

**Projet réalisé dans le cadre du :
PROGRAMME DE RECHERCHE TECHNOLOGIQUE EN BIOALIMENTAIRE
VOLET DEMANDE SOCIÉTALE**

Rapport

Pyrodésherbage de cultures maraîchères en sol minéral

PROJET NO 504026

**Maryse Leblanc, responsable scientifique
Institut de recherche et de développement en agroenvironnement**

1^{er} octobre 2007

Équipe de recherche - rôle et fonction des membres de l'équipe

Maryse Leblanc: Directrice du projet, chercheure experte en méthodes physiques de désherbage

Affiliation : Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc.

Rôle: Co-direction de l'étudiant au doctorat; conception du protocole et du dispositif expérimental; co-supervision du technicien et des étudiants d'été; coordination du projet et responsable du respect des échéances et de la soumission des états de dépenses et du rapport final; présentation des résultats à des journées horticoles ou colloque scientifique.

Katrine Stewart: Chercheure-professeure experte en productions maraîchères

Affiliation : Département de Phytologie, Université McGill

Rôle: Co-direction de l'étudiant au doctorat; conception du protocole et du dispositif expérimental; co-supervision du technicien et des étudiants d'été sur le site de Ste-Anne-de-Bellevue.

Daniel Cloutier : Professionnel de recherche

Affiliation : Institut de malherbologie

Rôle: Supervision de la mise en place du protocole et de la collecte des données des deux sites; organisation de la visite des parcelles; analyses statistiques des données; compilation des coûts/bénéfices du pyrodésherbage; rédaction d'articles de vulgarisation; rédaction du rapport final.

Evan Sivesind : Étudiant au doctorat : PhD, Université McGill

Le titre du mémoire est : Flame Cultivation in Vegetables: Efficacy as Weed Control and Crop Physiologic Response

Le dépôt du mémoire se fera en 2008

Rôle: Mise en place du dispositif expérimental, collecte des données au champ; entrée et analyse des données et rédaction du mémoire.

PYRODÉSHERBAGE DE CULTURES MARAÎCHÈRES EN SOL MINÉRAL

Maryse Leblanc¹, Katrine Stewart², Evan Sivesind², Philippe Séguin², Daniel Cloutier³

Durée : 04/2005 – 10/2007

FAITS SAILLANTS

Cette étude a démontré que le pyrodés herbage peut être adapté à nos systèmes de production maraîchère en sol minéral. L'épinard et la betterave peuvent être pyrodés herbés en prélevée de la culture sans baisse de rendement. Par contre, en postlevée, il est préférable d'éviter les doses de plus de 1 g m⁻¹. À partir de 15 jours après la transplantation, le brocoli et l'oignon espagnol tolèrent bien le pyrodés herbage jusqu'à des doses de 3 g m⁻¹. Le chénopode blanc et l'amarante à racine rouge sont des mauvaises herbes sensibles au pyrodés herbage jusqu'au stade 6 feuilles. Les graminées sont peu sensibles au pyrodés herbage car le point de croissance se trouve sous la surface du sol et il y a repousse. Le pyrodés herbage combiné à un sarclage mécanique a permis de réduire de 60 % le temps de dés herbage manuel. Un pyrodés herbage coûte 1,7 fois plus cher qu'un sarclage mécanique mais représente seulement 28 % du coût moyen d'une pulvérisation d'herbicides.

OBJECTIF ET MÉTHODOLOGIE

Pendant deux ans, le pyrodés herbage a été expérimenté sur cinq espèces de légumes pour développer des méthodes alternatives à l'emploi d'herbicides dans la production de brocoli, d'oignon espagnol, d'épinard, de betterave de jardin et d'asperge en sol minéral. Les expériences ont été réalisées sur le site expérimental de l'IRDA à Saint-Hyacinthe à l'exception de celle sur l'asperge qui s'est déroulée sur le site du Centre de recherche horticole du Campus Macdonald de l'université McGill à Ste-Anne-de-Bellevue. Les objectifs spécifiques étaient de: 1) Déterminer la thermosensibilité de ces cultures et de quatre espèces de mauvaises herbes en fonction de la dose de propane (vitesse à 2, 3, 4, 5 et 6 km h⁻¹, pression-débit à 2,7, 4,3 et 5,9 kg h⁻¹) et de leur stade de développement; 2) Délimiter les conditions d'utilisation du pyrodés herbage; 3) Établir si le dés herbage mécanique sur le rang est nécessaire pour compléter le pyrodés herbage. Ce projet a testé deux types de pyrodés herbeur Red Dragon : un à flamme nue avec deux torches (LT 1½ X 6) utilisant la phase liquide du propane et une bombonne de 15 kg de type chariot élévateur et un autre, à flamme couverte munie d'une torche (VT 3-30 C) utilisant la phase gazeuse du propane et de deux bombonnes de 9 kg de type barbecue reliées en série. Le fait de recouvrir la flamme réduit la perte de chaleur et offre une meilleure efficacité pour une même quantité de gaz propane. Cependant, elle ne peut être utilisée qu'en prélevée de la culture. Dans toutes les expériences, le pyrodés herbage ne ciblait que le rang de la culture. Les doses testées variaient de 0,4 à 3 g m⁻¹ de propane.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS POUR L'INDUSTRIE

Les semences de betteraves et d'épinards sont petites et tardent à germer au printemps laissant une fenêtre d'intervention intéressante en prélevée de la culture. Le pyrodés herbage en prélevée a donné d'excellents résultats et permet aux petites plantules fragiles de ces cultures de bien s'établir sans besoin de dés herbage manuel durant 7 à 10 jours selon le climat. Par contre, en postlevée de ces cultures, le pyrodés herbage est plus problématique. Même si la flamme est dirigée à la base du plant à un angle de 30° lui permettant de rebondir dans l'entre-rang et minimisant les dommages à la culture, il demeure que le jeune feuillage de ces cultures est très sensible à la chaleur. Pour l'épinard, le DL50 a été établi à 1,2 et 1,3 g m⁻¹ de propane alors que pour la betterave, il était à 1,5 et 2,0 g m⁻¹ de propane respectivement aux stades 4 et 6 feuilles. Les doses de plus de 1 g m⁻¹ sont à éviter. La répression optimale des mauvaises herbes dans ces cultures

¹ Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc., Saint-Hyacinthe

² Département de phytologie, Campus Macdonald, Université McGill

³ Institut de malherbologie, Beaconsfield

peuvent s'obtenir avec une combinaison de pyrodés herbage en prélevée suivi par des sarclages mécaniques sur et entre les rangs en postlevée de celles-ci. Les cultures transplantées de brocoli et d'oignon espagnol tolèrent très bien le pyrodés herbage en postlevée. Le DL50 du brocoli à 10 jours après la transplantation (JAT) était de $1,7 \text{ g m}^{-1}$ alors qu'il était estimé à $4,6 \text{ g m}^{-1}$ à 14 JAT, une dose qui n'a pas été testée dans l'expérience. L'oignon espagnol est la culture qui a démontré la meilleure tolérance face au pyrodés herbage. Son DL50 à 10 JAT était estimé à $6,1 \text{ g m}^{-1}$ de propane. À partir de 15 JAT, aucune courbe-réponse au propane n'a pu être établie indiquant que le traitement à la flamme aux doses testées n'affectait pas le rendement du brocoli et de l'oignon espagnol par rapport au témoin dés herbé manuellement. Pour ces deux cultures, il est possible de combiner le pyrodés herbage et le sarclage mécanique sur et entre le rang afin d'obtenir une meilleure répression des mauvaises herbes tout en procurant un bon rendement. Le pyrodés herbage dans l'asperge est plus problématique. Au printemps, les tiges ramifiées sont sèches et inflammables. De plus, plusieurs mauvaises herbes sont des vivaces et repoussent après le traitement.

La thermosensibilité des mauvaises herbes augmente avec la dose mais diminue avec le stade de développement de celles-ci. Ainsi, plus de 90 % des plantules de chénopode et d'amarante à racine rouge aux stades cotylédons, 1 ou 2 feuilles sont thermosensibles à moins de 1 g m^{-1} alors qu'au stade 6 feuilles, une dose d'au moins 3 g m^{-1} est nécessaire pour obtenir une répression similaire. La sétaire glauque et l'échinochloa pied-de-coq sont peu thermosensibles au pyrodés herbage aux doses utilisées dans le cadre de ce projet. Seuls les stades 1 à 3 feuilles ont une certaine thermosensibilité avec un taux de mortalité des plants variant de 30 à 50 % seulement. Cette absence de réponse au pyrodés herbage est causée par une repousse des plantes puisque le point de croissance se trouve sous la surface du sol lors du pyrodés herbage.

