



**Expérimentation de l'utilisation du vinaigre
pour lutter contre les mauvaises herbes
dans la production biologique de la canneberge
06-BIO-03**

RAPPORT FINAL

Préparé par

Le Club environnemental et technique atocas Québec (CETAQ)
en collaboration avec
Agrinova

Responsables du projet

Isabelle Drolet, agronome, CETAQ
Sophie Lavallée, agronome, M. Sc., Agrinova

Présenté au

Secrétariat du programme de soutien au développement de l'agriculture biologique
Direction de l'innovation scientifique et technologique
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec

Date de fin du projet : 13 mars 2007



Réalisé par le Club environnemental et technique atocas Québec (CETAQ) et Agrinova

Coordination

Anne Guilbert, ing., M.Sc., chef de service – recherche et développement
Agrinova

Réalisation, recherche et rédaction

Sophie Lavallée, agr., M.Sc., chargée de projet
Agrinova

Isabelle Drolet, agr.
CETAQ

Collaboration

Josée Verville, technicienne de recherche
CETAQ

Danielle Bernier, agr., M.Sc., malherbologiste
MAPAQ, Direction de l'innovation scientifique et technologique

Régis Pilote, agr., M.Sc.
Agrinova

Révision linguistique

Edith Paradis, adjointe administrative
Agrinova

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

Programme de soutien au développement de l'agriculture biologique



Club Environnemental et Technique



Atocas Québec

898, rue Principale
Notre-Dame de Lourdes
(Québec) G0S 1T0
Tél.: (819) 385-1053
Fax: (819) 385-1054
Courriel: info@cetaq.qc.ca



TABLE DES MATIERES

1. Introduction.....	6
2. Revue de la littérature	8
2.1. Impacts des mauvaises herbes sur la production	8
2.2. Types de mauvaises herbes	8
2.3. Herbicides utilisés	10
2.4. Lutte intégrée	11
2.5. État de la situation sur l'acide acétique	13
2.5.1. Introduction	13
2.5.2. Nature du produit	13
2.5.3. Mode d'action.....	14
2.5.4. Études menées avec de l'acide acétique pour un usage agricole	15
2.5.5. Homologation au Canada	18
2.5.6. Législation aux États-Unis	19
2.5.7. Risque pour l'environnement	20
3. Description du projet.....	21
3.1. Objectif	21
3.1.1. Objectif général.....	21
3.1.2. Objectifs spécifiques	21
3.2. Dispositif expérimental	21
3.2.1. Expérimentation visant les mauvaises herbes.....	21
3.2.2. Expérimentation visant l'évaluation de la phytotoxicité	22
3.2.3. Mauvaises herbes visées.....	22
3.2.4. Concentrations d'acide acétique.....	22
3.2.5. Nombre de spécimens évalués.....	23
3.2.6. Description des sites d'essais.....	23
4. Déroulement des travaux	24
4.1. Méthodologie	24
4.1.1. Sélection des sites et emplacement géographique de l'essai	24
4.1.2. Sélection des mauvaises herbes	24
4.1.3. Période d'intervention	24
4.1.4. Identificateurs	25
4.1.5. Appareil d'application de l'acide acétique	25
4.1.6. Évaluation du niveau d'efficacité et de phytotoxicité.....	27
4.1.7. Période d'échantillonnage	28
4.1.8. Données générales.....	28
4.1.9. Traitement statistique des données.....	28
4.1.10. Notes complémentaires selon le document (DIR2003-04)	28
5. Résultats et discussion.....	29
5.1. Effet de l'acide acétique sur les types de sol	29
5.2. Effet de la concentration d'acide acétique sur les mauvaises herbes	30
5.2.1. Graminée (Chiendent, Agropyron repens (L.) P. Beauv.).....	30



5.2.2.	Scirpe (Scirpe souchet, Scirpus cyperinus (L.) Kunth)	32
5.2.3.	Jonc (Jonc épars, Juncus effusus L.)	34
5.3.	Effet phytotoxique des traitements sur les plants de canneberges	36
5.3.1.	Sol humide	36
5.3.2.	Sol sec	37
5.4.	Les données générales	37
6.	Biens livrés	38
6.1.	Recommandations pour l'utilisation de l'acide acétique en production de canneberges	38
6.1.1.	Période d'intervention	38
6.1.2.	Stade des mauvaises herbes	39
6.1.3.	Taux d'humidité du sol	39
6.1.4.	Dose (concentration d'acide acétique)	39
6.1.5.	Quantité d'acide acétique par injection	39
6.1.6.	Lieu d'injection	39
6.1.7.	Nombre d'application	40
6.1.8.	Intervalle entre les applications	40
6.1.9.	Équipement de pulvérisation	40
6.1.10.	Utilisation d'un adjuvant ou d'un surfactant	40
6.1.11.	Délai de sécurité avant la récolte	40
6.1.12.	Qualité des applications	40
6.1.13.	Niveau de contrôle (degré d'efficacité attendu)	40
6.1.14.	Temps de réaction	40
6.1.15.	Système adapté pour des applications à plus grande échelle	40
6.2.	Retombées du projet	41
7.	Difficultés rencontrées et recommandations	43
8.	Résultats financiers	45
9.	Références bibliographiques	46
Annexe 1.	Plan des fermes et identification des sites	Erreur ! Signet non défini.
Annexe 2.	Analyses de sol des champs expérimentaux	Erreur ! Signet non défini.
Annexe 3.	Humidité du sol des champs expérimentaux	Erreur ! Signet non défini.
Annexe 4.	Photos des sites expérimentaux	Erreur ! Signet non défini.
Annexe 5.	Calendrier des activités, stade de croissance de la canneberge et de chacune des mauvaises herbes	Erreur ! Signet non défini.
Annexe 6.	Données générales (température, pluviométrie et utilisation des gicleurs)	Erreur ! Signet non défini.
Annexe 7.	Tables d'ANOVA	Erreur ! Signet non défini.
Annexe 8.	Photos des résultats	Erreur ! Signet non défini.



LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Herbicides homologués pour la production de canneberges (Drolet I, 2007).....	11
Tableau 2.	Produits à base d'acide acétique homologués au Canada.....	18
Tableau 3.	Liste d'identification des traitements d'acide acétique en sol humide.....	25
Tableau 4.	Liste d'identification des traitements d'acide acétique en sol sec.....	25

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Graminée vivace (chiendent Agropyron repens)	9
Figure 2.	Cypéracées : scirpe souchet (Scirpus cyperinus (L.) Kunth)	9
Figure 3.	Jonc épars (Juncus Effusus).....	10
Figure 4.	Drain entre les bassins de récolte.....	12
Figure 5.	Dispositif à injection (CETAQ, 2003)	26
Figure 6.	Pointe de la tige d'injection (Gagnon S. et coll., 2005)	26
Figure 7.	Injection localisée (Gagnon, S. et coll., 2005).....	27
Figure 8.	Efficacité du traitement d'acide acétique sur la graminée en a) sol humide et b) sol sec en fonction des concentrations.. ..	31
Figure 9.	Efficacité du traitement d'acide acétique sur le scirpe en a) sol humide et b) sol sec en fonction des concentrations	33
Figure 10.	Efficacité du traitement d'acide acétique sur le jonc en a) sol humide et b) sol sec en fonction des concentrations	35
Figure 11.	Densité des plants de canneberges (CETAQ, 2006).....	36
Figure 12.	Système standard : pompe, boyau, réservoir et plate-forme (Agrinova, 2005)	41



1. INTRODUCTION

À l'heure actuelle, le marché de la canneberge (*Vaccinium macrocarpon* Ait) connaît une grande effervescence. Au Québec, la production biologique de ce petit fruit a débuté en 1997 et, depuis, est en progression constante. Cette croissance amène les producteurs à innover et à chercher des solutions viables tant sur le plan agronomique, environnemental que social afin de faire face aux exigences de production.

La présence de mauvaises herbes dans les bassins de culture biologique, tout particulièrement dans les champs en implantation, constitue un problème inévitable pour lequel les producteurs doivent avoir des solutions de gestion efficace. Pour le contrôle des vivaces, le potentiel herbicide de l'acide acétique, appliqué dans la zone racinaire des mauvaises herbes à l'aide d'un système à injection, représente une solution fortement priorisée par les producteurs. Ce mode d'intervention unique est adapté au contexte de la canneberge. Il est basé sur le principe que, contrairement à la canneberge, la plupart des mauvaises herbes sont plus vulnérables en milieu acide. Ainsi, ce nouveau moyen de lutte permettrait d'acidifier la rhizosphère des plantes non désirées, sans toutefois nuire à la culture. Cette idée innovatrice a été initiée, en 2002-2003, par les producteurs de canneberges biologiques du Centre-du-Québec.

Actuellement, au Canada, l'acide acétique est homologué seulement pour l'usage domestique et industriel. L'acide acétique est utilisé pour le contrôle non sélectif de différentes espèces de mauvaises herbes sur des espaces tels que les terrains de stationnement, les bordures de chemin et les terrains résidentiels. Par contre, en milieu agricole, l'acide acétique n'est pas encore homologué pour cet usage. Cette matière active suscite un très grand intérêt chez les producteurs de canneberges qui souhaitent obtenir l'homologation de cette molécule. Ce projet vise donc à produire des données d'efficacité, nécessaires à l'évaluation des performances de l'acide acétique comme herbicide en milieu agricole, afin d'appuyer la revendication des producteurs de canneberges d'avoir accès à cette matière active.

L'élaboration de ce projet a été inspirée des résultats prometteurs obtenus en 2003, lors d'essais préliminaires, dans la production de canneberges (Drolet I., 2003). Le dispositif expérimental a été préparé conformément au guide intitulé « Lignes directrices concernant l'efficacité des produits phytosanitaires (DIR2003-04) » et respecte donc les exigences de l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) pour la réalisation de ce type d'essai.

Le projet compare cinq traitements d'acide acétique et un témoin, et ce, sous deux conditions édaphiques différentes (sol humide et sol sec) pour lutter contre trois espèces de mauvaises herbes vivaces abondamment retrouvées sur les fermes de canneberges en production biologique. L'acide acétique utilisé provenait du vinaigre blanc (CH_3COOH) de la compagnie « Les Aliments Reinhart » et était concentré à 12 %.

Étant donné les résultats positifs obtenus dans la production de canneberges, les producteurs de bleuets se sont également intéressés à l'acide acétique pour lutter contre les mauvaises herbes.



Alors, suite au transfert d'information des essais réalisés par les producteurs de canneberges, le Syndicat des producteurs de bleuets du Québec (SPBQ) a mandaté Agrinova¹ pour mettre en place des essais d'efficacité de l'acide acétique dans la culture du bleuet nain. Ces deux cultures de la famille des Éricacées, pérennes, acidophiles et ayant certaines contraintes de gestion des mauvaises herbes semblables, bénéficient d'un partage des connaissances lors de la réalisation de projets.

Ainsi, la rédaction du protocole du présent projet a été soutenue par les résultats des essais 2005 dans le bleuet nain. Il est important de souligner que ces échanges entre les deux cultures peuvent avoir un impact positif important en ce qui a trait aux démarches nécessaires à respecter pour l'obtention d'une homologation de produit dans les cultures mineures.

¹ Le Centre de recherche et de développement en agriculture a changé de nom pour Agrinova. Ce changement est en vigueur depuis le 6 octobre 2006.



2. REVUE DE LA LITTÉRATURE

La revue de la littérature vise à rassembler les connaissances existantes sur les moyens de lutte contre les mauvaises herbes dans la production de canneberges. Les impacts sur la production, les types de mauvaises herbes, les herbicides utilisés et la notion de gestion globale de lutte aux mauvaises herbes sont parmi les sujets abordés.

Une synthèse des informations concernant l'utilisation du vinaigre comme moyen alternatif de lutte contre les mauvaises herbes et des informations reçues par des répondants œuvrant dans différents champs d'activité sera présentée afin de répondre aux questions tant agronomiques que législatives. Ces informations sont rassemblées en vue d'orienter une prochaine étape d'homologation de l'acide acétique pour usage agricole dans les productions de canneberges et de bleuets nains. Les données disponibles et les rapports préliminaires des essais réalisés au cours des dernières années au Canada et aux États-Unis, par les chercheurs et intervenants dans la canneberge, ont été mis à contribution. Les connaissances, les essais et les rapports de projets réalisés avec de l'acide acétique sont présentés.

2.1. Impacts des mauvaises herbes sur la production

Selon Charles D. Armstrong (2006), professionnel de la canneberge de l'Université du Maine, plus de 400 sortes de mauvaises herbes sont observées dans les champs de canneberges aux États-Unis. Les mauvaises herbes entrent en compétition avec les plants de canneberges pour la lumière, l'eau et les nutriments. Elles créent de l'ombrage sur les plants et restreignent ceux-ci pour la photosynthèse et le prélèvement de l'azote. Les mauvaises herbes plus grandes réduisent l'efficacité des pollinisateurs et contribuent à conserver l'humidité après une pluie, ce qui amène un risque plus élevé de développement des maladies. Finalement, les mauvaises herbes réduisent le rendement global et la qualité d'un champ de canneberges. Une gestion efficace des mauvaises herbes implique à la fois l'utilisation de produits chimiques ainsi que des techniques culturales.

