bleuetier est moins sensible aux dommages de bourgeons créés par les déplacements dans le champ.

Des essais d'été ont ensuite été réalisés au mois de juillet de l'année de végétation, alors que les végétaux sont matures, pour vérifier si cela permettrait d'éviter une application à deux ou trois reprises. En effet, plusieurs espèces de mauvaises herbes ont une longue période d'émergence, ce qui empêche de contrôler tous les plants lors d'une injection printanière.



Dans la production de canneberges, la période d'intervention recommandée est de la mi-mai à la mi-juin, soit au stade d'élongation des bourgeons, juste avant la période de floraison du plant. De plus, le stade d'intervention recommandé pour le traitement des mauvaises herbes est au stade de talles ou de regroupement de tiges de 7 cm de diamètre ou moins, idéalement, avant que les plants soient au stade d'épiaison.

4.5. Taux d'humidité du sol

Les conditions d'application en sol sec ont été évitées. Celles-ci augmentent les risques de phytotoxicité et les conditions pluvieuses augmentent les risques de lessivage du produit. Les données météorologiques quotidiennes d'Environnement Canada ont été utilisées en référence. Les applications ont été réalisées lorsque le sol était d'une humidité moyenne (environ 40 %), tel que recommandé. Cependant, il est à noter que le traitement du quatre-temps, de la comptonie, du dierville et des graminées a dû être réalisé dans des conditions sèches, avec un taux d'humidité de moins de 30 % en 2007.

Les recommandations faites pour la canneberge prescrivent une humidité de sol idéale entre 40 et 70 % pour les produits à base de vinaigre, ainsi que l'ajustement de la dose à la baisse dans des conditions sèches. Pour le TopGun[®], il a été mentionné précédemment que celui-ci est plus efficace dans des conditions sèches.

4.6. Nombre d'applications

Une seule application a été réalisée, au printemps ou en été. Une deuxième injection serait très difficilement envisageable pour les producteurs de bleuets, étant donné l'ampleur de la tâche en raison des grandes superficies des bleuetières. De plus, il est préférable de diminuer la fréquence des déplacements dans le champ lorsque le plant de bleuets est en développement et en floraison.

Dans la production de canneberges, une seule application de vinaigre par saison est recommandée (Drolet, I., 2007). Normalement, cela est suffisant lorsque les conditions de traitements sont optimales (dose, quantité, période d'application et qualité de l'application). Par contre, il est possible qu'une deuxième injection soit nécessaire sur des mauvaises herbes ayant un plus grand diamètre ou étant plus matures. Toutefois, les champs de canneberges ont une superficie inférieure à la plupart des bleuetières.

4.7. Délai de sécurité avant la récolte

Comme la récolte du bleuet se fait à l'année suivant les traitements, le problème de délai avant la récolte ne se pose pas.

5. RÉSULTATS

Rappelons que les résultats des essais préliminaires de 2005 ont permis d'élaborer le protocole des essais exhaustifs de 2006 et 2007. Ensuite, les essais de 2006 ont permis d'émettre



certain constats très clairs, permettant de conserver seulement les traitements les plus prometteurs pour la dernière année d'essais, en 2007. Les constats de 2006 étaient les suivants :

- L'application par humectation n'a été efficace pour aucune espèce;
- Le TopGun® n'a pas été efficace par injection, peu importe la période;
- L'application par injection a été la plus efficace au printemps (des dommages très importants au bleuetier ont été constatés lors des applications d'été);
- L'application par pulvérisation a créé d'importants dommages au bleuetier, peu importe la période;
- Les produits à base de vinaigre démontrent une meilleure efficacité à une concentration de 12 % qu'à une concentration de 6 %.

Les essais de 2007 ont été concentrés sur les traitements ayant clairement démontré un potentiel d'utilisation pour les mauvaises herbes d'importance ciblées à l'année 2005 (listées au point 4.1.1). L'ensemble des constats de 2005 et 2006, pour chaque traitement, est présenté au tableau 2.

Tableau 2. Traitements mis à l'essai et constats pour les essais 2007

| Produit | Concentration | Méthode d'application | Constat de 2005 et 2006 | 2007 |
|-----------------------|---------------|-----------------------|---|------|
| Vinaigre | 6 % | Pulvérisation | Non concluant/éliminé en 2006 | |
| | | Injection | Non concluant/éliminé en 2006 | |
| | 12 % | Pulvérisation | Non concluant/éliminé en 2006 | |
| | | Injection | Conservé/poursuite des essais | √ |
| Écoclear | 6 % | Pulvérisation | Non concluant/éliminé en 2006 | |
| | | Injection | Non concluant/éliminé en 2006 | |
| | 12 % | Pulvérisation | Non concluant/éliminé en 2006 | |
| | | Injection | Non concluant/éliminé en 2006 | |
| | 25 % | Pulvérisation | Non concluant/éliminé en 2006 | |
| | | Injection | Conservé / poursuite des essais | √ |
| TopGun® | 3 % | Pulvérisation | Non concluant/éliminé en 2006 | |
| | | Injection | Non concluant/éliminé en 2006 | |
| | 6 % | Pulvérisation | Non concluant/éliminé en 2006 | |
| | | Pulvérisation | Conservé/poursuite des essais pour le quatre-temps | √ |
| Tous | | Humectation | Non concluant/éliminé en 2005 | |
| Spartan | Témoin | Pulvérisation | Conservé/poursuite des essais | √ |
| Velpar (quatre-temps) | Témoin | Pulvérisation | Conservé/poursuite des essais | √ |



Les résultats spécifiques de l'année 2007 sont présentés à l'annexe 1. Les données des années 2005 et 2006 avaient été présentées dans les rapports préliminaires annuels.

Les sous-sections qui suivent présentent les résultats de l'ensemble du projet, c'est-à-dire l'efficacité des produits alternatifs mis à l'essai au cours de ces trois années, leur phytotoxicité et l'effet sur le pH du sol, ainsi que leur coût d'utilisation.

5.1. Efficacité relative des trois produits

5.1.1. Vinaigre 12 % par injection

Le vinaigre a été efficace pour le contrôle de l'épilobe (diminution moyenne de 63 % de la mauvaise herbe dans la parcelle traitée), du dierville (100 %) et du kalmia (100 %), tel qu'illustré à la figure 8. En effet, le vinaigre 12 % a démontré de façon significative une efficacité plus grande que l'herbicide hexazinone pour le contrôle du dierville (figure 9), et similaire à l'hexazinone pour le contrôle de l'épilobe et du kalmia.

Cependant, la comptonie a été peu affectée par le vinaigre (maintien de la population après deux mois). Pour sa part, le quatre-temps n'a pas été affecté par le vinaigre (grande augmentation de la population après deux mois). La fougère a été partiellement affectée (diminution de 15 % de la population).



Figure 8. Efficacité du traitement au vinaigre 12 % appliqué par injection sur l'épilobe

Figure 9. Efficacité du traitement au vinaigre 12 % appliqué par injection sur le dierville

L'effet sur les graminées (figure 10) a été moyen. En effet, même si l'on remarque l'absence de repousses pour les plants traités, il y a une repousse importante de talles de graminées dans les parcelles, totalisant une diminution d'environ 25 % de la population globale de graminées dans la parcelle après deux mois.