Dans le contexte de ce projet, il est estimé qu'un sarclage mécanique réduit de près de la moitié le temps de dés herbage manuel et que la combinaison d'un pyrodés herbage et d'un sarclage mécanique contribue à réduire de 60 % le temps de dés herbage manuel. Pour des rangs espacés de 90 cm et à une vitesse de 4 km h^{-1} , le coût moyen d'un sarclage mécanique est de $28 \$ \text{ ha}^{-1}$, d'un pyrodés herbage de $48 \$ \text{ ha}^{-1}$ et d'une pulvérisation d'herbicides de $168 \$ \text{ ha}^{-1}$.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE

Étant donné le manque d'herbicides disponibles pour l'industrie maraîchère et les conséquences environnementales de leur utilisation, le pyrodés herbage, combiné ou non avec l'utilisation des sarclers, représente une avenue intéressante pour les producteurs maraîchers sur sol minéral. Cependant, il faudrait valider les doses idéales de pyrodés herbage combinées aux sarclages mécaniques pendant une ou deux autres années d'expérimentation de plus mais les résultats obtenus jusqu'à maintenant sont très prometteurs.

POINT DE CONTACT

Maryse Leblanc, responsable du projet.
Institut de Recherche et de Développement en Agroenvironnement
3300, rue Sicotte, C.P. 480, Saint-Hyacinthe, Québec, QC J2S 7B8, Canada
Tél. : (450) 778-6522, poste 250
Télécopieur : (450) 778-6539
Courriel : maryse.leblanc@irda.qc.ca

PARTENAIRES FINANCIERS

L'équipe de recherche tient à remercier le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation pour son soutien financier, sans lequel le projet n'aurait pu se concrétiser.

Annexes

Pyrodésherbage de cultures maraîchères en sol minéral

**Daniel Cloutier, Maryse Leblanc et Katrine Stewart
Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc.**

**Projet réalisé dans le cadre du :
PROGRAMME DE RECHERCHE TECHNOLOGIQUE EN BIOALIMENTAIRE
VOLET DEMANDE SOCIÉTALE**

PROJET NO 504026

1^{er} octobre 2007

Équipe de recherche - rôle et fonction des membres de l'équipe

Maryse Leblanc: Directrice du projet, chercheuse experte en méthodes physiques de désherbage

Affiliation : Institut de recherche et de développement en agroenvironnement inc.

Rôle: Co-direction de l'étudiant au doctorat; conception du protocole et du dispositif expérimental; co-supervision du technicien et des étudiants d'été; coordination du projet et responsable du respect des échéances et de la soumission des états de dépenses et du rapport final; présentation des résultats à des journées horticoles ou colloque scientifique.

Katrine Stewart: Chercheuse-professeure experte en productions maraîchères

Affiliation : Département de Phytologie, Université McGill

Rôle: Co-direction de l'étudiant au doctorat; conception du protocole et du dispositif expérimental; co-supervision du technicien et des étudiants d'été sur le site de Ste-Anne-de-Bellevue.

Daniel Cloutier : Professionnel de recherche

Affiliation : Institut de malherbologie

Rôle: Supervision de la mise en place du protocole et de la collecte des données des deux sites; organisation de la visite des parcelles; analyses statistiques des données; compilation des coûts/bénéfices du pyrodésherbage; rédaction d'articles de vulgarisation; rédaction du rapport final.

Germain Moreau: Technicien agricole

Rôle: Ajustement des doses de propane du pyrodésherbeur et responsable du désherbage mécanique; supervision des ouvriers; aide à la mise en place des parcelles et à la collecte des données; co-supervision de l'étudiants d'été

Ouvriers agricoles: Conduite de la machinerie agricole

Étudiants d'été: Aide l'étudiant au doctorat et techniciens à la mise en place des parcelles et à la collecte des données.

Evan Sivesind : Étudiant au doctorat : PhD, Université McGill

Le titre du mémoire est : Flame Cultivation in Vegetables: Efficacy as Weed Control and Crop Physiologic Response

Le dépôt du mémoire se réalisera au printemps 2008

Rôle: Mise en place du dispositif expérimental, collecte des données au champ; entrée et analyse des données et rédaction du mémoire.

Table des matières

Généralités	1
Pyrodésherbeurs	4
Sarcleurs.....	12
Asperge	13
Brocoli.....	18
Betterave de jardin	32
Épinard.....	49
Oignon espagnol	64
Débit-réponse des mauvaises herbes	81
Aspects économiques.....	87
Renseignements sur le propane et le pyrodésherbage.....	92
Conditions météorologiques	94
Activités de diffusion, transfert et formation.....	98

Généralités

Ce projet avait trois objectifs principaux :

- Déterminer la thermosensibilité de ces cultures et de quatre espèces de mauvaises herbes en fonction de la dose de propane (vitesse, pression-débit) et du stade de développement des plantes
- Délimiter les paramètres d'utilisation (conditions de sol-climat) du pyrodés herbage
- Établir si le dés herbage mécanique est nécessaire pour compléter le pyrodés herbage

En 2005, nous avons uniquement expérimenté la thermosensibilité des plantes au pyrodés herbage avec une répression mécanique des mauvaises herbes dans les entre-rangs. La répression des mauvaises herbes s'est avérée inadéquate dans les sous-parcelles sans sarclage manuel. Nous avons aussi constaté que la vitesse de passage du pyrodés herbeur était trop rapide à 6 km/h et réduisait la précision du pyrodés herbage. En 2006, avec l'accord du CORPAQ, nous avons éliminé la vitesse de 6 km/h de l'expérience et nous avons rajouté des traitements où le dés herbage mécanique sur les rangs de la culture complétait l'action du pyrodés herbage. Deux expériences ont donc été implantées en 2006 ; une désignée « Thermosensibilité au pyrodés herbage » qui répétait les traitements effectués en 2005, à l'exception de la vitesse à 6 km/h; et une expérience pour optimiser la combinaison de pyrodés herbage et de sarclage mécanique sur les rangs de la culture, désignée par le nom de « Pyrodés herbage et sarclage mécanique ».

Dispositif expérimental :

Le dispositif expérimental de toutes les expériences de ce volet était en blocs aléatoires complets avec 4 répétitions. Pour les deux années du projet, pour toutes les expériences qui ont été établies à Saint-Hyacinthe, les parcelles comprenaient un rang de 5 mètres de longueur. L'espacement entre les rangs était de 90 cm. Ces parcelles étaient sub-divisées en deux moitiés qui recevaient le même traitement de pyrodés herbage ou la même combinaison de pyrodés herbage et de sarclage mécanique.

La première moitié (2,5 m) était réservée pour déterminer la thermosensibilité de la culture et de plus, elle était dés herbée manuellement afin de garder la culture exempte de mauvaises herbes pendant toute la saison de croissance. Cela était fait afin d'éviter d'avoir un effet confondant entre l'interférence occasionnée par la présence des mauvaises herbes et les dommages occasionnés par le sarclage et/ou le pyrodés herbage à la culture. Conséquemment, le seul facteur influençant la réponse de la culture était la dose de propane utilisée pour effectuer le traitement de pyrodés herbage ou la combinaison de la dose de propane et le sarclage mécanique. La culture y était récoltée pour déterminer sa sensibilité au pyrodés herbage sans interférence avec les mauvaises herbes. La longueur récoltée était de 1,5 m pour le brocoli et l'oignon espagnol et de 1 m pour la betterave et l'épinard.

La seconde moitié était utilisée pour déterminer la thermosensibilité des mauvaises herbes et elle ne recevait que les traitements de pyrodés herbage et de sarclage prévus au protocole, sans dés herbage supplémentaire. Dans les expériences sur le pyrodés herbage, cette section servait à établir la courbe de dose-réponse de diverses espèces de mauvaises herbes à divers stades de leur

développement (voir la section « Dose-réponse des mauvaises herbes ». Dans les expériences « Pyrodésherbage et sarclage mécanique », cette section servait à déterminer le rendement de la culture suite aux traitements de désherbage et leur efficacité (population et biomasse des mauvaises herbes). Elle servait aussi à chronométrer le temps requis pour désherber les parcelles manuellement à l'aide d'un sarcloir ou à arracher les mauvaises herbes à la main.