2.2. Types de mauvaises herbes

Plusieurs mauvaises herbes se retrouvent dans les champs de canneberges. Les plus communes retrouvées au Canada sont les graminées annuelles et vivaces, les cypéracées (carex, scirpe, etc.), les joncacées (jonc) ainsi que plusieurs familles de plantes à feuilles larges annuelles et vivaces incluant, entre autres, les légumineuses (trèfle) et, enfin, quelques espèces de ptéridophytes dont les fougères et les prêles.

Les graminées (figure 1) peuvent être annuelles ou vivaces. Leurs feuilles sont habituellement étroites et verticales et elles présentent un réseau de nervures parallèles. Les graminées possèdent des tiges qui sont vides aux entre-nœuds et rondes à l'intérieur. Les plantes à feuilles larges peuvent être annuelles ou vivaces. La graine de ces plantes possède deux cotylédons. Les feuilles sont de formes variables, à nervure plus ou moins ramifiées. Les graminées et les feuilles larges vivaces sont des mauvaises herbes nuisibles de haute importance dans la production de canneberges.

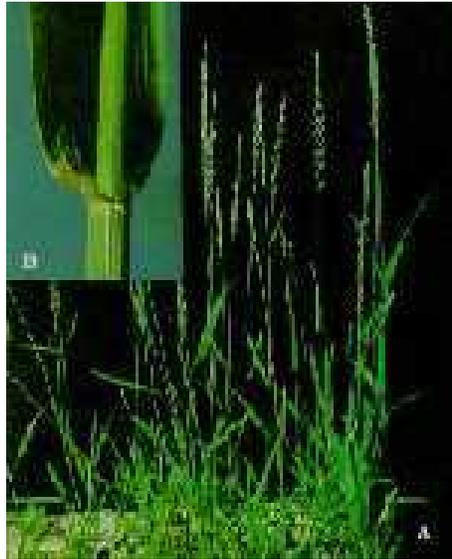


Figure 1. Graminée vivace (chiendent *Agropyron repens*)²

Les cypéracées (figure 2) forment un vaste groupe de plantes graminiformes vivaces (rarement annuelles) qui croissent sur les sols humides et mal égouttés. La tige du scirpe est solide, généralement de forme triangulaire à l'intérieur et elle ne possède pas d'entre-nœuds.



Figure 2. Cypéracées : scirpe souchet (*Scirpus cyperinus* (L.) Kunth)³

² Source : http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/ontweeds/quack_grass.htm#pics

³ Source : <http://www.mddep.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/scirpe/scirpe.htm>



Les joncs (figure 3) sont des plantes annuelles ou vivaces qui ressemblent beaucoup aux cypéracées et dont les feuilles se dressent en touffe à la base du plant. La tige des joncs est vide et ronde à l'intérieur et elle ne possède pas d'entre-noeuds. Comme le scirpe, cette plante croît dans les terrains humides et dans les sols mal drainés, mais elle pousse également dans les boisés et les champs découverts.



Figure 3. Jonc épars (*Juncus Effusus*)⁴

Les fougères sont des plantes vivaces primitives qui ne produisent ni fleurs ni graines. Elles se composent d'une feuille (fronde), d'un pédoncule et d'une grande lame qui peut se subdiviser plusieurs fois. Les fougères se multiplient par subdivision du rhizome rampant, par les spores ou par les deux modes à la fois.

Les légumineuses se manifestent rarement par des infestations généralisées. Par contre, lorsqu'elles sont présentes dans les champs de canneberges, elles sont très envahissantes, préoccupantes et difficiles à contrôler. Le trèfle est une espèce vivace qui se caractérise par une tige couchée à la base puis dressée. Les feuilles sont très pubescentes, souvent marquées d'une trace blanchâtre en forme de V. Les fleurs sont d'un rouge plus ou moins foncé et réunies en capitules portées directement au sommet de la tige.

2.3. Herbicides utilisés

Parmi les herbicides utilisés dans la production conventionnelle de canneberges on retrouve le Casoron, le Devrinol, le Venture, le Poast Ultra + Merge et le Round Up. Le ministère de l'Agriculture de l'Ontario les décrits en fonction de leur période d'application et du stade de croissance de la plante. Le Casoron, le Devrinol et le Round Up sont les herbicides les plus

⁴ Source : http://www.missouriplants.com/GSR/Juncus_effusus_page.html



couramment appliqués en production de canneberges au Québec. Le tableau 1 résume les herbicides homologués et leurs distinctions respectives.

Tableau 1. Herbicides homologués pour la production de canneberges (Drolet I, 2007)

Herbicide homologué	Application lors de l'implantation/production	Période d'application	Mode d'application	Cible
Devrinol (napropamide)	Implantation	Préémergence	Systématique	Annuelles : graminées et quelques feuilles larges
Casoron (dichlorobnail)	Production	Préémergence	Systématique Localisé	Annuelles et vivaces : graminées et feuilles larges
Post (sethoxydime)	Implantation/Production	Postémergence	Systématique Localisé	Annuelles et vivaces : graminées
Round Up (glyphosate)	Implantation/Production	Postémergence	Localisé	Vivaces : graminées et feuilles larges
Lontrel (clopyralide)	Implantation/Production	Postémergence	Localisé	Légumineuses
2,4-D	Production	Postémergence	Localisé	Vivaces : feuilles larges

2.4. Lutte intégrée

La lutte intégrée contre les mauvaises herbes considère la meilleure partie possible de toutes les stratégies de lutte offertes. Ces stratégies comprennent des méthodes de lutte culturales, mécaniques et chimiques. L'approche de gestion globale de lutte vise, entre autres, à contrôler la propagation ou à éliminer le plus possible les semences de mauvaises herbes en agissant à certains endroits et lors de certaines étapes où ces semences s'accumulent, se propagent et germent.

Les endroits à surveiller pour éviter la propagation sont le sable qui sert à la préparation du champ, les drains (figure 4) entre les bassins de récolte et la machinerie qui circule d'un champ à l'autre.



Figure 4. Drain entre les bassins de récolte

Les périodes à prioriser sont la préparation du champ, lors de l'ensablement et avant l'épiaison des mauvaises herbes.

Le sarclage manuel, durant les deux premières années d'implantation, constitue un moyen de contrôle assez efficace lorsque l'infestation n'est pas trop sévère. Par contre, une bonne couverture par la canneberge reste le meilleur moyen pour le contrôle des mauvaises herbes (Thomas, C., 2003).

Selon Charles D. Armstrong (2006), la plupart des mauvaises herbes peuvent subir, avec un certain succès, les traitements biologiques suivants :

- l'arrachage manuel
- l'acidification du pH de 4,0 à 5,0
- l'application localisée de soufre et de chlorure de sodium
- l'utilisation du vinaigre
- la fauche des têtes de mauvaises herbes avant l'épiaison

D'autres techniques pourraient être utilisées en production de canneberges, soit l'inondation tardive des champs et l'inondation spontanée. L'inondation tardive, pratiquée aux États-Unis, a pour effet de retarder la croissance des mauvaises herbes. L'inondation spontanée s'effectue de façon générale en même temps que la récolte et permet de nettoyer les champs en enlevant une quantité de graines de mauvaises herbes, surtout celles qui flottent. L'application de sable sur les champs permet également d'aider les plants de canneberges à se développer et donc à occuper l'espace plus rapidement que l'émergence des mauvaises herbes, à condition que celui-ci soit exempt de semences de mauvaises herbes.

Selon le groupe HBA Experts-conseils (1997) et selon Leduc et Turcotte (2004) les moyens de lutte intégrée sont les suivants :



- Lors de la réalisation d'un nouveau champ, l'utilisation d'un sable grossier provenant de couches inférieures est préférable à un sable de surface afin qu'il soit exempt de semences de mauvaises herbes;
- Les boutures servant à la plantation doivent provenir d'un champ contenant un minimum de mauvaises herbes;
- L'ensemencement et l'entretien des digues minimisent la prolifération des mauvaises herbes aux alentours des bassins;
- La présence d'un bon système de drainage souterrain permet un contrôle de la nappe phréatique, ce qui inhibe la croissance de plusieurs espèces nuisibles et favorise la croissance des plants de canneberges;
- Le maintien d'un pH adéquat du sol, par l'apport d'amendements de soufre (pH du sol bas, au dessous de 5,5);
- S'assurer que la fertilisation soit adéquate (éviter un surplus ou une déficience en nutriments) et que le sol soit suffisamment aéré (éviter une compaction du sol) pour ne pas nuire à la santé des plants de canneberges;
- Le sablage des champs est généralement réalisé à des intervalles de 3 à 5 ans afin de contribuer à la régénération d'une plantation. Cette pratique consiste en l'application d'une couche uniforme de sable d'une épaisseur variant entre 1,5 à 2,5 cm. Il est préférable d'utiliser du sable excavé plutôt que du sable de surface;
- Le retrait des débris flottants, après la récolte, aide à éliminer les graines qui peuvent être présentes dans ces résidus.

2.5. État de la situation sur l'acide acétique

2.5.1. Introduction

Faire l'état de la situation sur l'utilisation de l'acide acétique était nécessaire afin de connaître l'état d'avancement des connaissances dans ce domaine. Le regroupement de ces informations a permis de mettre en valeur l'importante hétérogénéité quant aux sources d'information disponibles sur le sujet, autant au niveau littéraire que des intervenants du domaine agricole au Québec et à l'extérieur du pays et de répondre aux questions tant agronomiques que législatives.

Cet état de la situation servira de complément à la demande d'homologation portant sur l'utilisation de l'acide acétique comme moyen de lutte aux mauvaises herbes dans la production de canneberges et de bleuets. De plus, il servira d'orientation pour entreprendre la suite d'essais et d'expérimentations des moyens de lutter ou de prévenir la propagation de mauvaises herbes dans les deux productions.

2.5.2. Nature du produit

Le vinaigre ou acide acétique (CH_3COOH) est le résultat de deux processus biochimiques naturels successifs obtenus en conditions contrôlées, soit à partir d'amidon de maïs (vinaigre blanc pur ou vinaigre de maison), de sucres provenant de raisins (vinaigre de vin) ou de pommes (vinaigre de cidre). Les deux processus biochimiques naturels sont la fermentation alcoolique, résultant de l'action des levures transformant les sucres naturels en alcool, et la fermentation



acétique qui est le résultat de l'action d'un microorganisme, l'acétobacter aceti, qui transforme à son tour l'alcool en acide acétique.

Les divers intervenants contactés ont une façon différente de définir l'acide acétique. À ce jour, l'acide acétique est considéré par l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) comme une molécule chimique à risque réduit. Depuis 2002, les demandes croissantes en produits biologiques ont incité l'ARLA à mettre en place une structure adaptée à ce secteur. Il existe maintenant un programme pouvant aider l'homologation des produits biologiques, à moindre coût, afin de favoriser les petites entreprises de ce secteur, tout en assurant la protection de la santé humaine et de l'environnement. Le programme de réduction des risques comprend trois volets :

- le volet 1 : soutien des producteurs afin de développer la lutte intégrée ou d'obtenir l'homologation de produits à risques réduits;
- le volet 2 : initiatives aux biopesticides pour accélérer le processus d'homologation de produits biologiques déjà homologués aux USA;
- le volet 3 : support des petites entreprises canadiennes pour l'homologation de leurs produits biologiques (ex. : bioprotec pour le Neem). Stratégie/commercialisation, appui à la réglementation, support à la recherche.

L'ARLA poursuit des démarches pour structurer le processus de contrôle des produits biologiques émergents afin de s'adapter à la demande biologique.

Parallèlement, les agences de certification biologique ont pris le mandat et ont réglementer l'usage des produits biologiques, pour permettre aux producteurs d'avoir accès à certains produits.

Pour l'organisme d'accréditation biologique au Québec, le Conseil des appellations agroalimentaires du Québec (CAAQ), et les organismes de certification biologiques québécois, l'acide acétique est considéré comme une molécule naturelle.

Par ailleurs, en tant que scientifique, M^{me} Marie Garon, biologiste au MAPAQ, considère le vinaigre ou l'acide acétique comme un produit chimique de synthèse, puisqu'il constitue une molécule chimique fabriquée à l'aide d'une transformation quelconque.

2.5.3. Mode d'action

Michael D. K. Owen (2002) a rapporté des discussions auprès de chercheurs du USDA, tel que le Dr John R. Teasdale. Ce dernier a caractérisé le mécanisme d'action de l'acide acétique comme étant similaire au paraquat (un herbicide de contact), c'est-à-dire qu'il produit une dissolution rapide de l'intégrité de la membrane cellulaire provoquant ainsi une dessiccation des tissus foliaires et, ultimement, la mort de la plante. L'acide acétique n'est pas un herbicide sélectif, il peut endommager n'importe quelle partie de la plante qui entre en contact avec le produit.



2.5.4. Études menées avec de l'acide acétique pour un usage agricole

a. États-Unis

Une étude menée par Kim Patten, spécialiste en horticulture au Washington State University, s'est terminée en septembre 2006. Dans le cadre de celle-ci, des applications à grande échelle, de 13 600 à 36 400 litres à l'acre d'acide acétique dilué (2 à 4 %) ont été réalisées. L'acide acétique a été appliqué au sol avant l'éclosion florale de la mi-avril. La compilation des données révèle que le contrôle de certaines mauvaises herbes dans les champs de canneberges, telles que le maïanthème dilaté (*Maianthemum dilatatum*), était de passable à bon.