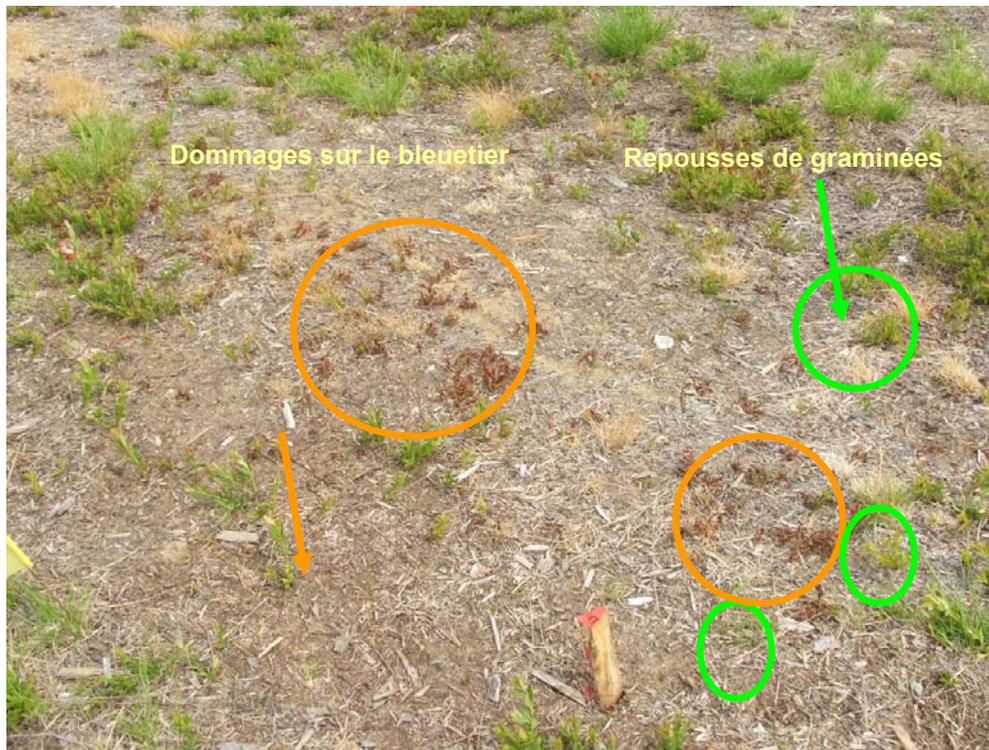


Figure 10. Traitement au vinaigre 12 % appliqué par injection : répression des graminées, mais présence de repousses

5.1.2. *Écoclear 25 % par injection*

L'Écoclear a eu un effet répressif significatif sur la comptonie (diminution moyenne de 100 % de la mauvaise herbe dans la parcelle traitée), l'épilobe (63 %), le dierville (100 %) et le kalmia (100 %) comme le démontrent les figures 11 et 12. Le contrôle a été plus efficace que l'herbicide hexazinone pour la comptonie et le dierville et similaire sur l'épilobe et le kalmia.

Comparativement au vinaigre 12 %, l'Écoclear a agit exactement de la même façon pour le contrôle des mauvaises herbes. La seule différence apparaît au niveau du contrôle de la comptonie, qui a été moyen avec le vinaigre, mais concluant avec l'Écoclear 25 %.



Figure 11. Efficacité de l'Écoclear 25 % appliqué par injection sur le dierville et la comptonie



Figure 12. Efficacité de l'Écoclear 25 % appliqué par injection sur l'épilobe

De la même façon que le vinaigre 12 %, l'effet de l'Écoclear 25 % sur les graminées est moyen, en raison de la repousse d'autres plants après deux mois, résultant en un maintien de la population globale de graminées dans la parcelle.



Le traitement du quatre-temps à l'Écoclear ne s'est pas avéré efficace au cours des trois années d'essai, tandis qu'il a été partiellement efficace pour les fougères (diminution moyenne de 40 % de la mauvaise herbe dans la parcelle traitée). De plus, bien qu'une répression du quatre-temps et des fougères ait été observée deux semaines après le traitement à l'Écoclear, le suivi après deux mois permettait de constater une repousse importante de ces mauvaises herbes.

5.1.3. TopGun® 6 % par pulvérisation

Comme prévu au protocole, le TopGun® a été utilisé en pulvérisation printanière pour le contrôle du quatre-temps, à un stade d'ouverture des feuilles à 45 degrés et quand le bleuetier était très peu émergé. Ce stade de développement est aussi privilégié lors de l'application de certains herbicides conventionnels, étant donné que le plant est très réceptif à cette période, contrairement au bleuetier qui est peu émergé.

Le TopGun® n'a démontré aucun effet répressif significatif sur le quatre-temps (augmentation importante de la population), deux mois suivant l'application (figure 13), et ce, même s'il semblait y avoir un effet après deux semaines.



Figure 13. Repousse du quatre-temps deux mois après l'application printanière de TopGun® par pulvérisation

5.1.4. Traitement témoin (herbicide)

A. Velpar

Le Velpar a été utilisé comme herbicide à titre comparatif dans les parcelles. Toutefois, le Spartan a été utilisé dans celles du quatre-temps. Bien que le Velpar soit habituellement utilisé pour le traitement de toutes les mauvaises herbes ciblées, il ne s'est pas montré efficace sur toutes celles-ci.



Le Velpar a été efficace pour le contrôle de l'épilobe (diminution moyenne de 63 % de la mauvaise herbe dans la parcelle traitée), des graminées (100 %), de la fougère (66 %) et du kalmia (100 %). Toutefois, il n'a été nullement efficace pour contrôler le dierville et partiellement efficace pour la comptonie (maintien de la population), comme le démontre la figure 14.



Figure 14. Inefficacité de l'herbicide Velpar sur le dierville (gauche) et la comptonie (droite)

B. Spartan

L'herbicide Spartan a été le traitement comparatif utilisé pour le quatre-temps et a démontré un effet répressif significatif sur cette mauvaise herbe (diminution de 100 % après deux mois), comme le démontre la figure 15.



Figure 15. Effet répressif du Spartan sur le quatre-temps



5.2. Efficacité des produits selon l'espèce de mauvaises herbes

Le tableau 3 présente une synthèse des résultats d'efficacité selon l'espèce de mauvaises herbes traitée.

Tableau 3. Synthèse des résultats d'efficacité par espèce de mauvaises herbes

| Méthode | Traitement | Quatre-temps | Graminées | Comptonie | Épilobe | Dierville | Fougère | Kalmia |
|---------------|---------------------|--------------|-----------|-----------|---------|-----------|---------|--------|
| Injection | Vinaigre blanc 12 % | | | | | | | |
| Injection | Écoclear 25 % | | | | | | | |
| Pulvérisation | TopGun 6 % | | | | | | | |
| Pulvérisation | Velpar | | | | | | | |
| Pulvérisation | Spartan | | | | | | | |

Légende :



Contrôle de 51 à 100 % de l'espèce traitée



Contrôle de 1 à 50 % de l'espèce traitée



Contrôle de 0 % ou augmentation de l'espèce traitée



Aucun résultat ou aucun essai réalisé

5.2.1. Comptonie voyageuse (*Comptonia peregrina* Coulter.)

La comptonie est une espèce pour laquelle le contrôle est très difficile en bleuétière. En effet, comme le reflète les résultats de cette expérimentation, même le Velpar, qui est l'herbicide utilisé pour son contrôle, arrive mal à la contrôler.

Un seul produit s'est montré efficace pour le contrôle de la comptonie et il s'agit de l'Écoclear. Cependant, les risques de phytotoxicité sont présents et le contrôle des paramètres d'application, tels que l'humidité du sol, la période d'intervention et la précision des jets sont très importants. Ces paramètres sont détaillés dans la section 6.



5.2.2. Dierville chèvrefeuille (*Diervilla lonicera* Mill.)

Le dierville est également une espèce pour laquelle le contrôle est très difficile en bleuetière. En effet, comme le reflètent les résultats de cette expérimentation, même le Velpar, qui est l'herbicide conventionnel utilisé, n'arrive pas à le contrôler.

Toutefois, on remarque que les produits alternatifs à base de vinaigre que nous avons mis à l'essai, c'est-à-dire l'Écoclear et le vinaigre, sont efficaces pour son contrôle. Cependant, comme c'est le cas pour la comptonie, les risques de phytotoxicité pour le bleuetier sont présents dans les parcelles de dierville.

5.2.3. *Kalmia* à feuilles étroites (*Kalmia angustifolia* L.)

Le kalmia est une mauvaise herbe de première importance dans les bleuetières. Des alternatives à l'hexazinone pour son contrôle seraient bienvenues, puisque le kalmia est la principale mauvaise herbe présente lors de l'aménagement d'une bleuetière. Le kalmia fait l'objet de traitements à l'hexazinone, particulièrement lors de cette période.

Le kalmia a été contrôlé par les deux produits à base de vinaigre mis à l'essai (Écoclear et vinaigre), de façon similaire à l'hexazinone.

Cependant, des effets phytotoxiques très importants sur le bleuetier ont été observés dans les parcelles de kalmia pour l'Écoclear et le vinaigre, comme pour l'herbicide hexazinone.

5.2.4. Fougères (*Pteridium aquilinum*)

La fougère n'a pas bien répondu aux traitements alternatifs mis à l'essai au printemps, mais a bien répondu au traitement d'hexazinone. En 2006, lors de l'application en juillet, le traitement alternatif au vinaigre 12 % avait démontré une bonne réponse. Le taux d'humidité du sol lors de l'application ainsi que la période d'application peuvent être à l'origine des différences de résultats entre 2006 et 2007.