Régie

La fertilisation et la régie des cultures ont été effectuées selon les pratiques en cours pour ces cultures au Québec. Le dépistage a été effectué pour les insectes et les maladies et les cultures ont été traitées au besoin avec des insecticides et/ou des fongicides.

Analyses statistiques :

Des analyses de variance ont été effectuées sur les diverses variables et les données ont été transformées au besoin pour les normaliser. Les données non-transformées sont présentées dans les tableaux.

Dans le cas des courbes de dose-réponse, des analyses de variance ont été réalisées pour déterminer si les doses de propane avaient un effet significatif sur le rendement. Le cas échéant, des courbes de régression représentant les doses-réponses étaient utilisées pour décrire les données observées. Ces dernières étant des régressions, tous les points sur la ligne sont conséquemment significativement différents les uns des autres. Pour cette raison, aucune analyse de variance n'a été effectuée pour comparer les moyennes de rendement entre les diverses doses de propane. Dans les tableaux de moyennes où il ne s'agit pas de dose-réponse, des contrastes ont été utilisés pour comparer les moyennes de divers traitements de pyrodésherbage et de sarclage mécanique.

Cultures :

Le rendement des cultures a été pris en suivant les normes de classification en catégories Canada numéro 1 et 2 lorsque disponible. Les variables suivantes ont été prises pour l'ensemble des cultures : peuplement commercialisable (no/ha), rendement commercialisable (kg/ha ou T/ha), peuplement non-commercialisable (no/ha), rendement non-commercialisable (kg/ha ou T/ha), rendement total des plants récoltés (kg/ha ou T/ha).

Mauvaises herbes :

Dose-réponse :

Voir la section « Dose-réponse des mauvaises herbes ».

Pyrodésherbage et sarclage mécanique

L'efficacité des traitements à réprimer les populations de mauvaises herbes a été déterminée dans les sous-parcelles laissées enherbées dans les expériences sur le « Pyrodésherbage et sarclage mécanique » effectuées dans chacune des 4 cultures à Saint-Hyacinthe. Les mauvaises herbes présentes dans les quadrats ont été dénombrées et récoltées séparément pour chaque espèce avant la récolte de la culture. Leur densité a été calculée et leur biomasse sèche a été déterminée en les plaçant dans un séchoir à air forcé jusqu'à ce que leur poids devienne constant (48 à 72 heures).

Temps de désherbage manuel

Le CORPAQ a demandé que le temps requis pour compléter le désherbage manuellement ou avec un sarcloir (outil manuel de sarclage) soit déterminé. Cette opération a donc été exécutée dans toutes les sous-parcelles enherbées dans les expériences sur le « Pyrodésherbage et sarclage mécanique » effectuées dans chacune des 4 cultures à Saint-Hyacinthe en 2006. Le chronométrage a été fait pour le désherbage sur toute la longueur de la sous-parcelle enherbée, soit sur 2,5 m, après l'échantillonnage des mauvaises herbes. Un deuxième sarclage s'est avéré nécessaire dans les cultures avec un cycle de production plus long, soit pour l'oignon espagnol et la betterave. Les détails sont notés dans les sections respectives de chacune des cultures.

Pyrodésherbeurs

La chaleur produite par les torches et qui atteint la culture ou la mauvaise herbe lors du pyrodésherbage est fonction de 3 variables :

1. La quantité de propane utilisée par le pyrodésherbeur (mesurée par la pression)
2. La distance entre la torche et la plante
3. La vitesse du pyrodésherbeur (temps de contact entre la flamme et la plante).

Les pyrodésherbeurs commercialisés peuvent utiliser le propane soit sous la forme gazeuse (système similaire au barbecue domestique) ou sous la forme liquide retirée à partir du fond du réservoir (comme pour les chariots élévateurs). La dimension des bonbonnes varie beaucoup. Il est possible aussi de mettre en série une ou plusieurs bonbonnes de type barbecue de 9 kg ou de type chariot élévateur de 15 kg.

Deux type de torches ont été utilisées dans le cadre de ce projet : torche en phase gazeuse et torche en phase liquide.

Torche en phase gazeuse :

Ce type de torche est vendu à l'unité. Le modèle utilisé dans ce projet est le modèle VT 3-30 C Red Dragon (500,000 BTU) de Flame Engineering. Ce modèle utilise les bonbonnes régulières de barbecue. Ce modèle a seulement été utilisé en prélevée de la culture dans le cadre de ce projet. Nous avons développé un prototype de brûleur à flamme couverte, inspiré de modèles européens, pour optimiser le pyrodésherbage en prélevée. L'avantage de ce prototype est qu'il maintient une plus grande température pendant plus longtemps dans la zone ciblée puisque la chaleur ne se diffuse pas directement à l'air mais est plutôt captive sur une certaine longueur de rang (Figure 1).

C'est à cette torche que nous référons lorsque nous parlons de **pyrodésherbeur à flamme couverte**.

Torche en phase liquide :

Ce genre de torche est utilisé pour les culture à rangs et est vendu en trousse pour 2, 4, 6 ou 8 rangs. Le modèle que nous avons utilisé dans le cadre de ce projet est monté avec des patins et utilise le modèle de torche suivant, soit le modèle LT 1½ X 6 Liquid Torch; 220,000 BTU de Flame Engineering (Figure 2 et 3).

C'est à cette torche que nous référons lorsque nous parlons de **pyrodésherbeur à flamme nue**.



Figure 1. Prototypé de pyrodésherbeur à flamme couverte en action dans l'aspergeraie.

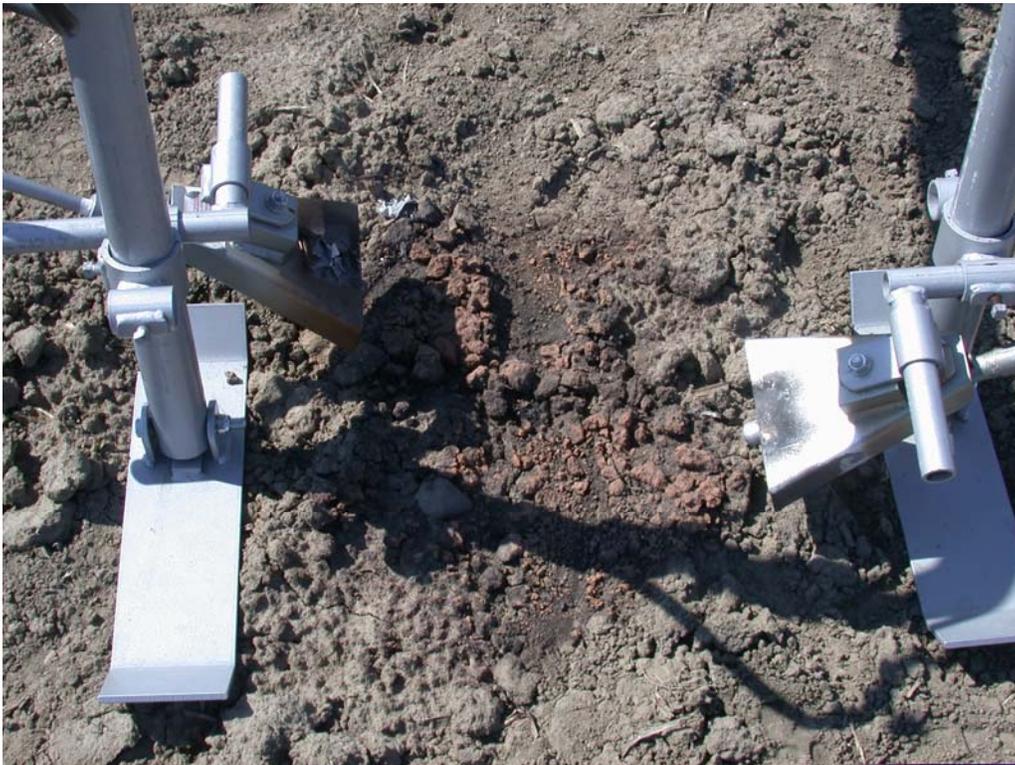


Figure 2. Pyrodésherbeur à flamme nue.