Le contrôle sur les mauvaises herbes et le niveau de phytotoxicité ont été affectés par le taux d'humidité dans le sol, la température, la période et le type de sol. Cependant, ces résultats n'ont pas été constants, ce qui rend difficile d'établir une tendance. Patten a également fait valoir le côté pratique de l'application de l'acide acétique par application localisée, en précisant que cette approche ne modifie pas le pH du sol. Toutefois, il a remarqué que la fréquence et la période d'application sont des variables qui nécessitent d'être approfondies pour bien comprendre la tendance.

Une autre étude, menée par Webber III et coll. (2005), est considérée comme étant la première étude détaillée pouvant servir de référence pour l'application localisée foliaire de l'acide acétique pour la production de canneberges. Cette étude, réalisée dans le sud-est de l'Oklahoma, a entre autres démontré que l'application d'acide acétique était généralement plus efficace pour contrôler les mauvaises herbes à large feuille plutôt que les graminées. Les applications les plus efficaces pour les graminées nécessitaient des concentrations d'acide acétique de 20 % à une dose de 455 litres à l'acre.

Par ailleurs, en 2002, le USDA a publié des données se rapportant à des essais avec de l'acide acétique réalisés par les chercheurs de l'ARS (Agricultural Research Service), dont Jay Radhakrishnan, John R. Teasdale et Ben Coffman font partie. Il est intéressant de noter que cette recherche a été initiée par la communauté d'agriculture biologique qui a besoin de trouver des produits de lutte aux mauvaises herbes ayant peu d'impacts sur l'environnement et qui sont peu coûteux. Ils ont testé de l'acide acétique sur des mauvaises herbes dominantes, telles que le chénopode blanc, la sétaire géante, l'abutilon, l'amarante à racine rouge et le chardon des champs dans les serres et les champs en production agricole, et ce, de façon scientifique.

Ces chercheurs ont utilisé de l'acide acétique provenant de fruits et de grains pour se conformer aux exigences de la certification biologique. Les essais ont générés des résultats très concluants, notamment en pulvérisation manuelle sur les feuilles. L'acide acétique avait une concentration de 5 à 10 %. Les chercheurs ont constaté l'élimination totale de ces mauvaises herbes lorsque l'acide acétique était appliqué au cours des deux premières semaines de leur croissance. Les plantes plus âgées nécessitaient une plus grande concentration d'acide acétique afin de provoquer le même effet.



Avec des concentrations plus élevées, de l'ordre de 10 à 20 %, le taux de mortalité des mauvaises herbes s'élevait entre 85 à 100 %, et ce, à tous les stades de croissance. Le chardon des champs, qui est reconnu comme la mauvaise herbe vivace la plus résistante, a démontré la plus grande sensibilité avec un taux de mortalité de 100 % suivant l'application d'une concentration de 5 % d'acide acétique. Cependant, comme les racines n'étaient pas en contact avec le produit, la plante a pu repousser. L'application localisée dans les champs de maïs avec de l'acide acétique concentré à 20 % a éliminé de 80 à 100 % des mauvaises herbes sans affecter le maïs. Toutefois, il faut rappeler qu'il est illégal, selon la FIFRA (Federal insecticide, fungicide and rodenticide act), d'utiliser ce produit s'il ne possède pas de numéro d'enregistrement.

Ces mêmes chercheurs ont évalué l'aspect économique des différents moyens d'application et ont notamment indiqué que l'application par pulvérisation d'acide acétique concentré de 20 à 30 % coûte entre 165 et 248 \$US/hectare. L'application par bande permet une réduction du coût du tiers. Finalement, l'application localisée à la base de la tige reste le moyen d'application le plus efficace avec l'acide acétique comme herbicide.

b. Canada

Des essais d'application d'acide acétique pour lutter contre les mauvaises herbes ont été faits au Québec, au cours de la saison 2003 (CETAQ, 2003). À l'aide d'un dispositif à injection, la solution d'acide acétique a été appliquée près du collet des mauvaises herbes, afin d'acidifier la rhizosphère des racines. L'efficacité de trois concentrations d'acide acétique (6, 10 et 12 %) a été vérifiée sur le contrôle de cinq mauvaises herbes vivaces retrouvées dans la culture de canneberges (joncs *juncus* spp), scirpe (*Cyperaceae* spp), trèfle rouge (*Trifolium pratense*), graminées (*Gramineae* spp) et prêle des champs (*Equisetum arvense*).

Les applications d'acide acétique à 6 % dans un sol humide se sont avérées efficaces seulement pour la prêle des champs. Les concentrations de 10 et 12 % en sol humide ont eu un bon contrôle sur les graminées, le trèfle et la prêle des champs. Par contre, des résultats variables ont été observés pour les arbres et les joncs. Cette variabilité serait due à la position des racines par rapport au lieu d'injection pour les arbres et à la grosseur des talles pour les joncs. En sol sec, les traitements d'acide acétique à 6, 10 et 12 % offrent un bon contrôle pour les joncs, le trèfle, les graminées et la prêle et un contrôle variable pour les arbres. Les applications ne se sont pas avérées dommageables sur les plants de canneberges situés à proximité des mauvaises herbes traitées.

À la lumière des résultats de Kim Patten, d'autres essais ont été réalisés, en 2004, pour vérifier l'efficacité de trois concentrations d'acide acétique appliquées par pulvérisation foliaire, soit de 4, 5 et 6 %, afin d'obtenir un contrôle des jeunes plantules de la renouée persicaire (*Polygonum persicaria* L.), une mauvaise herbe annuelle. Les traitements ont été effectués tôt au printemps, au début du débourrement des bourgeons des plants de canneberges. Les résultats obtenus n'ont pas permis d'établir un protocole précis d'application foliaire de l'acide acétique dans la canneberge pour lutter contre les mauvaises herbes annuelles (Drolet, I. 2007).



Parallèlement aux essais dans la production de canneberges, des essais dans la production de bleuets nains ont été réalisés aux cours des années 2005 et 2006 (Gagnon S. et coll, 2005 et 2006). Les résultats préliminaires de ces deux années d'essais ont clairement démontré que la méthode d'application de l'acide acétique concentré à 12 %, par injection, était suffisamment efficace pour contrôler au moins neuf espèces de mauvaises herbes fréquemment retrouvées dans les bleuetières (herbe à quatre-temps, fougères, dierville, chèvrefeuille, salsepareille, apocyn à feuilles d'Androsème, chénopode blanc, épilobe à feuilles étroites et graminées), lorsque appliqué sur de jeunes plants, donc au printemps suivant la fauche.

De plus, le suivi des essais de 2005, au printemps 2006, confirme que les plants de mauvaises herbes ayant subi des dommages en 2005 sont toujours affectés au printemps 2006. Cependant, l'injection de vinaigre a affecté les plants de bleuets situés près des mauvaises herbes traitées, et ce, pour toutes les espèces à l'étude. Les conditions de température et d'humidité du sol, lors des applications d'acide acétique par injection, étaient optimales. Par ailleurs, les essais de phytotoxicité de 2006, sur les plants de bleuets, ont révélé très peu de dommages. Les paramètres influant la phytotoxicité seront étudiés de manière plus approfondie lors des essais 2007.

Les essais par pulvérisation ont, quant à eux, eu autant d'impacts sur les mauvaises herbes que sur les plants de bleuets, car il s'agit d'un produit de contact non sélectif. Toutefois, comme pour les mauvaises herbes, les dommages se sont atténués avec le temps, étant donné que les plantes sont vivaces et que les essais de pulvérisation ont été faits à l'été sur des plants matures donc plus forts. Les résultats de 2006 sur les dommages aux plants de bleuets étaient qualitatifs. Pour 2007, cette évaluation sera faite de manière quantitative, afin de dresser un portrait précis de la situation. De plus, pour la saison d'essais 2007, la pulvérisation d'été sera éliminée et les essais seront faits très tôt au printemps, suivant la fauche, avant même la sortie du bleuet. L'hypothèse sera de vérifier si l'acidification du sol affectera la mauvaise herbe et non le plant de bleuets.

En 2002 et 2003, Michael Main, du Collège d'agriculture de la Nouvelle-Écosse, a effectué une évaluation de l'effet de différentes concentrations (5, 8, 10 et 20 %) d'acide acétique sur la survie de différents types de chardon dans les pâturages. Également, il a poursuivi les observations sur la survie du chardon au printemps suivant. Les applications de l'acide acétique ont été ciblées sur le feuillage des mauvaises herbes selon deux méthodes d'application, soit par pulvérisation ou par contact sur le feuillage à l'aide d'un applicateur de type hockey imbibé d'acide acétique. Dans certains cas, la tête des mauvaises herbes avait été fauchée au préalable. Il a également poursuivi des observations sur le pissenlit, les herbes et les trèfles après l'application d'acide acétique.

Les observations ont permis de constater que la concentration de 5 % causait seulement des brûlures modérées sur le plant. Pour sa part, les concentrations de 10 et de 20 % sont efficaces sur le chardon vulgaire (*Cirsium vulgare*) et sur le jeune chardon des champs (*Cirsium arvense*). Ces mauvaises herbes ont été éliminées et n'ont pas repoussé durant la saison. Par contre, sur le



chardon des champs mature, la concentration de 20 % n'a pas suffi à éliminer complètement la mauvaise herbe. En conclusion, une concentration de 5 % produit des résultats limités sur le contrôle du chardon, alors qu'à partir d'une concentration de 8 %, il devient plus efficace surtout sur les jeunes plants.

Finalement, les pissenlits pulvérisés à répétition avec de l'acide acétique à 10 et 20 % n'ont pas été éliminés. Michael Main a donc conclu que l'acide acétique n'est pas efficace sur les pissenlits.

Les herbes et les trèfles, jeunes et matures, ont aussi été éliminés complètement avec une concentration de 10 % et ont été considérablement affectés avec une concentration à 5 % d'acide acétique.

2.5.5. Homologation au Canada

Selon M^{me} Marie Garon, coordonnatrice provinciale du Programme d'homologations de pesticides à usages limités au MAPAQ, l'homologation de l'acide acétique est toujours nécessaire pour pouvoir être utilisé par les producteurs conventionnels et par les producteurs biologiques.

Pour entamer un tel processus, il s'agit d'identifier un titulaire d'homologation, c'est-à-dire quelqu'un qui prend en charge la préparation du dossier pour le soumettre à l'ARLA. Celui-ci a la responsabilité de démontrer à l'ARLA toutes les données relatives au processus de l'homologation, dont les données toxicologiques sur la santé humaine, les données sur l'environnement, etc. La première étape consiste à obtenir une rencontre de présoumission par le titulaire d'homologation auprès des agents de l'ARLA, afin d'ouvrir un dossier et de connaître les données manquantes.

À l'heure actuelle, des produits à base d'acide acétique sont homologués au Canada pour un usage domestique seulement. Le tableau 2 présente ces produits.

Tableau 2. Produits à base d'acide acétique homologués au Canada

Nom du produit	Numéro d'enregistrement	Référence
Écoclear (commercial)	# 25528	ARLA Tableau 3a – Biopesticides à risques réduits (mise à jour-RR2006-01)
President's Choice Weed Controler herbicide	# 27109	
Scott Ecosense	# 27933 # 28179 # 28178	ARLA Tableau 3b – Biopesticides homologués au Canada – produits à usage domestique (en date du 31 mars 2006)

Selon M^{me} Danielle Bernier, agronome et malherbologiste au MAPAQ, il existe des avenues prometteuses de solution pour l'homologation. Les producteurs biologiques ont déjà l'approbation d'utilisation du produit à base d'acide acétique auprès de leur organisme de certification et ont l'accord pour l'utilisation du vinaigre Reinhart. Par ailleurs, pour les producteurs de canneberges conventionnels, il suffirait de demander à un titulaire d'homologation de faire une extension



d'étiquette pour un usage agricole. Une autre avenue possible serait qu'un organisme comme l'APCQ (Association des producteurs de canneberges du Québec) puisse agir en tant que demandeur pour emploi mineur. Il s'agit alors d'un processus d'homologation pour un volume de vente réduit ou une superficie réduite. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire d'avoir un titulaire d'homologation puisqu'il s'agit du cadre du programme de réduction des risques (volet 1) de l'ARLA.

Pourquoi il y a autant de restrictions autour de l'usage de l'acide acétique comme herbicide? Il y a deux raisons identifiées, soit l'aspect légal et l'aspect sécuritaire. Les concentrations d'acide acétique au-delà de 11 % peuvent causer des brûlures au contact de la peau. Alors qu'au contact des yeux, il peut provoquer des brûlures sévères et des blessures permanentes à la cornée. La population considère l'acide acétique comme quelque chose de sécuritaire et qui peut aisément être ajouté à notre salade (le vinaigre de table a une concentration de 5 %). Ces gens ne sont généralement pas informés du danger potentiel que peut avoir une concentration plus élevée, d'où le besoin d'une réglementation à cet effet.