Pour ce qui est de la phytotoxicité des produits à base de vinaigre (Écoclear et vinaigre blanc) elle a été moindre dans les parcelles de fougère.

Une repousse de la fougère, dans les zones traitées au printemps 2007, a été observée pendant l'été 2007.

5.2.5. Graminées *sp.*

Au moment où les graminées ont été traitées, les talles n'étaient pas encore verdies. L'application a donc été réalisée sur les talles jaunes des années passées et le traitement a bien fonctionné, ce qui signifie que le produit a affecté directement la zone racinaire.



Cependant, plusieurs autres talles se sont développées par la suite, ce qui signifie que les applications ont peut-être été faites trop tôt pour cette espèce de mauvaise herbe.

5.2.6. *Épilobe à feuilles étroites (Épilobium angustifolium L.)*

L'épilobe a été bien contrôlé par le vinaigre blanc, l'Écoclear et le témoin herbicide Velpar. Bien que les applications aient été faites à une période d'application et à un taux d'humidité de sol idéaux, la toxicité du vinaigre sur le bleuetier a été très importante, alors qu'elle a été moindre pour l'Écoclear.

5.2.7. *Herbe à quatre-temps - Cornouiller du Canada (Cornus canadensis L.)*

Le quatre-temps est différent des autres mauvaises herbes mises à l'essai, puisque celui-ci n'est pas visé par l'hexazinone. Il a toutefois été ciblé dans le cadre de cet essai, car il représente une problématique en raison du peu de moyen pour le contrôler et son importance dans les bleuetières de la région. Le Spartan, nouvel herbicide utilisé pour son contrôle, a été utilisé comme témoin.

Comme cette mauvaise herbe se présente sous l'aspect d'un « tapis » qui couvre le sol, l'application de produits par injection s'est avérée inefficace au cours des essais. La dernière année d'expérimentation a donc porté uniquement sur la pulvérisation de produits. Ainsi, le TopGun[®], un produit qui s'applique par pulvérisateur, a été mis à l'essai.

Ces essais de pulvérisation devaient être menés tôt en saison, soit avant la levée du bleuetier, pour diminuer au minimum la phytotoxicité sur celui-ci, mais assez tard pour que le quatre-temps soit levé (le stade de 45° a été ciblé). Cependant, lorsque le quatre-temps a atteint le stade visé, le bleuet avait déjà émergé du sol d'environ deux centimètres. Il n'est donc pas surprenant de constater une phytotoxicité importante des plants de bleuets pour les traitements à base de vinaigre (vinaigre et Écoclear). Le TopGun[®], quant à lui, n'a créé aucune phytotoxicité au plant de bleuets, mais ne s'est pas révélé efficace pour le contrôle de la mauvaise herbe.

Aucun des produits alternatifs mis à l'essai n'a démontré d'efficacité pour le contrôle du quatre-temps. Seul l'herbicide témoin, le Spartan, s'est montré efficace.

5.3. Phytotoxicité et pH du sol

5.3.1. *Effet des produits sur le pH du sol*

L'acidification du pH du sol, pouvant être causée par les produits mis à l'essai, a été vérifiée lors des essais de 2006 et de 2007. Le sol n'a pas démontré de variation de pH attribuable aux traitements. En effet, le pH initial était équivalent ou plus bas (plus acide) que le pH prélevé trois semaines après le traitement. Cela signifie que, bien qu'on aurait pu s'attendre à une acidification du sol par les produits et particulièrement ceux à base d'acide acétique (vinaigre et Écoclear), cette acidification a été très brève ou nulle.



5.3.2. Phytotoxicité des produits sur le bleuetier

Des dommages aux plants de bleuets ont été observés de façon variable, selon le traitement et la méthode d'application. Tous les éléments qui influencent la phytotoxicité des produits seront détaillés à la section 6.

A. Vinaigre 12 % par injection

Une phytotoxicité importante sur le plant de bleuets a été observée dans les quadrats d'essai de vinaigre 12 % par injection, tel qu'illustré aux figures 9 et 16. Les dommages ont été moindres dans les parcelles de traitement de la fougère.



Figure 16. Exemple de phytotoxicité sur le bleuetier du vinaigre 12 % appliqué par injection pour traiter les graminées

B. Écoclear 25 % par injection

On a observé des effets de phytotoxicité importants de l'Écoclear sur le plant de bleuets (figure 17). Dans l'ensemble, la phytotoxicité sur les plants de bleuets a été encore plus importante avec l'Écoclear par injection qu'avec le vinaigre par injection. On a également observé une phytotoxicité, mais moindre, dans les parcelles de traitement de fougère et d'épilobe.



Figure 17. Exemple de phytotoxicité sur le bleuetier de l'Écoclear 25 % appliqué par injection pour traiter le kalmia

C. TopGun® 6 % par pulvérisation

Comme prévu au protocole, le TopGun® a été utilisé en pulvérisation printanière pour le contrôle du quatre-temps, alors que le bleuetier avait émergé d'environ deux centimètres du sol. Le TopGun® n'a démontré aucun effet significatif de phytotoxicité sur le bleuetier.

D. Traitement témoin – Herbicides

Des dommages causés par l'herbicide Velpar (témoin) ont été observés sur le plant de bleuets lors de ces essais. Cette phytotoxicité peut être attribuable à la difficulté de calibration du pulvérisateur manuel, étant donné que les quantités de produit étaient minimales, et ce, en raison de la grandeur des parcelles. Aussi, dans le cas du kalmia, l'herbicide a été appliqué tardivement, ce qui a créé des dommages importants au bleuetier (figure 18).



Figure 18. Exemple de phytotoxicité du Velpar pulvérisé au printemps sur le bleuetier

Une certaine phytotoxicité a été observée sur les plants de bleuets traités à l'herbicide témoin Spartan. Cet effet phytotoxique est connu et, habituellement, il est conseillé de fertiliser pour contrer cet effet. La période d'application est également importante.

E. Synthèse des résultats de phytotoxicité des produits

Le tableau 4 présente une synthèse des résultats de phytotoxicité des produits mis à l'essai pour chaque espèce de mauvaises herbes. En effet, l'effet de phytotoxicité d'un produit a été différent dépendamment de l'espèce de mauvaises herbes qui se trouvait dans la parcelle. Cela dépend de la façon propre à chaque espèce de mauvaise herbe de s'implanter parmi les plants de bleuetier, qui rend ce dernier plus ou moins vulnérable à la phytotoxicité.



Tableau 4. Synthèse des résultats de phytotoxicité sur le bleuetier des produits mis à l'essai, dans les parcelles de chaque mauvaise herbe

| Méthode | Traitement | Phytotoxicité sur le bleuetier | | | | | | |
|---------------|---------------------|--------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------|------------------------|----------------------|---------------------|
| | | Parcelles de quatre-temps | Parcelles de graminées | Parcelles de comptonie | Parcelles d'épilobe | Parcelles de dierville | Parcelles de fougère | Parcelles de kalmia |
| Injection | Vinaigre blanc 12 % | | | | | | | |
| Injection | Écoclear 25 % | | | | | | | |
| Pulvérisation | TopGun 6 % | | | | | | | |
| Pulvérisation | Velpar | | | | | | | |
| Pulvérisation | Spartan | | | | | | | |

Légende :



Aucune phytotoxicité sur le bleuetier (0 % de perte)



Présence de phytotoxicité sur le bleuetier (1 à 25 % de perte)



Présence importante de phytotoxicité sur le bleuetier (plus de 26 % de perte)



Aucun résultat ou aucun essai réalisé

Comme mentionné précédemment, l'effet de phytotoxicité des herbicides témoins a pu être amplifié par l'imprécision de la calibration du pulvérisateur manuel, due à de petits volumes, ainsi que les applications tardives dans les parcelles de kalmia.

5.4. Coût des produits utilisés lorsque appliqués par injection

Le temps moyen pour traiter une parcelle de 4 m² de mauvaise herbe par la méthode d'injection est de 4,5 minutes. En une heure, si l'on ne considère pas le temps de déplacement, il serait possible de traiter un îlot de 53 m².

Il est plus concret de calculer un coût d'utilisation sur un îlot que sur un hectare, puisque les produits sont appliqués de façon localisée et le nombre d'îlots est très variable d'un champ à l'autre.