La Figure 3 montre le pyrodésherbeur à flamme nue tel qu'il a été utilisé dans ce projet. Un seul rang de la culture était traité par passage. Les deux torches à flamme nue étaient montées l'une en face de l'autre mais décalées l'une par rapport à l'autre (Figure 2). Les torches étaient placées à un angle de 30° par rapport au sol et une distance de 17,8 cm séparait la torche de la base de la culture (Figures 4 et 5). La flamme était orientée vers la base des tiges de la culture pour éviter d'endommager le feuillage.



Figure 3. Photo montrant le pyrodésherbeur à flamme nue dans l'oignon espagnol.



Figure 4. Les torches étaient dirigées vers le sol à un angle de 30° par rapport au sol et à 17,8 cm de la culture.

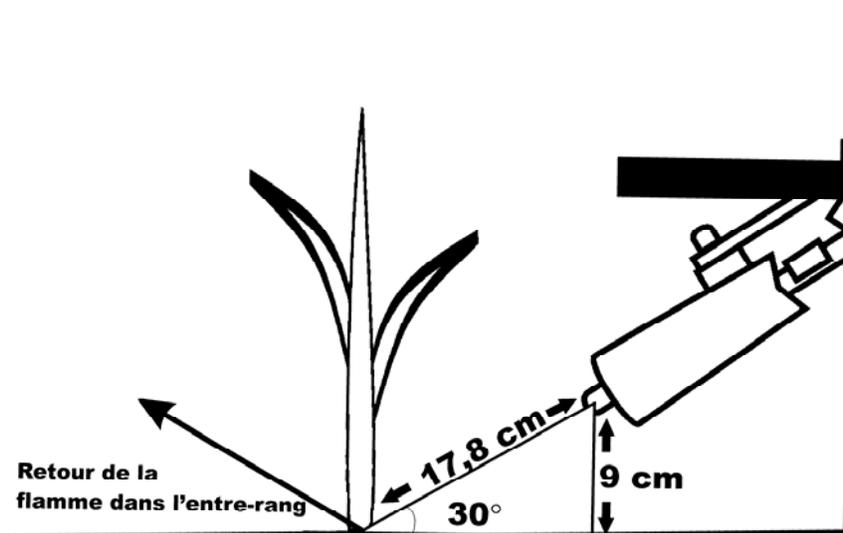


Figure 5. Schéma illustrant l'angle de la torche par rapport au sol et la distance entre la torche et la base de la culture.

Manufacturier

La compagnie qui manufacture les deux modèles de torches utilisés dans ce projet est Flame Engineering. Ses coordonnées sont les suivantes :

FLAME ENGINEERING INC.
PO Box 577 LaCrosse Kansas 67548
Tel: 785/222-2873
Tel: 1-800/255-2469
Fax: 785/222-3619 FAX
www.FlameEngineering.com

Méthode pour mesurer le débit de propane :

Le débit de propane est déterminé en pesant les bonbonnes de propane avant et après l'allumage des torches pendant une période donnée à une pression mesurée sur le manomètre.

Ainsi, en 2005, le débit des deux torches, modèle LT 1½ X 6 Liquid Torch; 220,000 BTU de Flame Engineering, a été déterminé comme suit :

À une pression donnée, les 2 torches de 220000 BTU ont été allumées pendant 5 minutes et le poids des bonbonnes de gaz propane a été déterminé avant et après pour établir la consommation de propane.

Tableau 1. Débit de propane selon la pression utilisée.

PSI	Quantité de propane consommée (kg)	Débit (kg/heure)
20	0,229	2,7
35	0,3587	4,3
50	0,490	5,9

La même procédure a été suivie en 2006. Suite au remplacement du régulateur de pression et du manomètre avant le début des travaux de champs, la calibration a été ajustée afin d'obtenir le même débit que celui utilisé en 2005 pour garder les doses constantes entre les années.

La même procédure a aussi été effectuée avec le pyrodésherbeur à flamme couverte.

Pyrodésherbeur à flamme couverte – Doses de propane

Le tableau 2 illustre la relation entre la pression, la vitesse et la dose de propane en 2005 et en 2006, respectivement. La différence entre les deux années provient du fait que le manomètre a été remplacé avant le début des travaux de champs en 2006.

Tableau 2 Synthèse présentant la relation entre le débit et la dose de propane appliquée en 2005 et 2006.

Pression				Vitesse	Débit		
MPA		PSI		(km/h)	(kg/h)	g/m	kg/ha ^a
2005	2006	2005	2006				
0,07	0,06	10	9	2	2,7	1,35	15,0
0,07	0,06	10	9	3	2,7	0,90	10,0
0,07	0,06	10	9	4	2,7	0,68	7,5
0,07	0,06	10	9	5	2,7	0,54	6,0
0,07	– ^b	10	–	6	2,7	0,45	5,0
0,15	0,14	22	21	2	4,3	2,10	23,3
0,15	0,14	22	21	3	4,3	1,40	15,6
0,15	0,14	22	21	4	4,3	1,05	11,7
0,15	0,14	22	21	5	4,3	0,84	9,3
0,15	–	22	–	6	4,3	0,70	7,8
0,23	0,23	34	33	2	5,9	3,00	33,3
0,23	0,23	34	33	3	5,9	2,00	22,2
0,23	0,23	34	33	4	5,9	1,50	16,7
0,23	0,23	34	33	5	5,9	1,20	13,3
0,23	–	34	–	6	5,9	1,00	11,1

^a Cette valeur est pour une culture ayant des rangs espacés de 90 centimètres.

^b Cette vitesse n'a pas été utilisée en 2006

Pyrodésherbeur à flamme nue – Doses de propane

Le tableau 3 illustre la relation entre la pression, la vitesse et la dose de propane en 2005 et en 2006, respectivement. La différence entre les deux années provient du fait que le manomètre a été remplacé avant le début des travaux de champs en 2006.

Tableau 3. Synthèse présentant la relation entre le débit et la pression de propane utilisée en 2005 et 2006.

Pression				Vitesse	Débit		
MPA		PSI		(km/h)	(kg/h)	g/m	kg/ha ^a
2005	2006	2005	2006				
0,14	0,12	20	17	2	2,7	1,35	15,0
0,14	0,12	20	17	3	2,7	0,90	10,0
0,14	0,12	20	17	4	2,7	0,68	7,5
0,14	0,12	20	17	5	2,7	0,54	6,0
0,14	– ^b	20	–	6	2,7	0,45	5,0
0,24	0,21	35	31	2	4,3	2,15	23,9
0,24	0,21	35	31	3	4,3	1,43	15,9
0,24	0,21	35	31	4	4,3	1,08	11,9
0,24	0,21	35	31	5	4,3	0,86	9,6
0,24	–	35	–	6	4,3	0,72	8,0
0,34	0,31	50	45	2	5,9	2,95	32,8
0,34	0,31	50	45	3	5,9	1,97	21,9
0,34	0,31	50	45	4	5,9	1,48	16,4
0,34	0,31	50	45	5	5,9	1,18	13,1
0,34	–	50	–	6	5,9	0,98	10,9

^a Cette valeur est pour une culture ayant des rangs espacés de 90 centimètres.

^b Cette vitesse n'a pas été utilisée en 2006

Mode d'action du pyrodésherbage

Le mode d'action du pyrodésherbage n'est pas de consumer la plante mais simplement d'augmenter la température des cellules une fraction de seconde. Cela est normalement suffisant pour dénaturer les protéines et endommager les membranes cellulaires, détruisant ainsi les cellules et provoquer éventuellement la mort de la plante, ou du moins des tissus atteints.

Largeur brûlée

La détermination de la largeur de brûlage du pyrodésherbeur à flamme nue a été effectuée sous les mêmes conditions que pour le pyrodésherbage effectué dans les cultures. L'évaluation a été réalisée entre 11 heures et midi, sans vent ni soleil, le 2 juin 2006. La température était de 22 °C. Le couvert végétal était composé à 90 % d'herbe à poux avec un % de couverture au sol de 50 %. La hauteur de l'herbe à poux variait de 2 à 6 cm. La longueur de la bande observée était de 15 mètres.