2.5.6. Législation aux États-Unis

Selon le U.S. Environmental Protection Agency (EPA), l'acide acétique est un produit chimique commun retrouvé dans tous les organismes vivants. La forme commune de l'acide acétique qu'est le vinaigre est la forme diluée. Les produits phytosanitaires contenant de l'acide acétique sont utilisés pour contrôler divers types de mauvaises herbes, incluant les graminées. Selon cette autorité, il n'y a pas de risque pour la population ou l'environnement lorsque l'acide acétique est utilisé tel que prescrit par l'étiquette. Cependant, les usagés doivent recourir à des équipements de protection pour prévenir le contact avec la peau et les yeux.

Michael D.K. Owen, spécialiste en gestion des mauvaises herbes du Département d'agronomie de l'Université d'Iowa, précise dans un de ses articles que l'utilisation de l'acide acétique sans homologation constitue un usage illégal en violation de la réglementation du FIFRA (Federal Insecticide, Fungicide and Rodenticide Act).

Le processus d'homologation d'un herbicide est nécessaire aux deux paliers gouvernementaux, soit au niveau fédéral, représenté par le EPA sous les lois du FIFRA et au niveau de l'état par le département d'agriculture de ce dernier. Ainsi, certains herbicides peuvent être homologués dans un état et non dans un autre, c'est le cas entre autres du produit *St. Gabriel Labs Fast Acting Burn Out RTU* (EPA Reg#69836-2-63191) qui est homologué dans l'état de Washington, mais qui ne l'est pas en Oregon.

Plusieurs compagnies détiennent une homologation pour des produits herbicides à base d'acide acétique pour un usage commercial seulement. Des informations peuvent être obtenues avec les liens Internet suivants : www.garden-ville.com, www.greensense.net et www.biconet.com. Notamment, le produit *Burnout Weed and Grass Killer* détient un numéro d'enregistrement EPA No. 69836-1-63191. D'autres produits, homologués aux États-Unis, peuvent être trouvés dans la



base de données du PICOL (Pesticide Information Centre Online) à l'adresse suivante : <http://cru66.cahe.wsu.edu/labels/Labels.php>.

Il est à noter que l'étiquette du produit commercialisé sous la marque Greenergy indique que l'acide acétique est un agent inerte et que l'acide citrique est un agent actif. Étonnamment, cette allégation a fait en sorte de qualifier ce produit dans la catégorie des herbicides à risque réduit et, ainsi, il ne nécessite pas de numéro d'enregistrement de l'EPA. Même si l'homologation fédérale n'est pas nécessaire, ce produit doit quand même être homologué au niveau de l'état qui en fait la commercialisation et l'utilisation.

2.5.7. Risque pour l'environnement

Généralement, il est reconnu par les divers spécialistes de l'agriculture au Canada et aux États-Unis que l'acide acétique n'est pas dommageable pour l'environnement. En effet, cette molécule se dégrade rapidement et cela s'observe par la libération de molécules de CO₂ et d'eau (H₂O), ce qui n'est aucunement problématique pour l'environnement.

a. Accréditation et certification biologique

Selon le Centre d'agriculture biologique du Canada (Organic Agriculture Centre of Canada, 2004), tous les produits utilisés pour la lutte aux mauvaises herbes doivent d'abord être homologués par l'ARLA en plus d'être acceptés par l'agence de certification biologique. L'acide acétique est permis d'utilisation en production biologique, en autant que la concentration ne dépasse pas 5%. Actuellement, le produit Écoclear contient des ingrédients qui nuisent à son approbation en production biologique.



3. DESCRIPTION DU PROJET

La production de canneberges biologiques cherche à maintenir et à élargir l'accès à des outils de lutte à risques réduits et adaptés à la culture biologique. Pour le contrôle des mauvaises herbes, la matière active « acide acétique » est fortement priorisée par les producteurs de canneberges en vue d'une demande d'homologation dans le cadre du Programme d'homologation mineur ou du Programme de réduction des risques liés à l'utilisation des pesticides. Avant d'initier une demande d'homologation auprès de l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA) de Santé Canada, il est essentiel de produire des données d'efficacité de la matière active visée.

3.1. Objectif

3.1.1. Objectif général

Évaluer l'efficacité de l'utilisation du vinaigre blanc (acide acétique), pour lutter contre les principales mauvaises herbes vivaces dans la production de canneberges biologiques.

3.1.2. Objectifs spécifiques

- Déterminer la concentration d'acide acétique requise pour obtenir une bonne efficacité;
- Évaluer la dose minimale d'acide acétique requise afin d'assurer un bon contrôle des espèces de mauvaises herbes ciblées;
- Évaluer la capacité de l'acide acétique à supprimer les mauvaises herbes ciblées dans différentes conditions édaphiques (sol humide, sol sec);
- Évaluer les risques de phytotoxicité de l'application du produit à base d'acide acétique sur la croissance et le développement de la canneberge;
- Compiler les données nécessaires en vue de faire une demande d'homologation de l'acide acétique dans le cadre du Programme d'homologation mineur ou du Programme de réduction des risques liés à l'utilisation des pesticides.

3.2. Dispositif expérimental

3.2.1. Expérimentation visant les mauvaises herbes

L'évaluation de l'efficacité de différentes concentrations d'acide acétique sur le contrôle des espèces de mauvaises herbes et selon les conditions édaphiques du sol s'est réalisée suivant un dispositif qui comprend les variables suivantes :

- trois types de mauvaises herbes (graminée, jonc et scirpe)
- six concentrations d'acide acétique, dont un contrôle non traité
- une application
- deux types de sol (humide et sec)
- huit répétitions par traitement

Le niveau d'affection des mauvaises herbes a été évalué à quatre stades au cours de la saison.



La variable mesurée sur les mauvaises herbes était le niveau d'affection suite aux traitements en fonction des critères de cinq catégories, selon le classement suivant :

- (0) non affecté
- (1) affecté à moins de 50 %
- (2) affecté entre 50 et 74 %
- (3) affecté entre 75 et 99 %
- (4) totalement affecté

3.2.2. Expérimentation visant l'évaluation de la phytotoxicité

L'évaluation des risques de phytotoxicité de l'application du produit à base d'acide acétique sur la croissance et le développement de la canneberge s'est réalisée selon le dispositif suivant :

- six concentrations d'acide acétique dont un contrôle non traité
- une application
- deux types de sol (humide et sec)
- huit répétitions par traitement

Le niveau d'affection des plants de canneberges a été évalué à quatre stades au cours de la saison.

Suite aux traitements, le niveau d'affection des plants de canneberges a été évalué de façon qualitative en fonction de l'aspect physique du plant.

3.2.3. Mauvaises herbes visées

Les mauvaises herbes traitées dans le cadre de ce projet sont :

1. Graminée : Chiendent (*Agropyron repens* (L.) P. Beauv.)
2. Jonc : Jonc épars (*Juncus effusus* L.)
3. Scirpe : Scirpe souchet (*Scirpus cyperinus* (L.) Kunth)

3.2.4. Concentrations d'acide acétique

Les concentrations d'acide acétique testées dans ce projet sont :

1. 3 %
2. 4,5 %
3. 6 %
4. 9 %
5. 12 %
6. 0 % (témoin)



3.2.5. Nombre de spécimens évalués

Pour évaluer l'efficacité de l'acide acétique, 288 spécimens ont été observés, soit :

- 144 en sol humide
- 144 en sol sec

Pour évaluer la phytotoxicité de l'acide acétique sur la canneberge, 96 zones de plants de canneberges sans mauvaises herbes ont été observées, soit :

- 48 en sol humide
- 48 en sol sec

3.2.6. Description des sites d'essais

Quatre emplacements (sites expérimentaux) ont été sélectionnés pour les traitements visant les mauvaises herbes. Deux sites ont été choisis pour l'emplacement des essais visant à vérifier la phytotoxicité sur les plants de canneberges.

Ferme 1 : Ferme Atocas Saint-François (#1) - Site A : Jonc épars – Sol humide et sol sec

Ferme 2 : Ferme Canneberges du Roy (#2) - Site B : Chiendent – Sol humide et sol sec

Ferme 3 : Ferme Canneberges du Roy (#2) - Site C : Scirpe souchet – Sol humide

Ferme 4 : Ferme Sakota (#3) - Site D : Scirpe souchet – Sol sec

Site phytotoxicité 1 : Ferme Canneberges du Roy (#2) - Site C – Sol humide

Site phytotoxicité 2 : Ferme Canneberges du Roy (#2) - Site B – Sol sec

Le plan des fermes ainsi que l'identification des sites sont présentés à l'annexe 1.



4. DÉROULEMENT DES TRAVAUX

4.1. Méthodologie

4.1.1. Sélection des sites et emplacement géographique de l'essai

Les sites permettant de vérifier l'impact des traitements sur les mauvaises herbes ont été sélectionnés en fonction de la présence naturelle des mauvaises herbes étudiées en terme de nombre de spécimens.

Les zones identifiées pour les essais de phytotoxicité sont une section de champ avec une bonne densité de plants de canneberges et où il n'y avait pas de mauvaises herbes. Tous les sites expérimentaux étaient en sol sablonneux. Une analyse de sol a été effectuée dans chacun des champs expérimentaux afin de vérifier la teneur en matière organique et d'assurer l'équivalence des textures de sol (annexe 2).

Tous les sites du projet étaient situés sur trois fermes en production biologique au Centre-du-Québec dans la région des Bois-Francs à Saint-Louis de Blandford, Saint-Rosaire et à Notre-Dame-de-Lourdes. Les essais se sont déroulés dans la zone agroclimatique 5 (zone 5).

4.1.2. Sélection des mauvaises herbes

Les trois catégories de vivaces sélectionnées sont de la famille des graminées, des joncacées et des cypéracées. En début de saison, les traits morphologiques similaires facilement observables ont permis d'assurer que chaque répétition de mauvaises herbes d'une même catégorie était une seule et unique espèce. Des spécimens au stade de maturité avec inflorescence provenant des sites témoins ont été identifiés au laboratoire de diagnostic en phytoprotection du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec afin de s'assurer de l'espèce (Néron, R., 2007).

Lors de la sélection des mauvaises herbes, un barème de référence a été utilisé afin que les éléments traités soient de dimension similaire. Au moment de l'implantation des sites, en mai 2006, le barème de sélection pour chacune des catégories a été défini comme suit :

- Graminées vivaces : plants portant entre deux et cinq tiges
- Jonc : talles entre 3 et 7 cm de diamètre
- Scirpe: talles entre 3 et 7 cm de diamètre

4.1.3. Période d'intervention

Les deux périodes d'intervention ont été déterminées en fonction du taux d'humidité du sol des sites expérimentaux. Avant d'initier les traitements, dix lectures du taux d'humidité du sol ont été effectuées à l'aide d'un lecteur d'humidité du sol (tensiomètre). Le sol a été classé humide, lorsque les valeurs obtenues se situaient au-dessus de 60 % et classé sec pour des valeurs en dessous de 40 %. Dès que la moyenne des données indiquait la condition édaphique voulue, les traitements avaient lieu le même jour. Les lectures de tensiomètre se trouvent compilées à l'annexe 3.



Les traitements en sol humide ont été effectués le 1^{er} juin 2006 pour chacune des trois espèces de mauvaises herbes et pour les essais de phytotoxicité. Les traitements en sol sec ont eu lieu le 10 juillet 2006 pour le jonc et le scirpe et le 11 juillet 2006 pour la graminée et les essais de phytotoxicité.

4.1.4. Identificateurs

Le mode de différenciation des traitements en champ a été possible par l'emplacement d'indicateurs (drapeaux) de différentes couleurs, placés près de chacune des mauvaises herbes du projet. Les tableaux 3 et 4 détaillent la couleur des drapeaux en fonction des traitements (conditions édaphiques et doses). Une photo pour chacun des sites se trouve à l'annexe 4.

Tableau 3. Liste d'identification des traitements d'acide acétique en sol humide

Traitement	Couleur d'identification des traitements	Condition édaphique	Concentration d'acide acétique
1	Rouge	Sol humide	3 %
2	Bleu	Sol humide	4,5 %
3	Rose	Sol humide	6 %
4	Jaune	Sol humide	9 %
5	Blanc	Sol humide	12 %
6	Vert	Sol humide	Témoin – 0 %

Tableau 4. Liste d'identification des traitements d'acide acétique en sol sec

Traitement	Couleur d'identification des traitements	Condition édaphique	Concentration D'acide acétique
7	Rouge+ruban	Sol sec	3 %
8	Bleu+ruban	Sol sec	4,5 %
9	Rose+ruban	Sol sec	6 %
10	Jaune+ruban	Sol sec	9 %
11	Blanc+ruban	Sol sec	12 %
12	Vert+ruban	Sol sec	Témoin – 0 %

4.1.5. Appareil d'application de l'acide acétique

Dans le cadre de ce projet, les traitements ont été faits par une personne expérimentée qui a utilisé un pulvérisateur de marque « Solo 325 ». Le pulvérisateur a été modifié et muni d'un dispositif à injection spécifiquement conçu pour cet usage (figure 5). Le dispositif à injection se



décrit comme suit : une tige en acier inoxydable de diamètre extérieur de 3/8", de diamètre intérieur de 7/32" et de longueur de 34" dont l'extrémité se termine en pointe. La pointe est interchangeable et peut donc être changée lorsqu'elle est trop usée. La pointe 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 6). 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 regrouper chacun des éléments ensemble.