La dose moyenne utilisée pour injecter 4 m² de liquide est de 4,16 litres, donc 55,12 litres pour 53 m². Le tableau 5 présente le coût de chaque produit à l'essai pour un îlot d'une superficie de 53 m².

Tableau 5. Comparaison du coût des produits pour un îlot de mauvaise herbe (53m²)

| Produit | Prix unitaire | Coût/îlot |
|---------------------------------|---------------|------------|
| Écoclear | 12,00 \$/l | 661, 44 \$ |
| Vinaigre 12 % | 0,92 \$/l | 50, 71\$ |
| TopGun® | 16,25 \$/l | 895, 70\$ |
| Herbicide hexazinone granulaire | 13,50 \$/kg | 1, 24 \$ |
| Herbicide Spartan | 3,25 \$/g | 0, 68\$ |

Ce calcul ne tient pas compte des coûts de l'essence, de l'utilisation de la machinerie, de la main-d'œuvre, ni de la superficie à traiter. Ces paramètres seront présentés plus en détail à la section 6, puisque le choix de la méthode doit en tenir compte.

6. ANALYSE DES RÉSULTATS

Pour qu'un produit soit intéressant à utiliser en situation commerciale, il doit répondre minimalement aux trois critères suivants : être efficace pour contrôler les mauvaises herbes, ne pas être dommageable pour la culture (phytotoxicité) et être utilisable du point de vue technico-économique. Ces trois paramètres ont été évalués dans le cadre de ce projet et les résultats ont été présentés aux sections 5.1, 5.2 et 5.3. La présente section vise à mettre en parallèle ces trois paramètres et à analyser les facteurs à l'origine de ces résultats.

Le tableau 6 présente l'ensemble des résultats obtenus avec les produits alternatifs pour chaque mauvaise herbe traitée, en les mettant en parallèle avec les résultats de l'herbicide couramment utilisé pour ces espèces.



Tableau 6. Tableau récapitulatif des résultats en comparant les produits alternatifs aux herbicides

| Traitement | Mauvaise herbe traitée | Efficacité sur le contrôle de la mauvaise herbe | | Phytotoxicité sur le plant de bleuet | | Coût du produit | | |
|--|------------------------|---|-------------------------------|--------------------------------------|--|--------------------|-------------------------------|--|
| | | Produit alternatif | Produit comparé à l'herbicide | Produit alternatif | Produit comparé à l'herbicide | Produit alternatif | Produit comparé à l'herbicide | |
| Vinaigre 12 % injection printanière | Quatre-temps | | moins efficace | | plus phytotoxique | \$\$ | Plus coûteux | |
| | Graminées | | moins efficace | | similaire | | | |
| | Comptonie | | similaire | | similaire | | | |
| | Épilobe | | similaire | | similaire | | | |
| | Dierville | | plus efficace | | plus phytotoxique | | | |
| | Fougère | | moins efficace | | moins phytotoxique | | | |
| | Kalmia | | similaire | | similaire | | | |
| Écoclear 25 % injection printanière | Quatre-temps | | moins efficace | | plus phytotoxique | \$\$\$ | Plus coûteux | |
| | Graminées | | moins efficace | | similaire | | | |
| | Comptonie | | plus efficace | | similaire | | | |
| | Épilobe | | similaire | | moins phytotoxique | | | |
| | Dierville | | plus efficace | | plus phytotoxique | | | |
| | Fougère | | moins efficace | | similaire | | | |
| | Kalmia | | similaire | | similaire | | | |
| TopGun 6 % pulvérisation printanière | Quatre-temps | | moins efficace | | moins phytotoxique | \$\$\$ | Plus coûteux | |
| Légende | | Contrôle de 51 à 100 % | | | Aucune phytotoxicité (0 % de perte) | | \$ | Moins de 100 \$ pour un îlot de 13,25 m ² |
| | | Contrôle de 1 à 50 % | | | Présence de phytotoxicité (1 à 25 % de perte) | | \$\$ | Entre 100 et 200 \$ pour un îlot de 13,25 m ² |
| | | Contrôle de 0 % ou augmentation | | | Importante phytotoxicité (plus de 26 % de perte) | | \$\$\$ | Plus de 200 \$ pour un îlot de 13,25 m ² |



Du point de vue de l'efficacité et de la phytotoxicité, on remarque que le traitement au vinaigre 12 % peut être intéressant pour le contrôle de la comptonie, de l'épilobe et du kalmia, et ce, de façon similaire à l'hexazinone. Cependant, ce traitement est plus coûteux. De plus, les risques de dommages élevés sur la culture sont à considérer. C'est pourquoi, il est important de tenir compte de tous les paramètres analysés dans la présente section.

Pour ce qui est de l'Écoclear, celui-ci est supérieur à l'herbicide conventionnel pour le contrôle de la comptonie. Toutefois, il est plus coûteux et les risques de phytotoxicité sont également présents.

Comme mentionné précédemment, le TopGun n'est pas efficace pour le contrôle du quatre-temps et des autres mauvaises herbes traitées au cours des années précédentes. Celui-ci ne sera donc pas détaillé à la présente section.

6.1. Paramètres influençant l'efficacité des produits sur le contrôle des mauvaises herbes

Plusieurs éléments influencent l'efficacité des produits pour le contrôle des mauvaises herbes ciblées. La présente section les énumère, afin de déterminer les meilleurs paramètres d'utilisation de ces produits.

6.1.1. Mécanisme d'action des produits et concentrations utilisées

Deux produits à base de vinaigre, soit le vinaigre blanc 12 % et l'Écoclear 25 %, en plus du TopGun 6 % (à base d'acides gras) sont les produits alternatifs qui ont été retenus pour mener à bien les essais comparatifs.

Les résultats obtenus avec l'Écoclear 25 % sont très similaires à ceux obtenus avec le vinaigre 12 %. Comme il s'agit de deux produits à base d'acide acétique, c'est la concentration qui constitue la différence majeure. Ainsi, le vinaigre 12 % présente un risque moindre pour sa phytotoxicité sur le plant de bleuets. Toutefois, la concentration élevée de l'Écoclear le rend plus efficace pour le contrôle de la comptonie.

Les produits alternatifs utilisés sont des herbicides de contact, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de translocation dans la plante et qu'ils agissent donc directement sur les cellules épithéliales avec lesquelles ils sont en contact. C'est ce qui explique que ceux-ci agissent davantage lorsqu'ils sont appliqués sur le système racinaire et, idéalement, sur des tissus mous (espèces non ligneuses ou jeunes plantules). Cela explique aussi que la comptonie est contrôlée seulement avec un produit à base de vinaigre qui a une forte concentration (Écoclear 25 %), puisque les tissus épithéliaux de la comptonie sont très résistants.

6.1.2. Méthode d'application des produits

L'injection, l'humectation et la pulvérisation ont été mises à l'essai au cours de ces trois années.



L'injection à la base du plant s'est avérée la seule méthode ayant démontré de bons résultats pour utiliser ces produits alternatifs, dans des conditions très précises d'application. Ce fait est attribuable au mécanisme d'action des produits (herbicides de contact) qui agissent davantage lorsqu'ils sont appliqués directement à la racine. En effet, le fait d'attaquer directement les cellules du système racinaire rend plus vulnérable l'ensemble de la plante.

Quant à l'application par humectation, celle-ci n'a été efficace pour aucun produit. En effet, comme l'humectation doit être réalisée sur la végétation qui dépasse la hauteur du bleuetier, et que les produits utilisés sont des produits de contacts, la maturité des plants et la lignification empêchent la destruction des cellules épithéliales et donc la répression de ces mauvaises herbes.

Enfin, pour la pulvérisation, seule l'application tôt au printemps sur un tapis de quatre-temps avant la levée du bleuetier a été retenue comme ayant un potentiel. Cependant, aucun des produits ne s'est montré efficace, en raison de la repousse très importante du quatre-temps dans les parcelles suite aux applications.

6.1.3. Période d'intervention (stade des mauvaises herbes) et nombre d'applications

Deux périodes d'application ont été mises à l'essai :

- Printemps – au mois de mai de l'année de végétation (végétaux au stade plantule);
- Été – au mois de juillet de l'année de végétation (végétaux matures).

D'un point de vue pratique, étant donné le temps de travail nécessaire, il est préférable de traiter les plants une seule fois. De plus, il est préférable que cette application ait lieu au printemps, afin de diminuer les déplacements et, par conséquent, les dommages à la culture.