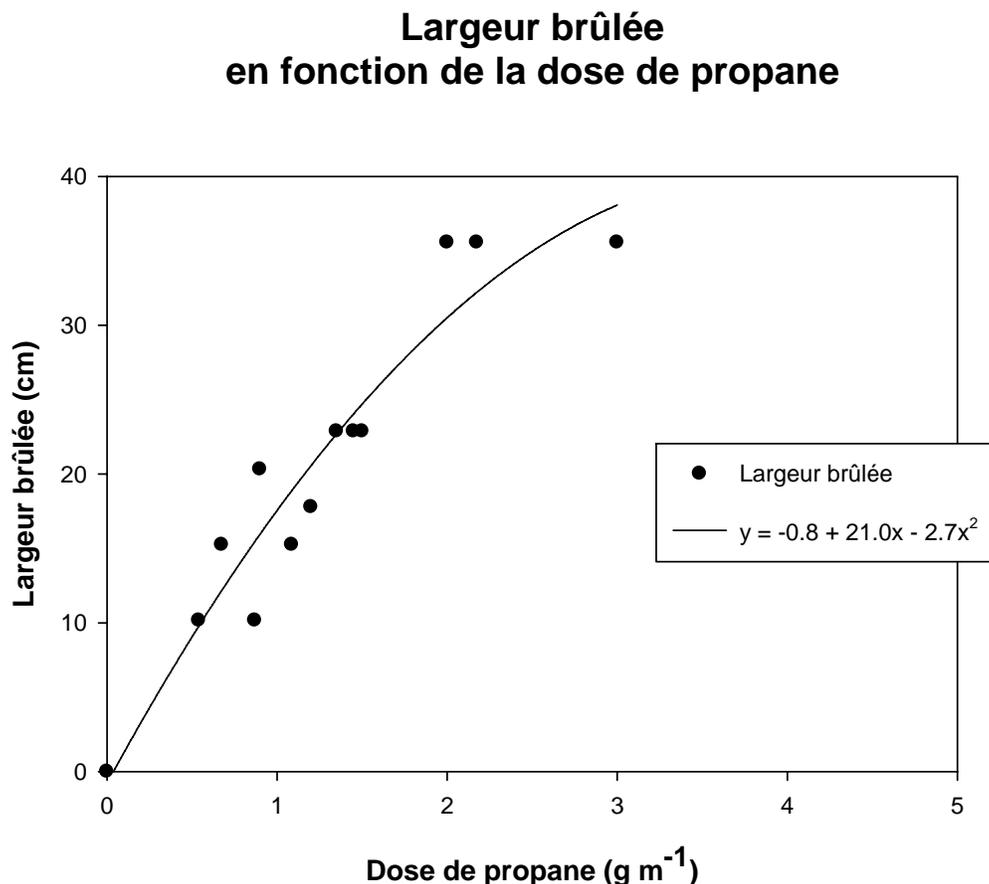


Figure 1. Largeur affectée par le pyrodésherbage et la dose de propane utilisée.

Sarcleurs

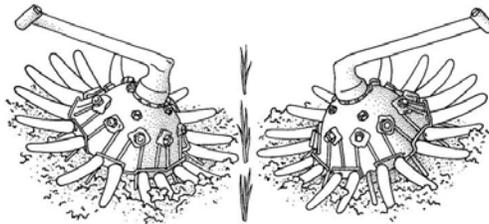
Trois sarcleurs différents ont été utilisés dans le cadre de ce projet. Un sarcleur d'entre-rangs et deux sarcleurs qui désherbent très près ou sur le rang.

Sarcleur d'entre-rangs :

Sarclage mécanique avec un tracteur (Farmall 140) muni de pattes d'oie, placées de façon à laisser une bande non-désherbée de 15 cm de chaque côté du rang, sur l'ensemble des parcelles, à l'exception des parcelles témoins enherbées.

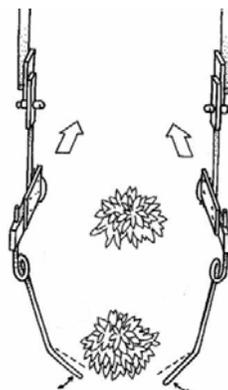
Sarcleur Buddingh Finger weeder :

Le sarcleur Buddingh utilisé dans ce projet est le modèle Finger Weeder Model C illustré ci-dessous. Ce genre de sarcleur est utilisé pour désherber sur les rangs des cultures. Idéalement, il est monté sur un tracteur décentré qui permet au conducteur de voir directement le rang et le sarcleur en action devant lui.



Sarcleur Bezzeries Torsion weeder :

Le sarcleur Bezzeries Torsion weeder utilisé dans ce projet est illustré ci-dessous. Ce genre de sarcleur est utilisé pour désherber très près des rangs des cultures. Idéalement, il est monté sur un tracteur décentré qui permet au conducteur de voir directement le rang et le sarcleur en action devant lui.



Asperge

Le site expérimental était situé au Centre de recherche horticole (Horticultural Centre of the Macdonald Research Farm) sur le Campus Macdonald de l'université McGill. L'aspergeraie a été implantée en 2001 pour une expérience sur la fertilisation phosphorée de l'asperge. L'expérience s'est terminée au cours de l'été 2003 et l'aspergeraie était maintenue en production depuis.

Matériels et méthode

Cette expérience a été établie dans l'aspergeraie et les mêmes traitements ont été appliqués dans la même parcelle en 2005 et 2006. Le pyrodésherbage a été effectué uniquement avec le pyrodésherbeur à flamme couverte puisque le pyrodésherbeur à flamme nue n'avait pas encore été livré en 2005 par le distributeur au moment du pyrodésherbage. Les chaumes étaient coupés, déchiquetés et enlevés du rang de la culture avant l'opération de pyrodésherbage. Le pyrodésherbage était effectué avant que les turions émergent.

Type de sol : Sol de la série Chicot (loam sableux)

Fertilisation : Aucune en 2005 et 2006.

Variété : Guelph Millennium

Récolte des asperges : 15 fois, du 9 mai au 6 juin 2005 et 17 fois, du 5 mai au 9 juin 2006

Dispositif expérimental : en blocs aléatoires incomplets

Répétitions : 5

Traitements : 10 traitements au total (le 21 avril 2005 et le 21 avril 2006)
2 débits de propane (10 psi. et 34 psi.)
4 vitesses (2, 3, 4 et 5 km/h)
1 témoin enherbé
1 témoin dés herbé manuellement

Dimension d'une parcelle :

- 1 rang de 7 mètres de longueur
- espacement de la culture, 180 cm entre les rangs

Mauvaises herbes :

Les mauvaises herbes ont été identifiées à l'espèce et dénombrées avant et après le pyrodésherbage dans des quadrats de 15 par 50 cm. En 2005, les dates d'échantillonnage étaient le 21 et 26 avril suivi par un échantillonnage tardif le 2 juin 2005. En 2006 les dates d'échantillonnage étaient le 20 et 24 avril.

Tableau 1. Synthèse présentant la relation entre le débit et la dose de propane appliquée en 2005.

Pression		Vitesse (km/h)	Débit		
MPA	PSI		(kg/h)	g/m	kg/ha ^a
0,07	10	2	2,7	1,35	15,0
0,07	10	3	2,7	0,90	10,0
0,07	10	4	2,7	0,68	7,5
0,07	10	5	2,7	0,54	6,0
0,23	34	2	6,0	3,00	33,3
0,23	34	3	6,0	2,00	22,2
0,23	34	4	6,0	1,50	16,7
0,23	34	5	6,0	1,20	13,3

^a Cette valeur est pour une culture ayant des rangs espacés de 180 centimètres.

Tableau 2. Synthèse présentant la relation entre le débit et la dose de propane appliquée en 2006.

Pression		Vitesse (km/h)	Débit		
MPA	PSI		(kg/h)	g/m	kg/ha ^a
0,06	9	2	2,7	1,35	7,5
0,06	9	3	2,7	0,90	5,0
0,06	9	4	2,7	0,68	3,8
0,06	9	5	2,7	0,54	3,0
0,23	33	2	5,9	2,95	16,4
0,23	33	3	5,9	1,97	10,9
0,23	33	4	5,9	1,48	8,2
0,23	33	5	5,9	1,18	6,6

^a Cette valeur est pour une culture ayant des rangs espacés de 180 centimètres.