Figure 5. Dispositif à injection (CETAQ, 2003)



Figure 6. Pointe de la tige d'injection (Gagnon S. et coll., 2005)



L'injecteur a été calibré afin d'injecter une quantité d'environ 35 à 40 ml par application, à 45 lbs 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 et a été effectué plant par plant (ou talle par talle) (figure 7). Au cours des injections, il était important de s'assurer que tout le liquide soit injecté dans le sol avant de retirer la tige d'injection. Ceci afin de garantir la quantité désirée, mais aussi d'éviter l'écoulement de la solution sur le feuillage des plants de canneberges à proximité.



Figure 7. Injection localisée (Gagnon, S. et coll., 2005)

4.1.6. Évaluation du niveau d'efficacité et de phytotoxicité

a. Efficacité sur les mauvaises herbes

La cueillette de données a été réalisée par des observations visuelles de l'état des plants de mauvaises herbes suite aux traitements avec l'acide acétique. L'action de cet herbicide cause la dissolution rapide de la membrane cellulaire, ce qui se traduit par le fanage des tissus et, conséquemment, la mort du plant. La classification du niveau d'affectation des plants comprenait cinq catégories, soit dans la classe non affecté (0), affecté à moins de 50 % (1), affecté entre 50 et 74 % (2), affecté entre 75 et 99 % (3) ou affecté à 100 % (4).

b. Phytotoxicité sur les plants de canneberges

L'évaluation de la sensibilité des plantes hôtes soumises à chacune des doses a été réalisée par un examen visuel. La présence ou l'absence de signes de phytotoxicité sur le feuillage des plants de canneberges a été défini comme suit : perte de couleur (chlorose), jaunissement, dessiccation, brûlure, pertes foliaires, perte de turgescence (flétrissement), malformation de certaines parties des plantes, mort entière ou partielle, etc. La variable mesurée sur les plants de canneberges était le niveau d'affectation suite aux traitements en fonction des critères suivants : (0) non affecté; (1) affecté.



4.1.7. Période d'échantillonnage

L'évaluation de l'efficacité suivant les traitements s'est déroulée tout au cours de la saison (stades 1 à 4). Puisqu'il s'agit d'évaluer des plantes adventices pluriannuelles, la vérification de l'efficacité s'est réalisée au cours ainsi que tard dans la saison, c'est-à-dire en juin, juillet, août et vers la mi-septembre. juste avant le début des récoltes. Les périodes d'évaluation pour les traitements en sol humide ont été réalisées de 8, 21, 35 à 103 jours suivant les applications. En sol sec, la cueillette de données a été de 8, 22, 36 à 64 jours suivant les applications. Les évaluations de la phytotoxicité sur la canneberge ont été faites au cours des mêmes périodes. Le calendrier des activités ainsi que les stades phénologiques de la plante hôte et des plantes nuisibles, notés au moment de chacune des interventions, sont présentés à l'annexe 5.

4.1.8. Données générales

Les données générales comprennent la température de l'air (°C), les mesures de pluviométrie (mm) et la durée d'utilisation des gicleurs (heure). Elles ont été recueillies sur chacune des trois fermes, et ce, lors des journées d'application ainsi que les cinq jours suivants (annexe 6).

4.1.9. Traitement statistique des données

Les données ont été analysées dans le logiciel statistique SigmaStat® suivant une analyse de variance (ANOVA) avec test de comparaison multiple selon le test de Turkey. Chaque espèce de mauvaises herbes a été analysée de façon distincte. Deux analyses statistiques ont été effectuées; une première pour faire ressortir s'il existe des différences entre les types de sol et une seconde pour comparer l'effet des concentrations en fonction des types de sol. Les tables d'ANOVA sont disponibles à l'annexe 7, et ce, pour les deux types d'analyses statistiques.

4.1.10. Notes complémentaires selon le document (DIR2003-04)

Rappelons que le présent projet vise à rassembler les données nécessaires en vue de compléter une demande d'homologation de l'acide acétique pour un usage agricole. Les éléments suivants appartenant à la méthodologie, sont justifiés ici pour rencontrer les directives d'homologation de l'ARLA :

- 1) Les doses ont été établies suite aux résultats préliminaires obtenus en 2003. En sol sec, la dose optimale serait de 6 % et en sol humide, elle serait de 12 %. À chacune de ces doses a été ajoutée une dose de 0,5 X et de 0,75 X afin de déterminer la plus petite dose acceptable.
- 2) Le produit commercial standard n'est pas inclus dans le dispositif expérimental des essais, puisque, à ce jour, aucun produit n'est disponible sur le marché pour cet usage.
- 3) Le dispositif expérimental n'inclut pas de bande tampon autour des sites sélectionnés. Il n'y avait aucune possibilité de contamination des sites par des traitements phytosanitaires alternatifs. Le seul moyen disponible est le désherbage manuel.
- 4) Les périodes d'évaluation recommandées par l'ARLA sont entre les jours 7-14, 21-35 et 42-56 suivant chaque traitement et elles ont été respectées. Les plantes adventices traitées étant pluriannuelles, des prises de données plus tardives (64 et 103 jours suivant les applications) ont été réalisées. Ces dernières évaluations ont été prévues juste avant le début des récoltes, afin de vérifier l'efficacité au cours de toute la saison.



5. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les graphiques représentant les moyennes des niveaux d'affectation en fonction des concentrations d'acide acétique pour chaque mauvaise herbe et condition de sol sont présentés aux figures 8, 9 et 10. Pour chaque concentration, les lettres différentes indiquent une différence significative à $p < 0,05$.

5.1. Effet de l'acide acétique sur les types de sol

L'analyse statistique des résultats indique qu'il existe une différence significative entre les types de sol ou les périodes d'application. Indépendamment des doses étudiées, le taux d'affectation des mauvaises herbes varie selon le degré d'humidité du sol au moment des applications.

Pour la graminée et le scirpe, l'efficacité sous des conditions de sol sec est supérieure à celle obtenue sous des conditions de sol humide. Ces résultats corroborent avec ceux des essais préliminaires réalisés en 2003 (Drolet I., 2003). Toutefois, pour les essais visant les joncs, l'effet du taux d'humidité du sol est inversé. Globalement, la répression des joncs a été significativement plus efficace en sol humide qu'en sol sec. Les résultats obtenus pour les joncs vont à l'encontre des tendances observées et contredisent les deux principes de base (Hopkins W.G., 1999) sur lesquels s'appuie l'hypothèse de départ, soit que les applications en sol sec sont plus efficaces que celles en sol humide.

- 1) 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 d'acide acétique appliquée. 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.
- 2) 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.

Aucun des paramètres de l'essai liés au taux de l'humidité du sol ne permet d'expliquer les résultats obtenus pour les joncs.

- les mesures de tensiomètre respectaient les conditions voulues;
- il n'y a pas eu d'averse localisée sur le site immédiatement ou peu après les applications du 10 juillet 2006;
- aucune utilisation inappropriée des gicleurs qui aurait pu interférer avec les traitements du 10 juillet 2006.

Par contre, une explication peut être apportée selon les paramètres liés à la méthodologie utilisée lors des interventions. Les détails de cette analyse se retrouvent dans la prochaine section qui traite de l'effet de la concentration sur les joncs.



5.2. Effet de la concentration d'acide acétique sur les mauvaises herbes

Les stades de 1 à 4 représentent les résultats obtenus lors des quatre échantillonnages qui ont eu lieu au cours du projet. Étant donné que l'effet des traitements est principalement observable à partir du stade 2, uniquement les stades de 2 à 4 seront touchés par cette analyse.

Le niveau d'affection qui confirme le degré d'efficacité des traitements se situe entre 0 et 4. Le chiffre 0 est obtenu lorsque chacune des huit répétitions a été classifiée « non affecté » et, de la même façon, le chiffre 4 est obtenu lorsque les huit répétitions se classifiaient « affecté à 100 % ». Les doses dont l'efficacité démontre un potentiel de contrôle désiré offrent des résultats supérieurs à 3 sur l'échelle du niveau d'affection, et ce, de façon constante en cours de saison (stades 2, 3 et 4).

Lors des observations pour les témoins, certaines valeurs d'affection ont été notées. Ces valeurs proviennent de légers symptômes de jaunissement du feuillage qui surviennent naturellement au cours de la croissance des plants de mauvaises herbes et ne sont aucunement associés à une intervention quelconque. Des photos représentatives des traitements efficaces pour chacune des mauvaises herbes sont présentés à l'annexe 8.

5.2.1. Graminée (*Chiendent, Agropyron repens (L.) P. Beauv.*)

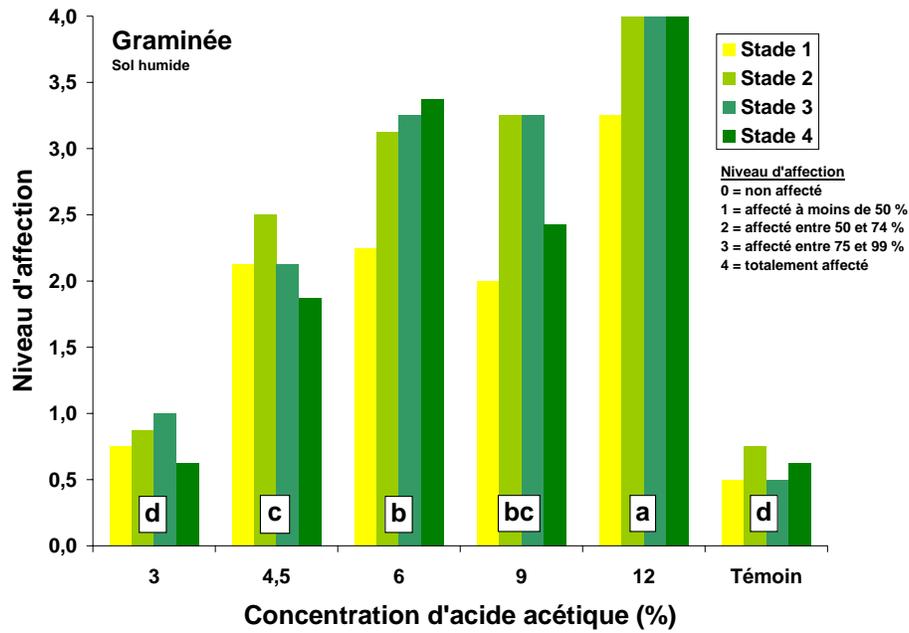
L'évaluation des résultats pour la graminée ne doit pas tenir compte de la quatrième période d'échantillonnage (stade 4). Lors de cette dernière période d'observation, les résultats ont été biaisés en raison de la présence de nouvelles tiges de chiendent émergeant à proximité de certaines des zones (répétitions) traitées. Ces nouvelles tiges étaient le résultat du mode de reproduction végétatif par les rhizomes de cette espèce très envahissante.

De nombreuses recherches démontrent que 90 % des bourgeons présents sur les rhizomes restent dormants, mais lorsqu'une section de rhizome est coupée, un des nœuds de cette section va produire une tige (Duval J., 2006). Ceci explique donc certaines baisses d'efficacité observées au stade 4. Bien qu'il aurait été pertinent d'appliquer un protocole qui tient compte de ce phénomène, ce projet permet uniquement d'évaluer l'effet direct de la matière active sur les tiges traitées. Ainsi, les données représentatives de l'efficacité des traitements offrent une plus grande fiabilité aux stades 2 et 3.

En sol humide, la dose de 12 % permet un contrôle de niveau 4 « affecté à 100 % » (figure 8a). Les doses de 6 et 9 % apportent aussi une efficacité importante de niveau supérieur à 3, mais les risques de variabilité sont plus grands. En effet, ces doses ont occasionné la mortalité de 75 % des plants traités, mais les autres spécimens (répétitions) se retrouvaient dans la classe « affecté à moins de 50 % ». En sol sec, les doses de 4,5, 6, 9 et 12 % permettent un contrôle de niveau 4 « affecté à 100 % » (figure 8b).



a)



b)

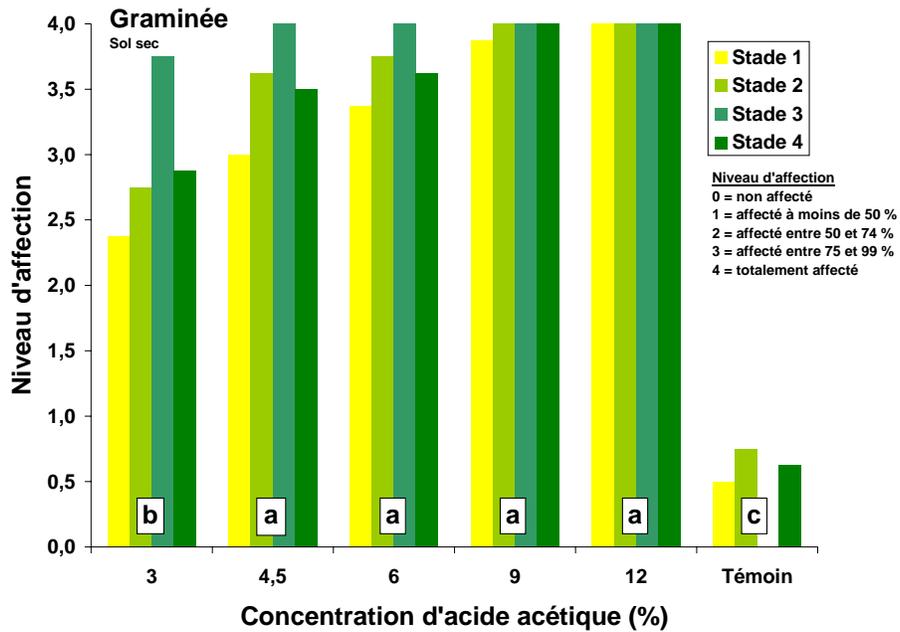


Figure 8. Efficacité du traitement d'acide acétique sur la graminée en a) sol humide et b) sol sec en fonction des concentrations. Les lettres représentent des différences significatives au seuil $p < 0,05$.