Pour certaines espèces comme la graminée et la fougère, le traitement de printemps a été inefficace, puisqu'une grande quantité de plants de ces espèces se développent plus tard en saison et ont émergé à la suite des traitements. Même lorsque le traitement de printemps fonctionne bien, d'autres plants continuent de pousser tout au long du mois de juin.

Dans le cas de la fougère, il serait possible d'effectuer qu'un seul traitement de vinaigre 12 % ou d'Écoclear en juillet, puisque les résultats d'efficacité ont été intéressants suite aux applications de juillet 2006. Cette application pourrait avoir un bon effet répressif sur l'ensemble de ces plants, puisque les applications au printemps n'ont pas donné de bons résultats.

Quant aux graminées, le traitement du printemps est plus efficace que celui d'été, puisque les talles sont plus petites donc plus faciles à contrôler. Même si l'on remarque l'absence de repousses pour les plants traités au printemps, il y a toutefois une repousse importante de talles de graminées dans les parcelles, totalisant une diminution d'environ 25 % de la population globale de graminées dans la parcelle après deux mois. Il serait alors nécessaire de traiter une



deuxième fois pendant l'été. D'ailleurs, un seul traitement en juillet 2006 n'a pas été très efficace, puisqu'il faut considérer que lors d'une application en juillet, l'effet de ces produits sur les grosses talles est moindre. Deux traitements seraient peut-être à privilégier pour traiter toutes les talles dès leur émergence, soit une au printemps et une en juillet pour les talles qui émergent plus tardivement.

6.1.4. Taux d'humidité du sol

Le taux d'humidité du sol influence l'efficacité des traitements pour les produits à base de vinaigre. Ainsi, comme détaillé dans le rapport d'expérimentation de l'utilisation du vinaigre pour lutter contre les mauvaises herbes dans la production biologique de canneberges (référence n° 2) :

- Lorsque le taux d'humidité dans le sol est élevé, l'eau du sol agit comme un solvant, ce qui occasionne une dilution de la concentration initiale de l'acide acétique. Donc, un taux d'humidité élevé a pour effet de réduire l'impact des doses injectées. À l'opposé, la dose sous des conditions de sol sec n'est pas diluée et permet un contrôle supérieur sur les mauvaises herbes.
- L'eau du sol circule vers les racines par translocation. Ce mouvement est régulé par la pression interne exercée par la plante, afin de combler ses besoins en eau, et dépend du taux d'évapotranspiration. Lorsque la plante est sous condition de stress hydrique, la pression est plus grande et les racines sont donc plus enclines à l'absorption du liquide injecté dans la rhizosphère. Ainsi, sous ces conditions, l'effet acidifiant de l'acide acétique est maximisé.

On peut donc s'attendre à une meilleure efficacité du vinaigre et de l'Écoclear en sol plus sec, ce qui a été confirmé dans ce projet par les différences d'efficacité observées entre 2006 et 2007, et ce, avec le même produit sur une même espèce. En effet, bien que les applications aient été réalisées lorsque le sol était d'une humidité moyenne (environ 40 %), tel que recommandé, des limitations pratiques ont obligé l'équipe de réalisation à effectuer l'application dans d'autres conditions. Par exemple, le quatre-temps, la comptonie, le dierville et les graminées ont été traités dans des conditions sèches en 2007 (taux d'humidité de moins de 30 %). Ces mauvaises herbes ont d'ailleurs été très affectées lors du traitement, bien que cet effet n'était plus visible lors du suivi de deux mois pour certaines d'entre elles (en raison de la repousse, comme mentionné précédemment).

6.2. Paramètres influençant la phytotoxicité des produits sur le bleuetier

6.2.1. Concentration des produits utilisées et dose

Le vinaigre blanc et l'Écoclear sont deux produits à base d'acide acétique, dont seule la concentration varie au niveau de la matière active. Comme expliqué précédemment, ce sont des herbicides de contact non sélectifs. Ils agissent donc directement sur les cellules avec lesquelles ils sont en contact. Le vinaigre 12 %, de par sa concentration moins élevée, présente un risque moindre pour la phytotoxicité que l'Écoclear 25 %.



De plus, le dosage des produits est très important, et ce paramètre n'a pas pu être approfondi dans le cadre de cet essai, en raison du nombre élevé de variables à analyser. Pour les produits à base de vinaigre, les dosages recommandés dans la production de canneberges ont été utilisés. Bien que le type de sol soit très semblable dans la production du bleuet, les espèces de mauvaises herbes sont différentes et il pourrait donc être intéressant d'approfondir la recherche sur ce paramètre. En effet, l'utilisation d'une dose optimale réduirait certainement la phytotoxicité observée sur les plants de bleuets. Cela est également vrai pour les herbicides conventionnels. Nous avons d'ailleurs pu remarquer des dommages importants à la culture dans les parcelles de comptonie traitée au Velpar, ce qui est fort probablement dû à une erreur de calibration du pulvérisateur manuel.

6.2.2. Méthode d'application des produits

Seule la méthode d'application par injection a démontré de bons résultats pour utiliser ces produits alternatifs, et ce, dans des conditions très précises d'application, car ces dernières influencent la phytotoxicité sur le bleuetier.

A. Taux d'humidité du sol

On remarque que les parcelles qui ont été traitées en conditions de sol sec ont été plus affectées par la phytotoxicité aux plants de bleuets que lorsque les applications ont été faites en sol humide. En effet, des essais menés dans la production de canneberges démontrent, qu'en sol sableux, des applications dans un sol ayant moins de 40 % d'humidité sont risquées pour la culture, et ce, pour les raisons mentionnées au point 6.1.4. Il serait pertinent de cibler, dans des essais subséquents, les doses optimales en fonction de l'humidité du sol, dans le but d'amoinrir les risques de phytotoxicité.

B. Précision des interventions

On remarque que même si les applications sont faites dans les conditions idéales mentionnées précédemment, la précision des applications demeure un facteur limitant très important. Ce fait a pu être observé particulièrement avec l'épilobe. En effet, cette mauvaise herbe est très bien contrôlée par le vinaigre blanc et par l'Écoclear, et les applications ont été faites dans des conditions d'humidité de sol autour de 40 %. Pourtant, les plants de bleuets autour des plants d'épilobes traités ont été endommagés.

D'abord, l'effet de phytotoxicité observé est différent, dépendamment de l'espèce de mauvaise herbe qui se trouve dans la parcelle. Cela dépend de la façon propre à chaque espèce de s'implanter parmi les plants de bleuets, qui rend ce dernier plus ou moins vulnérable à la phytotoxicité.

Ainsi, on remarque que pour les mauvaises herbes ayant des tiges de petite circonférence, une densité élevée ou une proximité importante des plants de bleuets, il est très difficile d'appliquer de façon précise. C'est le cas pour le dierville, qui pousse de façon très dense et éparse parmi



le bleuetier. C'est également vrai pour le kalmia, qui pousse parmi les plants de bleuets et dont la tige est difficile à différencier de celle du bleuetier. On remarque aussi que la fougère, qui a une tige plus facile à distinguer et qui pousse généralement de façon plus distancée du bleuetier, a fait moins de dommage aux plants de bleuets. La figure 19 représente bien cette observation, et permet aussi d'observer le rayon d'action du vinaigre qui, dans ce cas, aurait certainement affecté les plants de bleuets s'il avait été tout juste à côté.



Figure 19. Rayon d'action du vinaigre autour d'un plan d'épilobe, éloigné des plants de bleuets

Enfin, la direction des jets est importante. Lors de la modification du dispositif, en 2006, un des deux jets a été bloqué pour faciliter le contrôle de l'application. Or, malgré ce fait, il est difficile d'orienter le jet sur les mauvaises herbes, et non sur un plant de bleuets qui se retrouvait dans la direction opposée.

6.2.3. Période d'intervention (stade des mauvaises herbes) et nombre d'applications

Lors d'applications en été (juillet), les risques de phytotoxicité sont très élevés, d'abord en raison des risques de dommages à la culture dus aux déplacements dans le champ. Aussi, parce que les applications doivent être effectuées en sol humide pour réduire les risques de phytotoxicité. Et enfin, parce qu'en mai, le bleuetier est à peine émergé du sol, ce qui rend plus facile le discernement des espèces, et donc le rend moins susceptible d'être en contact avec les produits.

Comme mentionné précédemment, il est préférable de limiter les déplacements dans le champ à une seule période d'application, au printemps de préférence, afin de réduire les risques d'endommager la culture. Toutefois, cela est impossible pour les graminées pour lesquelles un seul traitement printanier ou estival n'est pas suffisant.