Résultats et discussion

Le rendement de l'asperge, présenté dans la figure 1, illustre bien que celle-ci n'a pas été influencée par la dose de propane utilisée ou par la présence ou l'absence de mauvaises herbes (Tableau 3 et 4). Cette absence de réponse pourrait être attribuable au fait que l'aspergeraie a été établie 4 ans auparavant, que c'est une culture pérenne et que les traitements n'ont pas été appliqués pendant suffisamment de temps pour influencer le rendement.

La réponse des populations de mauvaises herbes était plus influencée par la dose de propane. En 2005, le dénombrement des populations de mauvaises herbes a été effectué 5 et 42 jours après le pyrodésherbage. La réponse des mauvaises herbes était marquée 5 jours après le traitement tandis qu'il n'y avait aucune tendance observable 42 jours plus tard (Figure 2). En 2006, il y avait aussi une dose-réponse de la population de mauvaises herbes qui a été échantillonnée 3 jours après le pyrodésherbage (Figure 3).

Asperge 2005-2006 Dose-réponse au pyrodés herbage

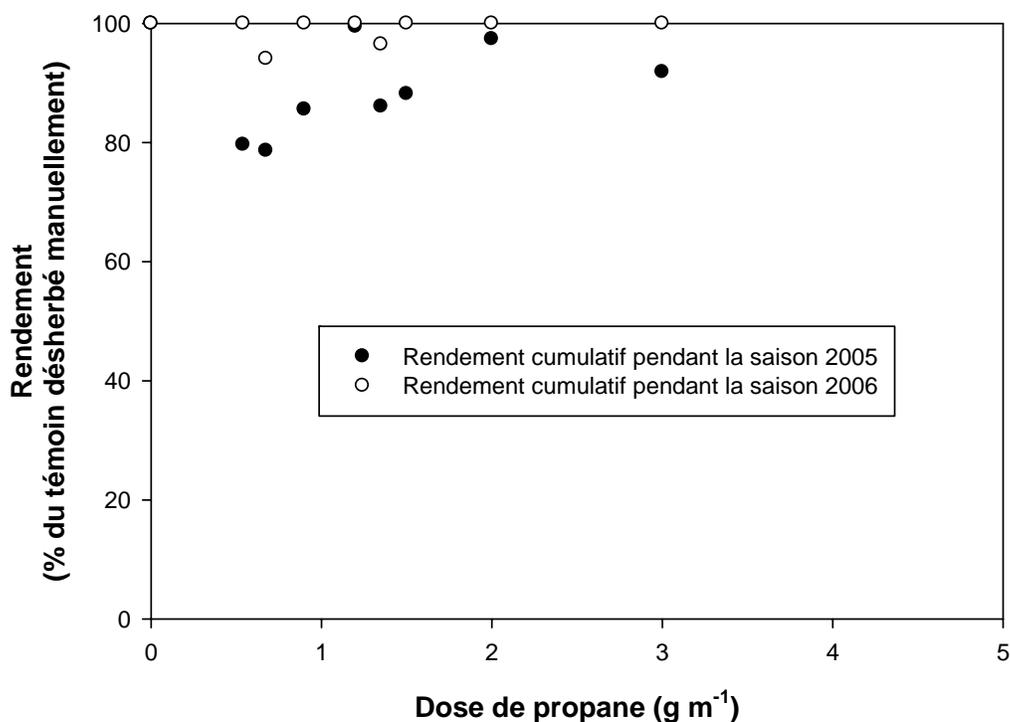


Figure 1. Rendement de l'asperge selon la dose de propane utilisée en 2005 et en 2006.

Tableau 3. Population de mauvaise herbe et rendement de l'asperge en 2005.

Dose de propane g/m	Population de mauvaises herbes (densité par m ²)			Rendement en asperges (kg/ha)
	Avant le pyrodés herbage (21 avril)	Après le pyrodés herbage (26 avril)	Plus tard en saison (2 juin)	
0,54	139	141	390	4686,1
0,68	77	83	300	4627,8
0,90	107	101	365	5036,1
1,20	80	85	360	5852,8
1,35	104	96	735	5063,9
1,50	67	61	540	5188,9
2,00	101	75	560	5730,6
3,00	77	77	345	5405,6
Témoin désherbé manuellement	92	161	383	5886,1
Témoin enherbé	92	199	520	5112,5

Tableau 4. Population de mauvaise herbe et rendement de l'asperge en 2006.

Dose de propane g/m	Population de mauvaises herbes (densité par m ²)		Rendement en asperges (kg/ha)
	Avant le pyrodés herbage (21 avril)	Après le pyrodés herbage (26 avril)	
0,54	178	118	6329,70
0,68	115	109	5542,68
0,90	106	63	6121,36
1,20	88	54	6217,02
1,35	133	51	5686,16
1,50	103	64	6252,17
2,00	84	46	6133,03
3,00	120	33	6105,76
Témoin dés herbé manuellement	96	0,5	5893,30
Témoin en herbé	115	66	5655,08

Asperge 2005 Dose-réponse de l'ensemble de la population de mauvaises herbes au pyrodés herbage

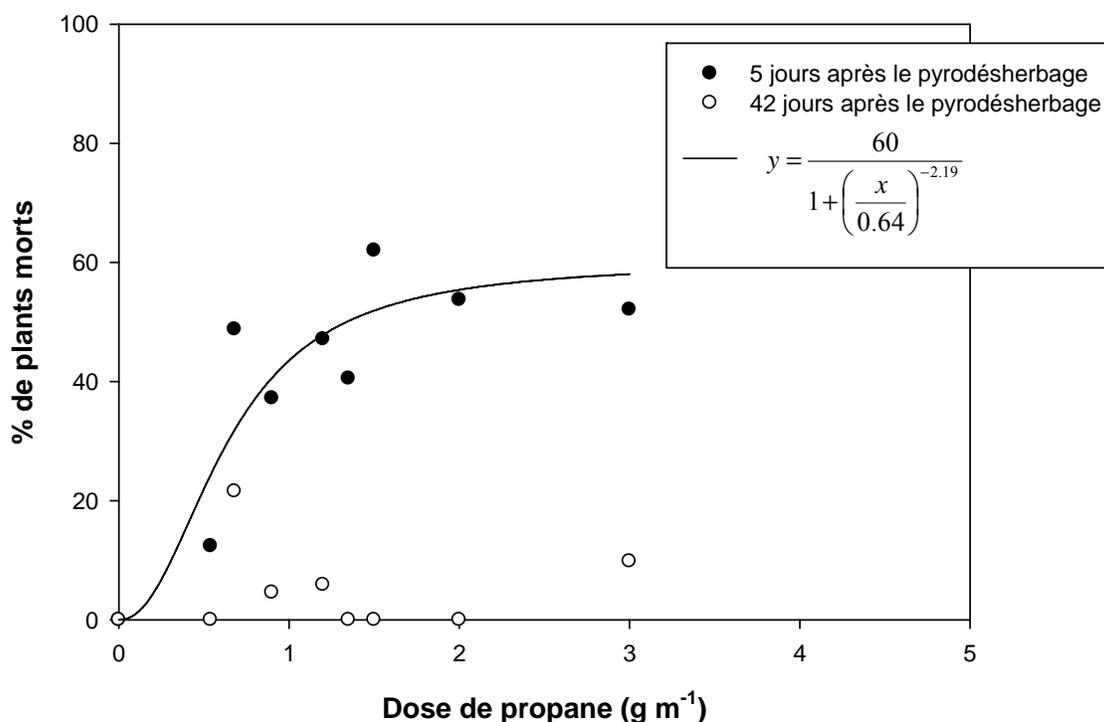


Figure 2. Dose-réponse des populations de mauvaises herbes au pyrodés herbage en 2005.