5.2.2. Scirpe (*Scirpe souchet, Scirpus cyperinus (L.) Kunth*)

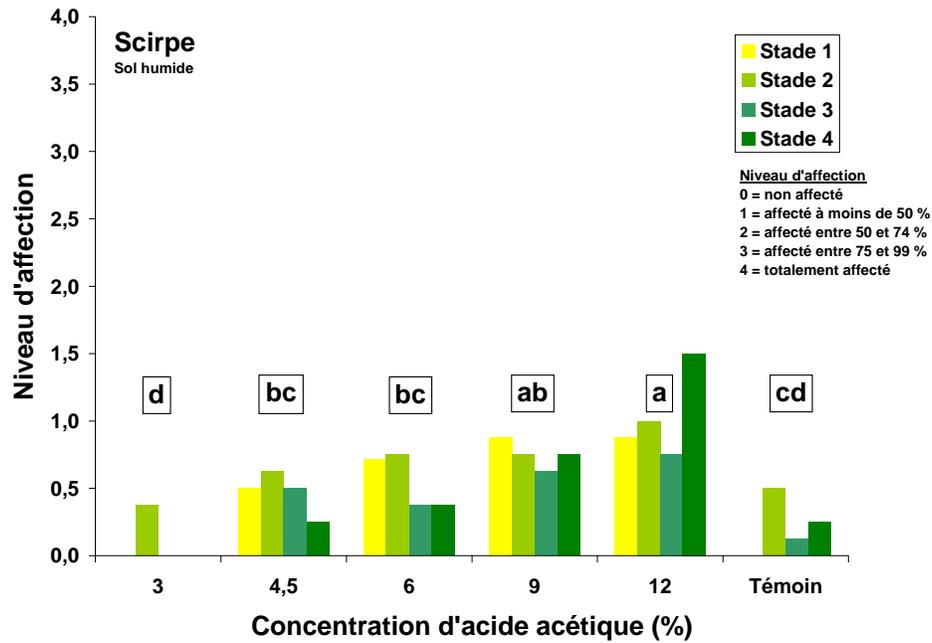
Aucun résultat favorable n'a été obtenu pour tous les traitements effectués en sol humide pour le contrôle du scirpe (figure 9a).

Le taux d'humidité du sol de ce site expérimental était particulièrement élevé. La moyenne des mesures d'humidité était de 72 % et il a été noté, au cours du projet, que ce champ démontrait des signes de mauvais drainage. Néanmoins, les résultats obtenus avec la dose de 12 % sont significativement différents du témoin. Ainsi, il est estimé que cette dose pourrait avoir un potentiel d'efficacité sous des conditions d'humidité se rapprochant de 60 %, telles que mesurées sur les autres sites liés aux applications en sol humide. De plus, la personne responsable des applications a noté qu'il était possible que l'injection ne se soit pas toujours réalisée lors des applications en sol humide pour le scirpe. Il est donc possible qu'il y ait eu certaines difficultés au niveau des injections, mais, globalement, l'effet observé à chacun des traitements est principalement causé par le trop haut taux d'humidité du sol.

En sol sec, les doses de 9 et 12 % permettent un contrôle de niveau d'affection supérieur à 3,5 (figure 9b). L'efficacité obtenue avec chacune de ces deux doses est significativement différente du témoin. Avec 12 % d'acide acétique, 87,5 % des plants traités étaient très fortement affectés et ont été classifiés « affecté à 100 % » pour la majorité et « affecté entre 75 et 100 % » pour un seul spécimen. La répétition 5 a été classifiée, tout au long de la saison, dans la catégorie « affecté à moins de 50 % ». Cette donnée abaisse légèrement le niveau d'affection et il est possible qu'elle soit le résultat d'une plus faible quantité de liquide injecté. Des observations similaires s'appliquent à la dose de 9 %.



a)



b)

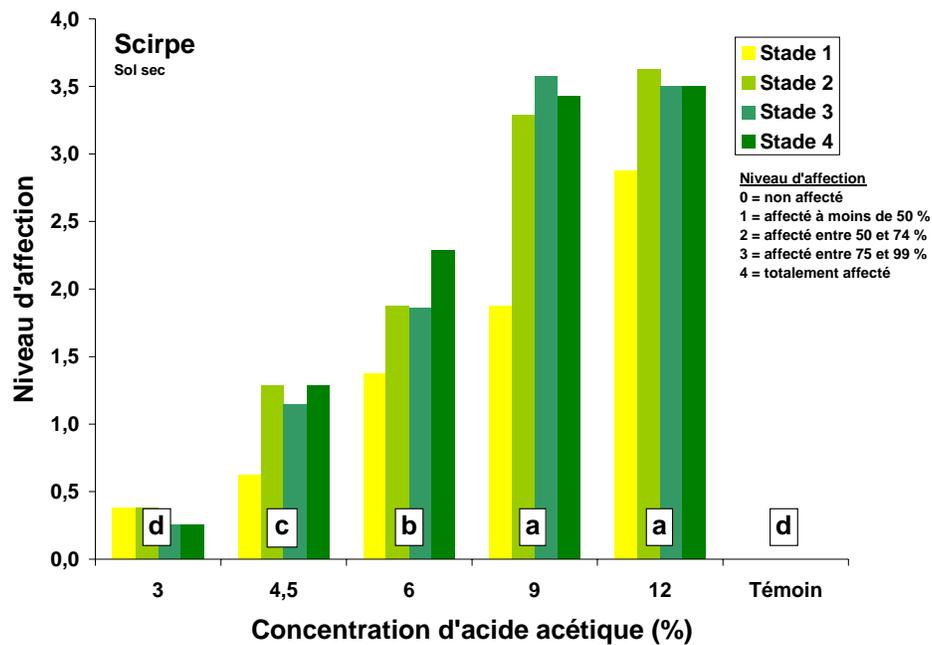


Figure 9. Efficacité du traitement d'acide acétique sur le scirpe en a) sol humide et b) sol sec en fonction des concentrations. Les lettres représentent des différences significatives au seuil $p < 0,05$.



5.2.3. *Jonc (Jonc épars, Juncus effusus L.)*

Les résultats obtenus pour l'affection des joncs en fonction des sols ont été complètement l'inverse que ceux des deux mauvaises herbes précédentes. La répression des joncs a donc été significativement plus efficace en sol humide qu'en sol sec.

En sol humide, la dose de 12 % permet un contrôle de niveau 4 « affecté à 100 % » et est significativement différente du témoin (figure 10a). La dose de 9 % apporte aussi une efficacité importante de niveau d'affection supérieur à 3, mais présente une variabilité plus grande. En effet, cette dose a occasionné la mortalité de 75 % des plants traités, mais les autres répétitions se classaient dans le niveau d'affection « affecté à moins de 50 % ».

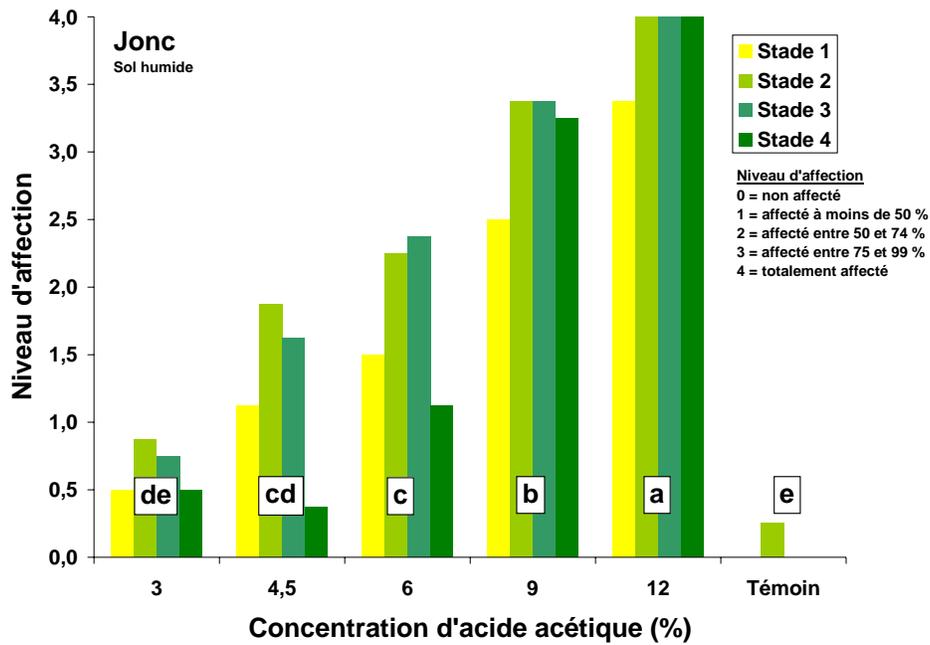
En sol sec, les doses de 9 et 12 % offrent une efficacité similaire et les résultats obtenus sont significativement différents du témoin (figure 10b). Par contre, le niveau d'affection atteint une valeur inférieure à 3 et une grande variabilité de l'efficacité est observée. En effet, ces doses démontrent des taux d'efficacité classifiés dans chacun des niveaux d'affection « affecté à moins de 50 % » jusqu'à « affecté à 100 % ». Comme mentionné dans la section traitant des effets du type de sol, les paramètres liés à la méthodologie utilisée lors des interventions seraient responsables de cette variabilité. Plus précisément, un manque de constance dans l'application des injections de liquide pourrait avoir été causé par les éléments suivants :

- orifice de la tige à injection bloqué partiellement par des impuretés;
- temps d'injection plus bref.

Il est aussi possible que l'application tardive ait contribué à cette variabilité, mais cette option est moins probable, puisque ce phénomène n'est pas observé pour le scirpe qui avait aussi atteint un stade de maturité avancé, au moment des applications en sol sec. L'hypothèse voudrait que l'application tardive ait tout de même contribué à avoir un plant plus mature qui, de par son espèce, devient plus résistant à l'acide acétique et aurait nécessité un plus gros volume d'acide acétique afin d'être efficace.



a)



b)

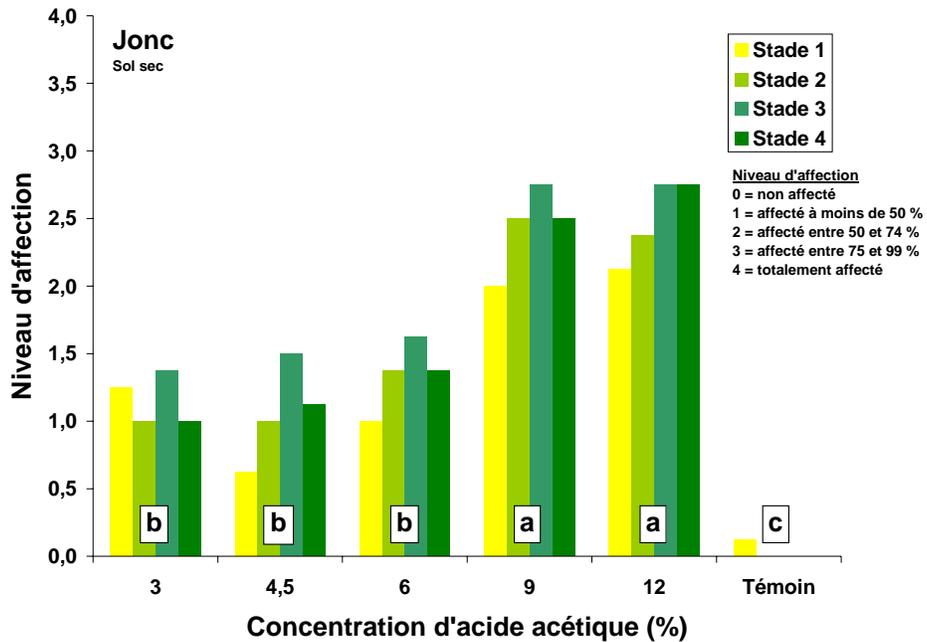


Figure 10. Efficacité du traitement d'acide acétique sur le jonc en a) sol humide et b) sol sec en fonction des concentrations. Les lettres représentent des différences significatives au seuil $p < 0,05$.