Dans le cadre de cet essai, nous avons également remarqué des dommages aux plants de bleuets avec les herbicides conventionnels. Dans les parcelles de kalmia, les traitements ont été réalisés trop tard au printemps, ce qui a occasionné une phytotoxicité très importante sur les plants de bleuets, autant pour les herbicides alternatifs que pour les herbicides conventionnels.

6.2.4. Fertilisation

On constate que les herbicides témoins utilisés ont eu un effet phytotoxique sur les plants de bleuets, dans presque toutes les parcelles expérimentales. Cependant, il est important de spécifier que, lorsqu'on utilise des herbicides sélectifs, il est possible de contrer l'effet phytotoxique en effectuant une fertilisation. Le bleuet s'en trouve ainsi avantaagé.

Ce phénomène a été démontré dans les résultats préliminaires d'une étude menée par Agrinova et intitulée « *Essais d'aménagement d'une bleuetière à l'aide du glyphosate* ». Principalement, celle-ci visait à utiliser du glyphosate à l'automne pour le contrôle du kalmia. Au cours de ces essais, l'hexazinone (herbicide témoin) a démontré une phytotoxicité sur les plants de bleuets non fertilisés, alors qu'aucune phytotoxicité n'a été observée dans les parcelles fertilisées. Le kalmia a quant à lui été contrôlé de façon moyenne, dans un cas comme dans l'autre. Ces essais ont démontré le même phénomène de phytotoxicité réduite en raison de la fertilisation dans les parcelles traitées avec le glyphosate, même si ce n'est pas un herbicide sélectif. En effet, la fertilisation avantage tout de même les plants de bleuets à la période où elle est appliquée (tard en automne après la chute des feuilles), permettant ainsi de contrer l'effet phytotoxique sur le plant de bleuets.

Toutefois, il serait difficile d'utiliser la fertilisation pour contrer l'effet phytotoxique sur le bleuetier avec les produits mis à l'essai (vinaigre blanc et Écoclear), puisque ceux-ci sont des herbicides de contact non-sélectifs appliqués à une période où toute la végétation est réceptive, y compris le plant de bleuets. Si une fertilisation aurait pour effet de réduire les dommages des produits sur les plants de bleuets, elle aurait donc également le même effet de réduction des dommages sur les mauvaises herbes que nous voulons détruire.

6.3. Faisabilité technique et coût d'utilisation

6.3.1. Coût d'utilisation

La faisabilité technique inclut le coût des produits, de la main-d'œuvre et de l'équipement, ainsi que les considérations techniques rendant possible ou non l'utilisation de la méthode dans une bleuetière commerciale. Ces considérations diffèrent s'il s'agit d'une petite superficie de mauvaises herbes à traiter ou d'une plus grande.

Ce rapport ne vise pas à faire une analyse technico-économique approfondie pour l'utilisation de ces produits, puisque les essais d'efficacité ne sont pas encore assez avancés, d'autant plus que ces produits ne sont pas homologués pour la culture du bleuet. Cependant, il a toutefois été jugé pertinent d'énoncer les principaux paramètres qui influencent le coût d'utilisation de ces produits.



D'emblée, le TopGun a été éliminé puisqu'il n'est pas efficace pour le contrôle des mauvaises herbes ciblées. De plus, comme le vinaigre est aussi efficace, beaucoup moins dispendieux et plus accessible pour l'approvisionnement en grand volume que l'Écoclear, il est le seul produit qui sera abordé dans cette section. De toute façon, à part le coût d'acquisition du produit, les frais d'utilisation sont les mêmes, étant donné que l'Écoclear s'applique de la même façon que le vinaigre.

A. Application localisée sur de petites superficies

Le coût du vinaigre a été estimé à 50,71 \$ pour le traitement en une heure d'un îlot de mauvaises herbes (53 m²). Le coût de la main-d'œuvre peut se situer aux alentours de 12 \$/h pour une telle opération.

Le coût d'un système d'application pour une petite surface comme celui utilisé dans le cadre de cet essai (figure 20) est peu dispendieux, soit autour de 2 000 \$ pour une pompe, une remorque et les accessoires (n'incluant pas le véhicule tout-terrain et l'essence).



Figure 20. Système d'application par injection pour petite surface

Le coût global est donc de l'ordre de 62 \$ pour le traitement d'un îlot, plus un investissement de 2 000 \$ pour l'acquisition de l'équipement.

D'un point de vue technique, cette solution est peu dispendieuse et peu laborieuse, si l'on ne doit traiter que quelques îlots de mauvaises herbes dans une petite superficie. De plus, elle ne demande aucune machinerie, ni main-d'œuvre spécialisée, ni aucun permis. Enfin, le risque de dommages à la culture dus au passage de la machinerie est quasi-inexistant étant donné la légèreté du matériel utilisé.



Les herbicides (Velpar et Spartan) coûtent quand à eux moins cher (1,24 et 0,68 \$ par îlot), mais ceux-ci sont moins pratiques pour le traitement de quelques îlots. En effet, l'utilisation de ces produits nécessite un pulvérisateur commercial tiré par un tracteur. Les coûts reliés à l'essence, les risques de dommages à la culture, ainsi que la nécessité d'un permis de conduire et d'épandage rendent cette option moins pratique. Toutefois, pour une grande bleuetière qui désire traiter ses îlots de mauvaises herbes de façon localisée, il est possible d'utiliser la technologie GPS. Celle-ci fait présentement l'objet d'une étude technico-économique complète par Agrinova dans le cadre d'un autre volet du présent projet (*Évaluation de la méthode d'application localisée à l'aide de la technologie GPS pour le contrôle des mauvaises herbes dans la culture du bleuet nain*), et les résultats seront disponibles en mars 2009

B. Application localisée sur une grande superficie

Pour la production de la canneberge, il est possible d'utiliser un système de rampes portées par un tracteur, sur lesquelles des buses sont installées et au bout desquelles sont reliés des applicateurs solo (figure 21). Cette technique pourrait être applicable à la culture du bleuet nain, mais aucune donnée économique n'est présentement disponible pour évaluer le coût de celle-ci.



Figure 21. Systèmes d'injection en rampe, pour application en grande surface dans les atocatières

Préalablement à une analyse technico-économique de la rampe pour l'utilisation du vinaigre en grande surface, il importe de préciser les paramètres d'application du vinaigre et de s'assurer de la pertinence de l'utiliser en grande surface.

6.3.2. Homologation

Pour l'instant, le vinaigre blanc et l'Écoclear ne sont pas homologués pour un usage agricole, ce qui empêche leur utilisation en situation commerciale de production. Les détails concernant le



statut d'homologation et d'accréditation biologique de ces produits sont présentés dans le document *État de situation pour l'utilisation du vinaigre dans la culture du bleuets nain* (référence n° 5). L'Association des producteurs de canneberges du Québec ont effectué une démarche pour l'homologation du vinaigre dans la production de canneberges. Les détails de cette demande se retrouvent également dans ce document. Dans celui-ci, les producteurs de bleuets nains sont mentionnés comme utilisateurs potentiels du vinaigre.

Pour l'instant, bien que le vinaigre ne soit pas homologué comme herbicide, les producteurs de canneberges qui l'utilisent (vinaigre blanc 12 % des *Aliments Reinhart*) se disent protégés du fait que les spécialistes de l'agriculture biologique ont donné leur accord pour son utilisation agricole. Or, les producteurs conventionnels ne sont pas protégés de la même façon s'ils utilisent le vinaigre, d'où la pertinence d'une homologation éventuelle, surtout pour les producteurs conventionnels.

Le vinaigre est accrédité par le Conseil des appellations agroalimentaires du Québec (CAAQ). Il apparaît également dans le Manuel des intrants bio, avec la condition d'être approuvé par un organisme de certification. Il est à noter que le produit Écoclear n'est plus autorisé par les organismes de certification OCPP/PRO-CERT Canada inc., affirme que les raisons de ce retrait ne sont pas de nature publique. Toutefois, il précise que le produit Écoclear demeure très bon pour un usage non biologique et que le retrait de l'autorisation pour un usage biologique n'est pas dû à un effet néfaste du produit sur la santé humaine, ni sur des dangers de contamination environnementale.

6.3.3. Risque environnemental

Parfois, il est possible que le risque environnemental associé à certains produits devienne un élément déterminant dans la faisabilité technico-économique de son utilisation.