Asperge 2006

Dose-réponse de l'ensemble de la population de mauvaises herbes au pyrodésherbage

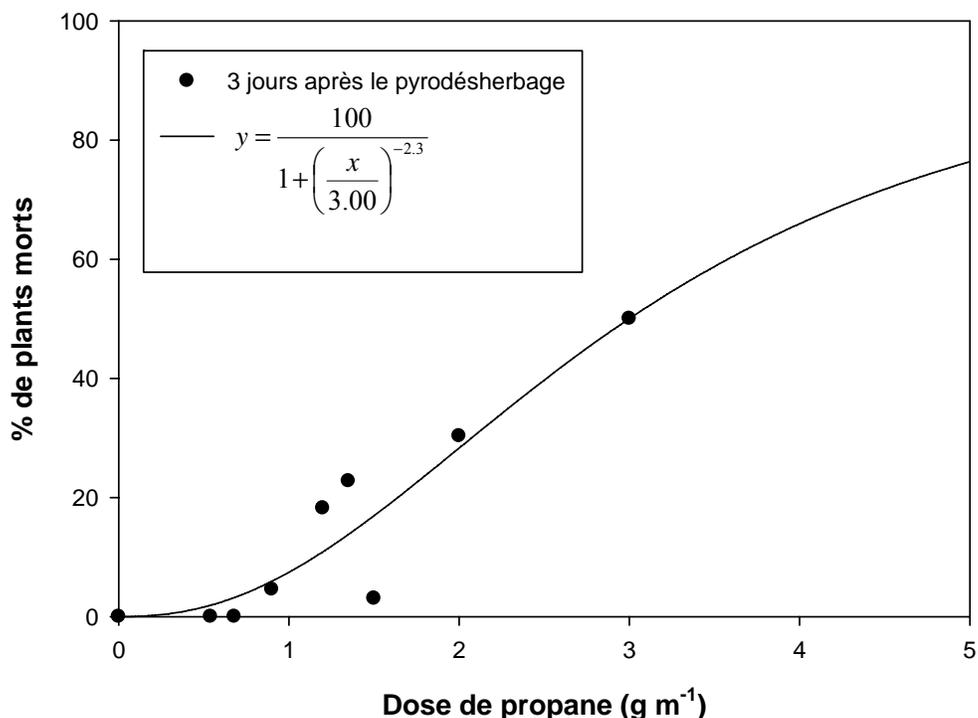


Figure 3. Dose-réponse des populations de mauvaises herbes à la dose de propane utilisée en 2006.

Conclusions

Le pyrodésherbage est une technique qui a un bon potentiel pour lutter contre les mauvaises herbes dans les aspergerais. Utilisé en prélevée des turions, le pyrodésherbage ne semble pas causer de réduction de rendement. Le principal désavantage de cette technique est quelle risque de mettre le feu aux chaumes de la culture s'ils ne sont pas enlevés du champ avant le pyrodésherbage. Un autre désavantage est que la répression des mauvaises herbes est temporaire car il y avait surtout des espèces vivaces et pérennes dans l'aspergeraie. Par contre, le pyrodésherbage pourrait être répété après la dernière récolte de turions (ce qui n'était pas dans le protocole de cette expérience) et aussi, possiblement en postlevée avec des jets dirigés. Plus de recherche serait nécessaire pour pleinement évaluer ces possibilités et déterminer la régie et les doses optimales en postlevée de la culture.

Betterave de jardin

L'expérience « Thermosensibilité au pyrodésherbage » a été réalisée en 2005 et en 2006 tandis que l'expérience « Pyrodésherbage et sarclage mécanique » a été réalisée uniquement en 2006.

Le pyrodésherbage a été effectué directement sur le rang en prélevée avec les deux pyrodésherbeurs (flamme couverte et flamme nue) et en postlevée de la culture avec le pyrodésherbeur à flamme nue. Voir la section « Pyrodésherbeurs » pour les détails sur les appareils et sur les doses.

Matériels et méthode

2005 – Thermosensibilité au pyrodésherbage

Type de sol : Sol de la série St-Damase, (loam sableux à sable loameux)

Précédent cultural : blé en 2004; le sol a été labouré en 2004.

Fertilisation : Application à la volée, 603 kg/ha de 18 - 08 – 28 + 0,25 % de Bore le 1^{er} juin 2005, entre deux passages d'un cultivateur Wil-Rich 3400.

Plantation :

- Variété : Rosette
- Date : 1^{er} juin 2005
- Semoir : semoir à éléments Pneumasem II Nodet Gougis.
- Espacement sur le rang : 4,0 cm

Désherbage :

- Sarclage mécanique des entre-rangs le 4 et 13 juillet sur l'ensemble des parcelles, à l'exception des parcelles témoins enherbées (voir la section « Sarcleurs » pour plus de renseignements).
- Le désherbage a été complété manuellement sur toute la surface de la première moitié de l'ensemble des parcelles, à l'exception des parcelles témoins enherbées, et ce, tout au cours de la saison.

Récolte des betteraves : le 11 août 2005

Dispositif expérimental : en blocs aléatoires complets

Répétitions : 4

Traitements : 62 traitements au total
3 stades de développement (tableau ci-dessous)

- 3 débits de propane – flamme nue (20 psi., 35 psi., et 50 psi. Voir la section « Pyrodésherbeurs » pour le détail des doses)
- 3 débits de propane – flamme couverte (prélevée seulement) (10 psi., 22 psi., et 34 psi. Voir la section « Pyrodésherbeurs » pour le détail des doses)
- 5 vitesses pour les deux type de pyrodésherbeurs (2, 3, 4, 5 et 6 km/h)
- 1 témoin enherbé
- 1 témoin dés herbé manuellement

Tableau 1. Stades de la betterave au moment du traitement en 2005.

Stade	Nombre de jours après le semis	Date	Nombre de feuilles
S1	6	7 juin	Prélevée
S2	26	27 juin	4
S3	29	30 juin	6

2006 – Thermosensibilité au pyrodés herbage

Type de sol : Sol de la série St-Damase, (loam sableux à sable loameux)

Précédent cultural: épinard en 2005; le sol a été labouré à l'automne 2005.

Fertilisation : Application à la volée de 696 kg/ha de 17 – 07 - 18 + 1,5 kg/ha de bore, le 8 mai 2006, entre deux passages d'un cultivateur Wil-Rich 3400.

Semis :

- Variété : Rosette
- Date : 8 mai 2006
- Semoir : semoir à éléments Pneumasem II Nodet Gougis.
- Espacement sur le rang : 4 cm

Dés herbage:

- Sarclage mécanique des entre-rangs le 14 juin et le 8 juillet sur l'ensemble des parcelles, à l'exception des parcelles témoins enherbées (voir la section « Sarcleurs » pour plus de renseignements).
- Le dés herbage a été complété manuellement sur toute la surface de la première moitié de l'ensemble des parcelles, à l'exception des parcelles témoins enherbées, et ce, tout au cours de la saison.

Récolte des betteraves : Le 1^{er} août 2006

Dispositif expérimental : en blocs aléatoires complets

Répétitions : 4

- Traitements :** 50 traitements au total
- 3 stades de développement (tableau ci-dessous)
 - 3 débits de propane – flamme nue (17 psi., 31 psi., et 45 psi. Voir la section « Pyrodéssherbeurs » pour le détail des doses)
 - 3 débits de propane – flamme couverte (prélevée seulement) (9 psi., 21 psi., et 33 psi. Voir la section « Pyrodéssherbeurs » pour le détail des doses)
 - 4 vitesses (2, 3, 4 et 5 km/h)
 - 1 témoin enherbé
 - 1 témoin dés herbé manuellement

Tableau 2. Stades de la betterave au moment du traitement en 2006.

Stade	Nombre de jours après le semis	Date	Nombre de feuilles
S1	6	14 mai	Prélevée
S2	36	13 juin	4
S3	44	21 juin	6

2006 – Pyrodésherbage et sarclage mécanique

Le but de cette expérience était de déterminer la meilleure combinaison de pyrodésherbage et de sarclage mécanique pour minimiser les populations de mauvaises herbes et le temps de dés herbage manuel requis pour nettoyer les parcelles.

Type de sol : Sol de la série St-Damase, (loam sableux à sable loameux)

Précédent cultural: épinard en 2005; le sol a été labouré à l'automne 2005.

Fertilisation : Application à la volée de 696 kg/ha de 17 – 07 - 18 + 1,5 kg/ha de bore, le 8 mai 2006, entre deux passages d'un cultivateur Wil-Rich 3400.

Semis :

- Variété : Rosette
- Date : 8 mai 2006
- Semoir : semoir à éléments Pneumasem II Nodet Gougis.
- Espacement sur le rang : 4 cm

Dés herbage:

- Sarclage mécanique des entre-rangs le 14 juin et le 8 juillet sur l'ensemble des parcelles, à l'exception des parcelles témoins enherbées (voir la section « Sarcleurs » pour plus de renseignements).

- Le désherbage a été complété manuellement sur toute la surface de la première moitié de l'ensemble des parcelles, à l'exception des parcelles témoins enherbées, et ce, tout au cours de la saison.