5.3. Effet phytotoxique des traitements sur les plants de canneberges

L'analyse de la phytotoxicité dans le cadre de ce projet n'est pas quantitative, mais sachant que la densité moyenne de plants de canneberges est autour de 300 à 400 tiges/pied² (figure 11), les pertes de rendement associées aux différentes doses d'injection sont considérées nulles (CETAQ, 2006). Lors des essais de 2003, il a été indiqué que l'acide acétique n'était pas dommageable sur les plants de canneberges retrouvés à faible densité autour des plants de mauvaises herbes traités (Drolet I., 2003). Enfin, il est important de souligner que le mode d'emploi proposé suggère des applications directes sur les mauvaises herbes, spécialement celles qui forment des talles et où la densité de canneberges à proximité est faible. Ainsi, la méthodologie utilisée au cours de ce présent projet permet d'avoir des indications justes de la phytotoxicité sur des zones denses de plants de canneberges, mais ne risquera jamais de devenir une pratique courante.

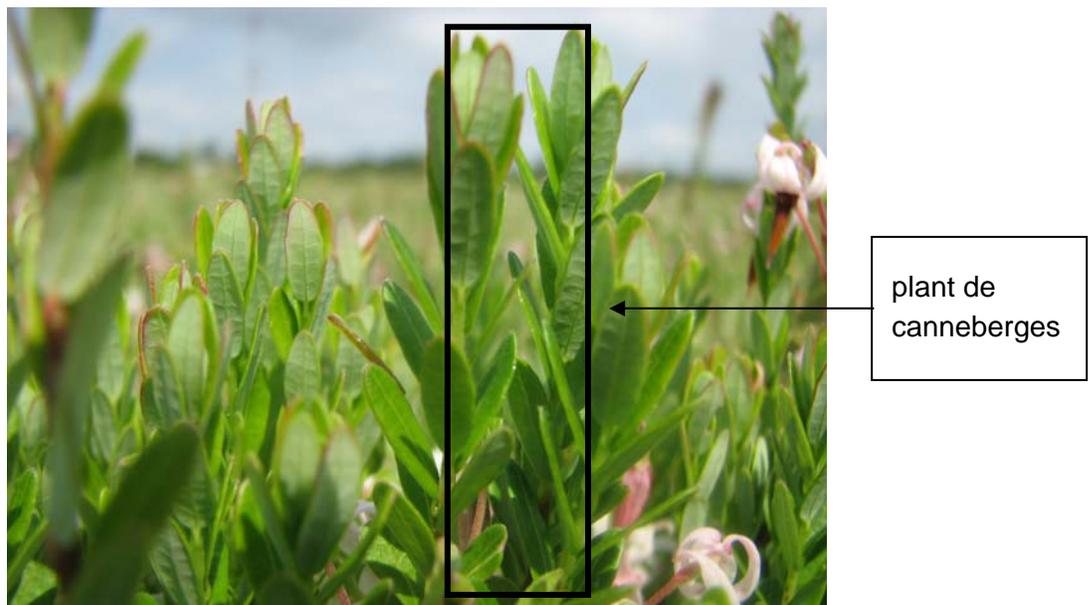


Figure 11. Densité des plants de canneberges (CETAQ, 2006)

5.3.1. Sol humide

L'examen visuel indique que les traitements en sol humide n'ont pas occasionné de phytotoxicité sur les plants de canneberges.

Pour les essais de phytotoxicité, la moyenne d'humidité de 66,1 % du sol, obtenue sous condition de sol humide, respectait la norme établie (annexe 3). Par contre, celle obtenue sous condition de sol sec était légèrement supérieure à 40 % (43,8 %). Comme expliqué dans la section sur la méthodologie, il était souhaitable d'initier les applications lorsque l'ensemble des sites expérimentaux avaient atteint le taux d'humidité voulu. Les conditions de sol sec ont été difficilement atteintes sur les sites visant les mauvaises herbes, particulièrement le site pour le scirpe. Or, lorsque les conditions désirées de sol sec ont été obtenues sur ces sites, la situation était considérée tardive et même critique. C'est pourquoi, malgré que le pourcentage moyen



d'humidité soit de 3,8 % supérieur à la norme, il a été convenu d'effectuer quand même les applications sur le site pour les essais de phytotoxicité.

Sous les conditions de sol humide, aucune observation ne rapporte d'effet phytotoxique à des doses de 3, 4,5, 6 et 9 %. Pour la dose la plus élevée (12 %), seulement une à deux tiges démontraient une légère perte de couleur (chlorose) sur une à trois zones traitées.

5.3.2. Sol sec

Pour les conditions de traitement en sol sec, lors de l'échantillonnage du 18 juillet 2006 (stade 1), soit peu après les applications, un plus grand nombre de tiges avec de légers symptômes de chlorose sur le feuillage a été noté pour chacune des doses, soit :

- 3 % : de 2 à 13 tiges sur 4 des 8 zones traitées
- 4,5 % : de 1 à 9 tiges sur 7 des 8 zones traitées
- 6 % : de 6 à 20 tiges sur les 8 zones traitées
- 9 % : de 4 à 33 tiges sur les 8 zones traitées
- 12 % : de 4 à 28 tiges sur les 8 zones traitées

Toutefois, lors des échantillonnages subséquents (stades 2, 3 et 4), ces symptômes devenaient beaucoup moins visibles et étaient même complètement disparus au cours des observations du 12 septembre 2006 (stade 4). Ceci démontre que les plants de canneberges atteints se rétablissent rapidement de l'impact des traitements.

Néanmoins, les risques de phytotoxicité en sol sec demeurent plus élevés qu'en sol humide, puisque la canneberge est aussi sous condition de stress hydrique. À cet effet, plus le sol est sec, plus les risques de dommages sont élevés et des dommages de brûlures sévères des plants peuvent être observés. Bien que ces effets phytotoxiques ne soient pas souhaitables, de par leur physiologie, les plants de canneberges possèdent un très haut potentiel de régénération et récupèrent systématiquement des dommages encourus en cours de saison.

5.4. Les données générales

Les données générales comprennent la température de l'air (°C), les mesures de pluviométrie (mm) et la durée d'utilisation des gicleurs (heure). Ces données ont permis de vérifier et d'assurer que les résultats obtenus n'ont pas été influencés par des facteurs extérieurs non contrôlables (ex. : température extrême, utilisation des gicleurs sans respecter un délai d'un jour suivant les applications, etc.). Aucune anomalie à cet égard n'a été observée lors du projet.



6. BIENS LIVRES

Le projet répond aux besoins pressants des producteurs de canneberges biologiques puisqu'ils font face à une situation phytosanitaire préjudiciable, pour les champs en production, mais tout particulièrement pour la gestion des champs en implantation. En effet, il n'existe aucun herbicide biologique efficace qui soit homologué pour la canneberge et les moyens alternatifs pour lutter contre les mauvaises herbes sont très limités (Drolet, I., 2007).

La réalisation de ce projet a permis de produire des données d'efficacité nécessaires à l'évaluation des performances de l'acide acétique comme herbicide. Celles-ci serviront à appuyer les producteurs de canneberges dans leur revendication pour obtenir l'homologation de cette matière active. Les retombées de ce projet pourraient également être bénéfiques pour tous les producteurs canadiens (tant biologiques que conventionnels) puisque l'usage de l'acide acétique, initié au Québec par les producteurs biologiques, répond à des besoins au niveau national (APCQ., 2007 - Wessel J., 2006 - Berthéléme C., 2006).

Plus spécifiquement, les résultats obtenus répondent aux questions traitant des éléments suivants :

- influence des conditions édaphiques (sol humide/sol sec) sur les traitements;
- dose d'application requise pour le contrôle adéquat des mauvaises herbes ciblées;
- plus petite dose minimale requise;
- phytotoxicité des traitements sur les plants de canneberges.

En résumé, pour les mauvaises herbes dans les sols humides (taux d'humidité supérieur à 60 %), on obtient le plus haut taux d'efficacité avec une concentration de 12 %. En sol sec, lorsque la teneur en humidité du sol est inférieure à 40 %, les doses de 9 et 12 % ont démontré un bon niveau d'efficacité pour le jonc et le scirpe et des doses inférieures de 4,5 et 6 % suffisaient pour le contrôle de la graminée. L'analyse des essais de phytotoxicité démontre que les risques de brûlures sur les plants de canneberges en sol sec demeurent plus élevés qu'en sol humide.

6.1. Recommandations pour l'utilisation de l'acide acétique en production de canneberges

L'information recueillie jusqu'à maintenant permet de proposer un mode d'emploi unique, efficace et économique afin de réduire les pertes considérables occasionnées par les mauvaises herbes vivaces (graminées, jonc et scirpe). Les recommandations relatives à l'application de l'acide acétique sur les mauvaises herbes vivaces sont décrites ci-dessous.

6.1.1. Période d'intervention

La période d'intervention optimale est de la mi-mai à la mi-juin, au stade d'élongation des bourgeons, juste avant la période de floraison des plants de canneberges.

Les applications printanières devraient être privilégiées comparativement aux applications tardives (juillet, août et septembre) puisque la circulation dans le champ (piétinement) brise les fleurs et les



fruits et que les plants de mauvaises herbes risquent d'avoir déjà produits leurs graines à cette période.

6.1.2. Stade des mauvaises herbes

Le stade d'intervention pour le traitement des mauvaises herbes est au stade talles ou regroupement de tiges de 7 cm de diamètre ou moins, idéalement, avant que les plants soient au stade d'épiaison.

6.1.3. Taux d'humidité du sol

Le taux d'humidité du sol devrait être entre 30 et 65 %, mais idéalement supérieur à 40 %, afin de minimiser la phytotoxicité sur les plants de canneberges avoisinants et de maximiser l'efficacité des traitements sur les mauvaises herbes.

Il faut éviter des applications sous des conditions de sol très sec afin de minimiser les risques plus élevés de phytotoxicité sur les plants de canneberges.

Il faut éviter toute intervention sous des conditions pluvieuses ou sous une teneur moyenne en eau du sol supérieure à 70 %. Ceci afin d'éviter la dilution ou le lessivage du produit et la perte d'efficacité.

6.1.4. Dose (concentration d'acide acétique)

En sol humide, lorsque la teneur en humidité du sol se situe entre 61 et 64 %, la plus petite dose requise est de 12 % d'acide acétique.

En sol sec, lorsque la teneur en humidité du sol se situe entre 28 et 39 %, la plus petite dose requise pour le jonc et le scirpe est de 9 et de 4,5 % pour la graminée.

L'analyse des essais de phytotoxicité soulève que les risques de brûlures sur les plants de canneberges en sol sec demeurent plus élevés qu'en sol humide.

À l'échelle de la ferme, afin d'uniformiser et de simplifier les interventions, la dose de 9 % est recommandée sous des conditions d'humidité du sol se situant approximativement entre 30 et 40 % et la dose de 12 % d'acide acétique est recommandée lorsque la teneur en eau du sol est approximativement entre 40 et 65 %.

6.1.5. Quantité d'acide acétique par injection

Une quantité de 40 ml d'acide acétique par injection est recommandée.

6.1.6. Lieu d'injection

Une application localisée, dans le sol près du collet des plants de mauvaises herbes, est à privilégier, et ce, à approximativement 6,5 cm de profondeur. Lorsqu'il s'agit de talle, l'injection doit être au centre de celle-ci.



6.1.7. Nombre d'application

Une seule application par saison est recommandée. 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.

6.1.8. Intervalle entre les applications

Inconnu et indéterminé pour le moment.

6.1.9. Équipement de pulvérisation

Un système à injection comme celui décrit dans ce rapport est à privilégier.

6.1.10. Utilisation d'un adjuvant ou d'un surfactant

Aucun adjuvant ou surfactant n'est requis.

6.1.11. Délai de sécurité avant la récolte

Inconnu et indéterminé pour le moment. La récolte débute normalement vers la fin septembre ou le début octobre. De la mi-mai à cette période, on compte approximativement 105 jours.

6.1.12. Qualité des applications

Les personnes qui effectuent les traitements doivent être consciencieuses et minutieuses. Elles doivent s'assurer que la bonne quantité de liquide a été injectée et que le lieu des injections localisées soit juste et précis. De plus, il est important d'éviter l'écoulement de la solution sur le feuillage des plants de canneberges. Il est reconnu que l'acide acétique est phytotoxique lorsqu'il est appliqué directement sur le feuillage.

6.1.13. Niveau de contrôle (degré d'efficacité attendu)

Répression

6.1.14. Temps de réaction

Les résultats sont principalement observables une semaine après les applications.

6.1.15. Système adapté pour des applications à plus grande échelle

À la ferme, un dispositif utilisant une pompe remplace le pulvérisateur solo pour obtenir la pression voulue (figure 12). Le type de pompe recommandée pour cet usage est une pompe en plastique conçue pour des applications localisées de pesticides et donc résistante à la corrosion, montée avec un moteur de 12V 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.