Dans le document *État de situation pour l'utilisation du vinaigre dans la culture du bleuets nain* (référence n° 5), une recherche a permis de constater que le vinaigre blanc et l'Écoclear, à base de vinaigre, ne présentent pas de risque pour l'environnement.

Selon M^{me} Josée Fortin, professeure titulaire à l'Université Laval et dont le champ d'expertise porte sur l'agriculture, l'environnement, l'hydrologie et la pollution, l'acide acétique est une molécule simple formée de carbone (C), d'hydrogène (H) et d'oxygène (O₂). Sa dégradation dans l'environnement est rapide et s'observe par la libération de molécules de CO₂ et d'eau (H₂O), ce qui n'est aucunement problématique pour l'environnement. Questionnée afin de savoir si des études ont été menées pour connaître l'effet résiduel de l'acide acétique dans l'environnement, ou s'il existe des moyens de le vérifier, madame Fortin affirme que, selon elle, il n'est pas pertinent d'effectuer des essais pour vérifier ces risques en raison de la simplicité de la molécule et de la facilité à prévoir son devenir dans l'environnement. La seule façon de mesurer le devenir du vinaigre dans un substrat serait de faire des essais avec des marqueurs



radioactifs en laboratoire. Or, madame Fortin doute qu'il soit pertinent d'entreprendre de telles démarches, sachant que le devenir de l'acide acétique est prévisible et que le risque de pollution est très faible. Ces informations expliquent d'ailleurs l'absence d'études faites au Québec ou ailleurs pour vérifier l'effet résiduel de l'acide acétique dans l'environnement.

Monsieur Benjamin Coffman, chercheur impliqué dans des essais sur l'acide acétique menés par le Département américain de l'agriculture (USDA), mentionne également que, puisque le produit se transforme rapidement en eau suite à son application, le vinaigre n'a pas d'effet néfaste sur l'environnement. Il peut toutefois entraîner une modification temporaire du pH du sol (acidification), s'il est utilisé à une concentration de plus de 24 %. De même, M. Pierre Busuku, agent de normalisation au CAAQ, considère l'acide acétique comme un produit naturel et, selon lui, il n'est pas une menace pour l'environnement. Enfin, une étude menée dans la canneberge (Morrison et coll., 2004) ne démontre aucun effet toxique du vinaigre sur la biomasse.

Aussi, le résultat des mesures de pH, dans le cadre du présent projet, ne démontre aucun effet à moyen et long terme sur le pH du sol.

7. CONCLUSION

Ce projet d'essai de moyens de lutte biologique visait l'évaluation de trois herbicides alternatifs n'ayant jamais fait l'objet d'essais dans le bleuet sauvage. Ainsi, plusieurs paramètres ont pu être vérifiés au cours des trois années d'essai : espèces de mauvaises herbes ciblées, méthodes d'application (injection, humectation ou pulvérisation), concentration des produits, période d'intervention, taux d'humidité du sol et nombre d'applications.

Dès la première année d'essais préliminaires, en 2005, il a été possible de cibler les traitements les plus prometteurs qui allaient constituer les essais de 2006. Par la suite, le nombre de traitements a encore été réduit pour se terminer, en 2007, avec les plus pertinents, et ce, toujours en comparaison avec les herbicides conventionnels (Velpar et Spartan) en pulvérisation printanière.

Les expérimentations ont permis de constater que les produits à base de vinaigre (vinaigre blanc 12 % et Écoclear 25 %) démontrent des résultats équivalents ou supérieurs aux herbicides conventionnels pour le contrôle de la comptonie, du dierville, de l'épilobe et du kalmia. Les résultats d'efficacité du TopGun pour le contrôle des mauvaises herbes n'ont pas été concluants.

Afin d'obtenir des résultats d'efficacité concluants, les **conditions d'application** doivent être parfaitement contrôlées. Ces paramètres sont les suivants :

- Choix de la concentration et de la dose du produit
- Méthode d'application
- Période et nombre d'applications
- Taux d'humidité du sol



Bien que l'importance de ces facteurs ait été constatée lors de ce projet, la courte durée de celui-ci n'a pas permis de déterminer avec précision les recommandations optimales pour tous ces paramètres. La concentration optimale des produits, la meilleure méthode d'application, la période et le nombre d'applications ainsi que la précision des applications sont des paramètres pour lesquels il a été possible de faire des recommandations précises. Toutefois, la dose optimale de produit à utiliser et l'ajustement de celle-ci en fonction des conditions d'humidité n'ont pas pu être approfondis dans le cadre de ce projet. La détermination de tels paramètres nécessite d'y travailler de façon spécifique, et ce, sur plusieurs années.

Le principal facteur limitant l'efficacité des produits est le **risque de phytotoxicité** sur la culture. Pour minimiser les risques de phytotoxicité sur le plant de bleuets, les mêmes facteurs doivent être pris en considération (choix de la concentration et de la dose du produit, méthode d'application, période et nombre d'applications, ainsi que le taux d'humidité du sol), mais en plus s'ajoute la précision des applications, qui influence grandement la phytotoxicité.

Il a aussi été démontré que les herbicides conventionnels couramment utilisés et mis à l'essai comme témoin (Velpar et Spartan) doivent aussi faire l'objet de précautions particulières lors de leur utilisation afin d'éviter les dommages à la culture. Il est donc tout aussi important d'en contrôler les conditions d'application recommandées par le fournisseur. De plus, ces herbicides conventionnels ne sont peu ou pas efficaces pour contrôler certaines mauvaises herbes pour lesquelles on les utilise couramment, soit la comptonie et le dierville.

Enfin, le deuxième facteur limitant l'utilisation de ces produits est la possibilité d'utilisation sur de grandes superficies. Principalement en raison du coût des produits et de la main-d'œuvre. Il est difficilement envisageable d'utiliser le vinaigre pour l'ensemble d'une grande bleuetière. Toutefois, il peut être très intéressant d'utiliser le vinaigre en application localisée pour une **petite superficie** à traiter, puisque l'équipement est peu dispendieux, peu dommageable pour la culture et qu'il ne demande pas de main-d'œuvre spécialisée.

Enfin, aucun des produits mis à l'essai n'est homologué dans la culture du bleuet nain, mais les produits à base d'acide acétique font l'objet de démarche d'homologation dans la culture de la canneberge, ce qui faciliterait l'accès pour le bleuet. Pour ce qui est de l'effet sur le pH et du risque environnemental de ces produits, ils ne sont pas significatifs.

8. SYNTHÈSE DES CONSTATS ET RECOMMANDATIONS

De façon pratique, les principaux constats et recommandations concernant l'utilisation du TopGun, du vinaigre blanc et de l'Écoclear comme alternatives à l'utilisation d'herbicides conventionnels sont les suivants :



Efficacité

- Le traitement au vinaigre 12 % a permis de contrôler la comptonie, l'épilobe et le kalmia, de façon similaire à l'hexazinone.
- L'Écoclear a obtenu des résultats d'efficacité similaires au vinaigre blanc pur pour toutes les espèces, mais il a également permis de contrôler la comptonie de façon supérieure à l'hexazinone.
- Le TopGun ne s'est pas montré efficace pour le contrôle des mauvaises herbes ciblées.
- Les produits à base de vinaigre (vinaigre blanc et Écoclear) présentent des risques importants pour la culture et l'importance de la méthodologie lors de l'application est donc primordiale.

Méthode

- L'injection à la base du plant s'est avérée la seule méthode ayant démontré de bons résultats pour utiliser ces produits alternatifs (comparativement à l'humectation et à la pulvérisation).
- Il est préférable et plus efficace de traiter les plants une seule fois. De plus, cette application doit avoir lieu au printemps. Deux espèces de mauvaises herbes font exception :
 - dans le cas de la fougère, il serait possible de n'effectuer qu'un seul traitement de vinaigre 12 % ou d'Écoclear en juillet;
 - deux traitements seraient peut-être à privilégier pour les graminées, soit un au printemps et un en juillet pour les talles qui émergent plus tardivement.
- Les injections devraient être faites dans des conditions de sol d'humidité moyenne. Également, il faudrait poursuivre les recherches afin d'ajuster la dose en fonction du taux d'humidité du sol, pour maximiser l'efficacité du traitement tout en diminuant les risques de phytotoxicité.
- Lorsque l'ajustement des paramètres techniques (par exemple la dose) sera défini pour permettre l'utilisation de produits de façon efficace et sécuritaire, les étapes suivantes devront être envisagées :
 - effectuer une évaluation technico-économique complète afin de savoir si l'utilisation du vinaigre en application par injection est possible sur une grande surface (coût élevé des produits);
 - réaliser les démarches d'homologation pour une utilisation des produits à base de vinaigre comme herbicide dans le bleuet nain.