Figure 12. Système standard : pompe, boyau, réservoir et plate-forme (Agrinova, 2005)

6.2. Retombées du projet

Ce projet a permis de rassembler les connaissances essentielles à la rédaction d'un rapport d'homologation auprès de l'ARLA, et ce, en vue d'obtenir les droits d'utiliser ce produit comme herbicide en agriculture biologique. Les producteurs de canneberges et les fournisseurs d'intrants seront mieux outillés pour recommander l'application des produits d'acide acétique dans leur production. Cela va aussi leur permettre de s'ajuster au niveau des doses à respecter lors de l'application, en fonction du type de mauvaises herbes et des conditions édaphiques du sol.

De plus, ce projet s'inscrit dans le volet 1 – *Appui à l'adaptation technologique et au transfert du savoir-faire pour les exploitations biologiques ou en transition* du *Programme de soutien au développement de l'agriculture biologique*. Il contribue entre autres à assurer l'accès à la formation, à l'information et au soutien technique puisqu'il a permis :

- le réseautage et le partage de connaissances entre les producteurs biologiques de petits fruits (canneberges et bleuets);
- la formation du personnel professionnel et technique ainsi que des producteurs;
- des activités de diffusion auprès des intervenants du milieu lors de journées techniques et lors de l'assemblée annuelle des producteurs de canneberges et par l'entremise du site Agri-Réseau.



Enfin, le projet a permis d'accroître la recherche et le transfert technologique puisqu'il a été réalisé :

- en partenariat avec Agrinova;
- en collaboration avec un conseiller scientifique, soit M^{me} Danielle Bernier, agronome et malherbologiste au MAPAQ;
- sur la base d'un protocole expérimental de l'ARLA.



7. DIFFICULTES RENCONTREES ET RECOMMANDATIONS

Toutes critiques ou anomalies rencontrées lors des essais se définissent comme suit :

- 1) Initialement, le projet visait à évaluer et comparer l'efficacité de deux produits à base d'acide acétique, soit le vinaigre blanc et l'Écoclear. Ce dernier a dû être retiré du projet puisqu'il n'est pas accepté en production biologique et que l'agence de certification n'a pas accepté son usage sur les sites expérimentaux situés sur des fermes en production biologique.
- 2) Les applications en sol sec ont été réalisées tardivement. Idéalement, les applications étaient prévues entre la mi-mai et la mi-juin, mais n'ont été effectuées qu'en juillet. Afin de simplifier l'horaire des prises de données suivant les traitements, il était convenu de faire les applications pour tous les sites au cours de la même journée. Or, lors de l'échantillonnage de l'humidité du sol pour déterminer la date des traitements en sol sec, le site/champ C (Scirpe – ferme #2) n'obtenait jamais le taux requis. Des échantillons pris les 15, 16 et 19 juin 2006 indiquaient des taux moyens de 65, 52,3 et 61,9 % respectivement. Ces hauts taux d'humidité obtenus s'expliquent du fait que :
 - a) le producteur de la ferme arrosait à tous les jours au moment de la fertilisation, ce qui interférait avec les dates où les conditions en sol sec pouvaient être obtenues;
 - b) le champ démontrait des signes de mauvais drainage.

Par la suite, les conditions étaient très pluvieuses et les traitements en sol sec ne pouvaient être considérés. Ces événements ont fait en sorte qu'un autre site pour les traitements du scirpe en sol sec a dû être repéré en cours de projet (site/champ D – ferme #3) et que la date d'application a été reportée aux 10 et 11 juillet 2006, lorsque les conditions édaphiques voulues ont été obtenues.

- 3) Le mandat pour la prise de données de la température suite aux traitements avait été donné aux producteurs propriétaires des sites expérimentaux. Cependant, ceux-ci ne l'ont pas toujours effectué. Cette méthodologie avait été privilégiée afin de limiter les déplacements. Les données auraient été plus rigoureuses si le chargé de projet avait été attiré à cette prise de données. Pour pallier à cette lacune, les données climatiques de la station météorologique de Lemieux (Environnement Canada) au Centre-du-Québec ont été utilisées à titre de référence.

Dans l'éventualité de la réalisation de projets futurs en lien avec l'usage d'acide acétique pour le contrôle des vivaces en production de canneberges, les recommandations suivantes devraient être prises en compte :

- 1) Pour des essais liés au contrôle des graminées, il serait important de s'assurer qu'il n'y ait pas présence d'autres individus de cette même espèce à un pied carré du spécimen expérimental (plant), afin de vérifier l'effet physiologique de propagation du chiendent suite au traitement.



- 2) Il serait souhaitable de miser sur des espèces de graminées vivaces qui forment des talles denses et concentrées et non sur des espèces telles que le chiendent, dont le mode de propagation sous-terrain ajoute une difficulté aux essais.
- 3) Il serait pertinent de suivre l'efficacité des traitements l'année suivante pour chacun des sites expérimentaux et, à cet effet, d'utiliser du matériel adapté aux conditions de récolte et aux conditions hivernales. Dans le cadre du projet 2006, trois des quatre sites expérimentaux étaient des champs en production et, puisque la récolte de canneberges se fait par inondation des bassins, le matériel d'identification utilisé devait être entièrement retiré des champs. Le quatrième site était un champ en implantation et donc n'était pas récolté. Ainsi, les dispositifs ont été maintenus en place et adaptés pour les conditions hivernales. À titre indicatif, ce site permettra une prise de données au début de la saison 2007.
- 4) Il est recommandé de faire les essais de phytotoxicité plus distancés entre les zones traitées afin d'éviter toute confusion d'interprétation pour s'assurer que l'effet des traitements ne se propage pas sur les rhizomes des autres zones avoisinantes qui ont été traitées.
- 5) S'assurer de sélectionner des sites expérimentaux délimités ou spécifiques à chacune des conditions édaphiques voulues. Ceci afin d'éviter la trop grande quantité d'identificateurs augmentant le niveau de difficulté pour la précision des applications.
- 6) Avoir une couleur de drapeau bien distincte pour chacun des traitements proposés afin de faciliter les applications et les observations.
- 7) Prendre la mesure du diamètre et de la hauteur exacte de chaque spécimen du projet lors de l'application, afin de pouvoir vérifier si la dimension des mauvaises herbes traitées aurait pu être l'explication des variabilités observés.



8. RESULTATS FINANCIERS

Étape de réalisation	CETAQ		Coût
	Chargé de projet (50 \$/hr)	Heure technicien (25 \$/hr)	
	I. Drolet	Technicien CETAQ	
1. Revue de la littérature			
2. Élaboration du protocole expérimental	30		1 500,00 \$
3. Préparation des essais		21,5	537,50 \$
4. Sélection des sites expérimentaux et implantation du dispositif	15	9	975,00 \$
5. Essais sur le terrain	16	25,5	1 437,50 \$
6. Suivi des essais	10	46	1 650,00 \$
7. Compilation, analyse et rédaction	94,75		4 737,50 \$
8. Diffusion	14		700,00 \$
SOUS-TOTAL	179,75	102,00	11 537,50\$
Autres frais			Coût
Frais de déplacement (montage du dispositif, échantillons et prise de données)			874 \$
Frais de repas			180 \$
Utilisation des parcelles de producteurs ⁵			3 375 \$
Fournitures de recherche			1 200 \$
Gestion de projet (5 %)			758 \$
SOUS-TOTAL			6 387\$
TOTAL			17 924,50 \$

⁵ Utilisation des parcelles des producteurs : 225 \$/acre pour 15 acres, totalisant 3 375 \$.



9. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire (ARLA). 2006. Mise à jour sur les pesticides à risque réduit au Canada RR2006-02, tableau 3a p. 41 et tableau 3B p. 48. [En ligne] [http : //www.pmr-arla.gc.ca/français/pdf/rr/rr2006-03-f.pdf](http://www.pmr-arla.gc.ca/français/pdf/rr/rr2006-03-f.pdf)

Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire. 2006. Profil de culture de la canneberge au Québec 2006.

Armstrong, Charles D. 2006. Weed management 2006. Université du Maine, cooperative extension cranberry. [En ligne] <http://www.umaine.edu/umext/cranberries/06Weeds.pdf> (page consultée le 21 décembre 2006).

Association des producteurs de canneberges du Québec (APCQ). 2006. Statistiques annuelles des superficies.

Association des producteurs de canneberges du Québec (APCQ). 2007. Lettre d'appui de l'Association des producteurs de canneberges du Québec (APCQ).

Bergeron, L. et Gagnon, S. 2005. Le contrôle des mauvaises herbes dans les bleuetières à l'aide d'acide acétique, Présentation à la journée d'information sur le bleuet nain semi-cultivé, 23 mars 2005. Agrinova, Alma, Québec.

Club environnemental et technique atocas Québec (CETAQ). 2006. Base de données et banques d'images, 2006.

Comis, D. 2002. Spray Weed with Vinegar Agricultural Research Service. [En ligne] <http://ars.usda.gov/is/pr/2002/020515.htm?pf=1> (page consultée le 21 décembre 2006).

Drolet, I. 2003. Utilisation d'acide acétique pour lutter contre les mauvaises herbes en production de canneberges. Rapport de projet. Club environnemental et technique atocas Québec, Québec.

Drolet, I. 2007. L'acide Acétique, un herbicide pour la production de canneberges : Bilan des connaissances. Club Environnemental et Technique Atocas Québec, Québec. Rapport de projet. Club environnemental et technique atocas Québec, Québec.

Duval, J. 2006. Moyens de lutte au Chiendent (*Elytrigia repens*) en production biologique. Rapport de projet. Club agro-environnemental Bio-Action.

Eck, P. 1990. The American Cranberry. Rutgers, The State University, USA.

Gagnon, S. 2005. Utilisation du vinaigre comme moyen de lutte alternatif contre les mauvaises herbes, état de la situation. Juin 2005. 12 pp



Gagnon, S., Brassard, H., Guilbert, A. 2005. Projet d'essai et expérimentation sur la pollinisation et la réduction des herbicides dans la production du bleuët nain au Saguenay–Lac-Saint-Jean, Volet réduction des herbicides, rapport d'étape. Agrinova.

Gagnon, S., Brassard, H., Guilbert, A., et Bédard A. 2006. Essai et expérimentation sur la pollinisation et la réduction des herbicides dans la production du bleuët 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 Agrinova 2006.

Habashi, J. 2005. Fruit d'Or veut améliorer sa productivité. Propos de M. Lemoine, président de Fruit d'Or. La Terre de Chez-nous. 4 septembre 2005.

Hopkins W.G 1999. Introduction to plant physiology, University of Western Ontario 2nd edition. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA.

Main, Michael. 2002. Evaluation of Acetic Acid as a thistle Top-Killer on Pasture. Nova Scotia Agricultural College. [En ligne] http://www.organicagcentre.ca/DOCs/res_thistle_acetic_mm.pdf (page consultée le 22 décembre 2006).

Néron, R. 2007. Rapport d'identification #970-972-973. Laboratoire de diagnostique en phytoprotection - Direction de l'innovation scientifique et technologique, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, Sainte-Foy, Québec.

Owen, Michael D.K. 2002. Acetic acid (vinegar) for weed control revisited. Iowa State University. [En ligne] <http://www.weeds.iastate.edu/weednews/vinegar.htm> (page consultée le 22 décembre 2006).

Organic Agriculture Centre of Canada. 2004. Organic Wild Lowbush Blueberry Information 43 pp. <http://www.organicagcentre.ca/DOCs/Organic%20Blueberry%20Guide.pdf> (page consultée le 15 décembre 2006).

Pest management regulatory program (PMRA). 2003. Efficacy Guidelines for Plant Protection Products, DIR2003-04, PMRA publication. Ottawa, Canada.

Sampson, G., McCully, K., et Sampson, D. 1999. Weeds of Eastern Canadian Blueberry Fields. Ministère de l'Agriculture et de l'Aquaculture, Nouveau Brunswick. [En ligne] <http://www.gnb.ca/0171/10/0171100020-f.asp> (page consultée le 14 décembre 2006).

Thomas, C. 2003. Portrait environnemental de la production de canneberges au Québec. Mémoire Enita Clermont-Ferrand.



U.S. Environmental protection Agency. Acetic Acid (044001) fact sheet. Pesticide : Regulating Pesticides.

[En ligne] <http://www.epa.gov/oppbppd1/biopesticides/ingredients/factsheets/factsheet-044001.htm> (page consultée le 14 décembre 2006).

Victorin, M. 1964. Flore laurentienne. Les presses de l'Université de Montréal, 2^e édition, 925 pp

Webber III, C.L., Harris, M.A., Sherefiler, J.W., Durnova, M., et Christopher, C.A. 2005. Vinegar as an organic Burn-down herbicide. Proceedings of the 24 th Annual Horticulture Industries Show. 1^{er} avril 2005. p. 168-172.

Wessel, J. 2006. 2007, Production Research Priorities. BC Cranberry Marketing Commission.

Communications personnelles :

Berthéléme, C. 2007. Janvier 2007. Ministère de l'Agriculture et de l'Aquaculture du Nouveau-Brunswick, NB.

Garon, M. 2006. 15 décembre 2006. Coordonnatrice provinciale du Programme d'homologations de pesticides à usages limités au MAPAQ.

Bernier, D. 2006. 19 décembre 2006. Direction de l'innovation scientifique et technologique, MAPAQ.

Lemoine, M. 2006. Communication personnelle. Président de Fruit d'Or. mlemoine@fruit-dor.ca