9. RÉFÉRENCES

- 1) DROLET, Isabelle (2007). *L'acide acétique, un herbicide pour la production de canneberges*, Bilan des connaissances, CTAQ et Association des producteurs de canneberges du Québec, Février 2007, Document présenté à l'ARLA, Février 2004. p. 38.
- 2) DROLET, Isabelle (2007). *Expérimentation de l'utilisation du vinaigre pour lutter contre les mauvaises herbes dans la production biologique de la canneberge : rapport final*, Le Club environnemental et technique atocas Québec (CETAQ) en collaboration avec Agrinova, Mars 2007, p. 77.
- 3) GAGNON, Sophie et coll. (2006). *Essai et expérimentation sur la pollinisation et la réduction des herbicides dans la production du bleuet nain au Saguenay–Lac-Saint-Jean - Objectif B : Réduire l'application des herbicides - Volet 3 : Évaluation de divers moyens de lutte biologique : rapport d'étape 2006*, Décembre 2006, p. 34.
- 4) GAGNON, Sophie et coll. (2005). *Essai et expérimentation sur la pollinisation et la réduction des herbicides dans la production du bleuet nain au Saguenay–Lac-Saint-Jean - Objectif B : Réduire l'application des herbicides - Volet 3 : Évaluation de divers moyens de lutte biologique : rapport d'étape 2005*, Décembre 2005, p. 44.
- 5) GAGNON, Sophie (2005). *Utilisation du vinaigre comme moyen de lutte alternatif contre les mauvaises herbes : état de la situation*, Agrinova, Juin 2005, p. 12.
- 6) AGENCE DE RÉGLEMENTATION DE LA LUTTE ANTIPARASITAIRE (1998). *Lignes directrices pour les permis de recherche sur les pesticides chimiques*, Gouvernement du Canada, 8 mai 1998, p. 31.
- 7) COMIS, D. (2002). *Spray weeds with vinegar?*, USDA Agricultural Research Service, Résumé de recherche, Site Internet consulté le 24 mai 2005, www.ars.usda.gov/is/pr/2002/020515.htm.
- 8) CONSEIL DES APPELLATIONS AGROALIMENTAIRES DU QUÉBEC (2004). *Normes biologiques de référence du Québec*, Site Internet consulté le 27 mai 2005 : www.caaq.org/bio/normes/index.asp?var=7.
- 9) DANIELS, C., et J. FULTS (2002). *Fact Sheet for vinegar/acetic acid recommendations*, Université de Washington et Département de l'agriculture de l'Orégon, Fact Sheet PIC-01002, Révisé le 18 novembre 2002.
- 10) Duval, Jean (2003). *Manuel des intrants bio*, Club Bio-Action, première édition, Octobre 2003.



11) JOHNSON, T.M. et coll. *Vinegar for pre-seed and post-emergence control of broadleaf weeds in spring wheat*, Résumé de recherche, Gouvernement de la Saskatchewan, Site Internet consulté le 24 mai 2005 :

<http://www.agr.gov.sk.ca/agriarm/reports/ScottVinegar.pdf>.

Aussi publié par Agriculture Canada sur le site Internet du Centre d'agriculture biologique du Canada, Site Internet consulté le 11 avril 2005 :

http://www.organiccentre.ca/ResearchDatabase/res_wksh_vinegar_f.html.

12) MORISSON, J.R. et coll. (2004). *Management of swamp dodder (Cuscuta gronovii Willd.) in cranberry may be enhanced by the integration of a non-toxic household cleaner*, Université du Massachussetts-Amherst et Université du Maryland Cooperative Extension, Crop Protection 24 I-6, 26 février 2004, p. 6.

13) SANTÉ CANADA (2004). *Procédures d'homologation*, Site Internet consulté le 19 mai 2005 :

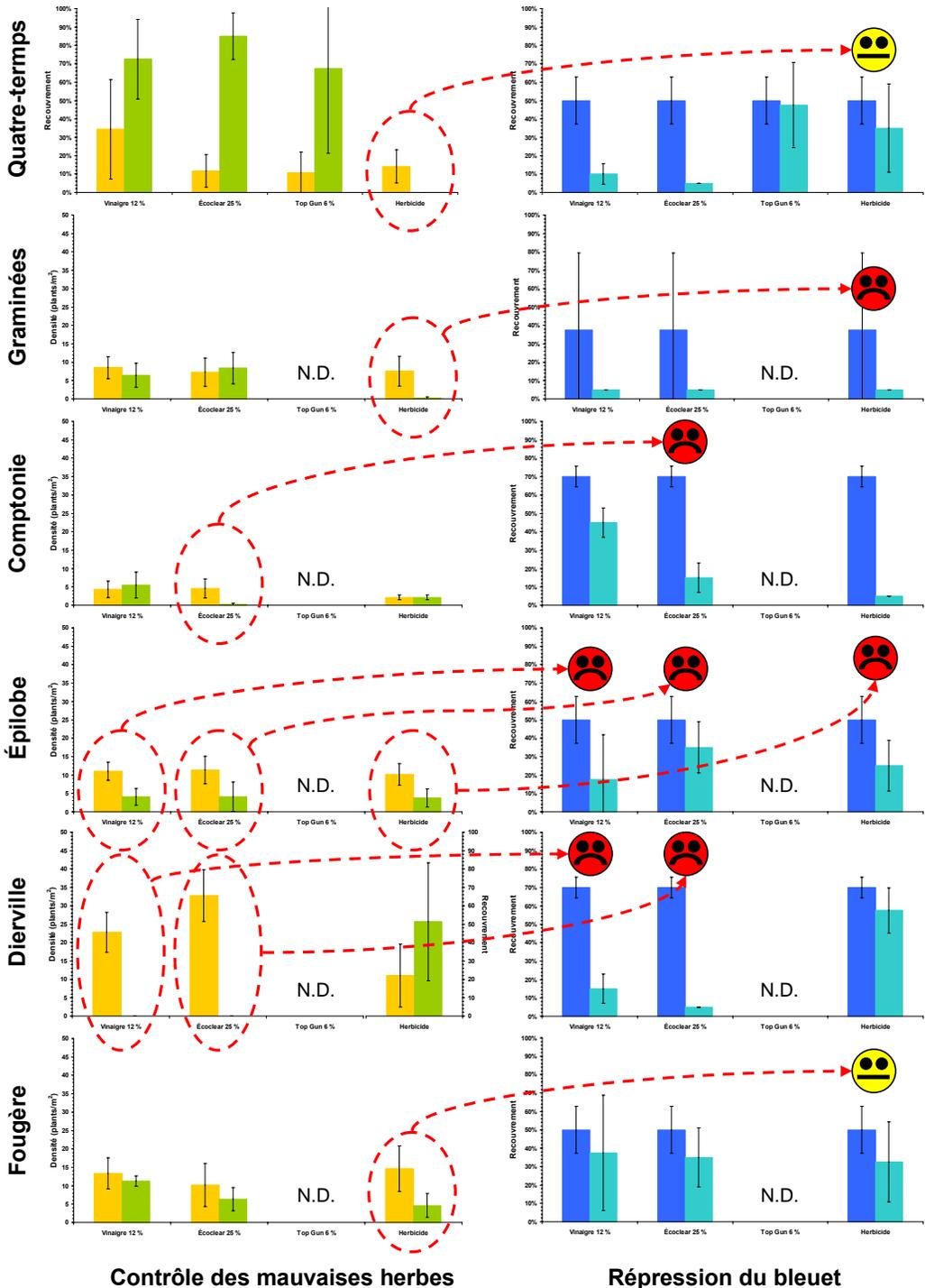
www.ppra-arla.gc.ca/francais/aboutpmra/regprocess-f.html.

14) U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION. Agency. *Acetic Acid (044001) Fact Sheet*, Site Internet consulté le 5 mai 2005 :

www.epa.gov/pesticides/biopesticides/ingredients/factsheets_044001.htm.



**ANNEXE 1.
RÉSULTATS DE 2007**



Contrôle des mauvaises herbes

Répression du bleuet