Récolte des betteraves : 2 août 2006

Dispositif expérimental : en blocs aléatoires complets

Répétitions : 4

Traitements : 12 traitements au total (voir le Tableau 3 pour le détail)

Dimension d'une parcelle :

- 1 rang de 5 mètres de longueur
- espacement de la culture, 90 cm entre les rangs
- première moitié, zone désherbée manuellement à chaque semaine (2,5 m), dont 1 m a été récolté.
- seconde moitié, zone enherbée. Les mauvaises herbes ont été récoltées dans un quadrat placé au hasard sur le rang. Le poids sec et le nombre de chacune des espèces de mauvaises herbes a été déterminé. Cette zone a été désherbée manuellement 71 et 86 jours après la transplantation, après l'échantillonnage des mauvaises herbes. Le temps de désherbage a été minuté.

Tableau 3. Liste des traitements pour l'expérience sur le désherbage dans les betteraves en 2006.

Traitement numéro	Pyrodésherbage			Sarclage	
	Débit (kg/h)	Vitesse (km/h)	Nombre de jours après la transplantation	Sarcler utilisé	Nombre de jours après la transplantation
1	4,3	5	6	Bezerides	36, 44, 54
2	4,3	5	6, 36	Bezerides	44, 54
3	4,3	5	6, 36, 44	Bezerides	54
4	4,3	5	6, 36, 44, 54		
5	4,3	4	6	Bezerides	36, 44, 54
6	4,3	4	6, 36	Bezerides	44, 54
7	4,3	4	6, 36, 44	Bezerides	54
8	4,3	4	6, 36, 44, 54		
9				Bezerides	36, 44, 54
10				Buddingh	36, 44, 54
11	Témoin désherbé manuellement				
12	Témoin enherbé				

Pour tous les stades, les traitements avec le Buddingh, le Bezerides et le pyrodésherbeur ont été réalisés la même journée.

Tableau 4. Stades de la culture au moment du traitement:

Stade	Nombre de jours après le semis	Date	Nombre de feuilles
			Prélevée (50% émergée)
S1	6	14 mai	(50% émergée)
S2	36	13 juin	4
S3	44	21 juin	6
S4	54	1 ^{er} juillet	8

Tableau 5. Synthèse présentant la relation entre le débit et la dose de propane appliquée :

Pression		Vitesse (km/h)	Débit		
MPA	PSI		(kg/h)	g/m	kg/ha ^a
0,21	31	4	4,3	1,08	11,9
0,21	31	5	4,3	0,86	9,6

^a Cette valeur est pour une culture ayant des rangs espacés de 90 centimètres.

Mauvaises herbes

La densité et la biomasse de chacune des espèces de mauvaises herbes présentes dans les quadrats ont été prises le 14 juillet et le 2 août, dans des quadrats de 20 cm x 25 cm dans la partie enherbée. Les espèces ont été dénombrées et leur biomasse a été déterminée.

Temps de désherbage manuel

Le temps requis pour compléter le désherbage manuellement ou avec un sarcloir (outil manuel de sarclage) a été chronométré dans toutes les parcelles de la partie enherbée, 71 et 86 jours après la transplantation, soit le 18 juillet et le 2 août 2006 respectivement. Cette opération a été effectuée sur toute la longueur de la sous-parcelle, soit sur 2,5 m.

Résultats et discussion

2005 – 2006 – Thermosensibilité au pyrodésherbage

Le détail des données de rendement colligées dans cette expérience sont présentées en annexe à cette section (peuplement commercialisable (no/ha), rendement commercialisable (T/ha), peuplement non-commercialisable (no/ha), rendement non-commercialisable (T/ha), rendement total des plants récoltés (T/ha)). Les courbes de dose-réponse du rendement commercialisable des betteraves au pyrodésherbage pour 2005 et 2006 sont présentées ci-dessous.

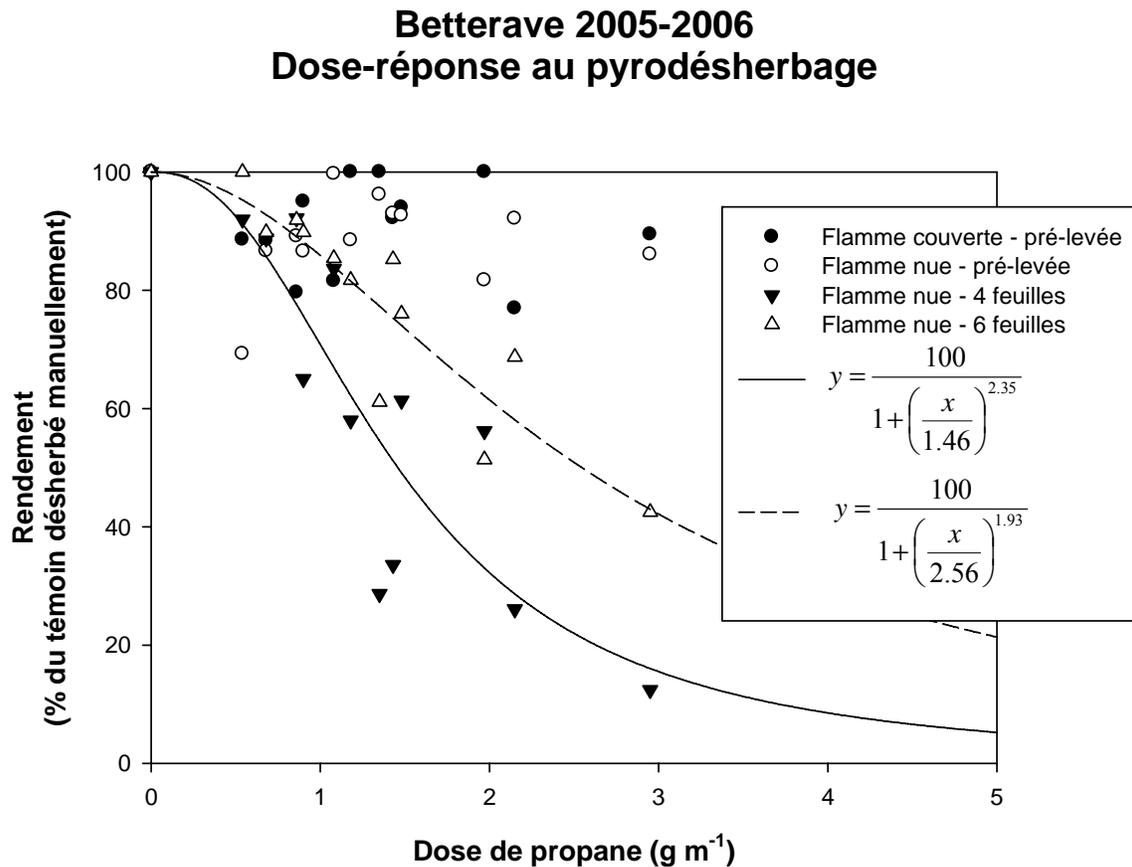


Figure 1. Dose-réponse du rendement commercialisable des betteraves en 2005-2006.

La betterave tolère mal le pyrodés herbage en postlevée à des doses de plus de 1 g/m. Elle est plus thermosensible au stade de 4 feuilles que 6 feuilles avec une DL50 de 1,46 et 2,56 respectivement. Cependant, elles toléraient relativement bien le pyrodés herbage en prélevée. Il n'y avait aucune différence significative entre les traitements ayant été pyrodés herbés à la flamme nue comparativement à ceux ayant été traités à la flamme couverte en prélevée (Annexe-Tableau 5 et Annexe-Tableau 10).

2006 – Pyrodés herbage et sarclage mécanique

Les diverses composantes du rendement sont présentées ci-dessous (peuplement commercialisable (no/ha), rendement commercialisable (T/ha), peuplement non-commercialisable (no/ha), rendement non-commercialisable (T/ha), rendement total des plants récoltés (T/ha)).

Règle générale, le rendement était relativement bon dans les traitements uniquement sarclés (traitements 9 et 10, Tableau 6). Fait intéressant, les traitements 1 et 5 étaient semblables au traitement 9 sauf qu'il y avait un pyrodés herbage 6 jours après le semis. Le traitement 1 traité avec une dose de 0,86 g/m de propane a obtenu un rendement semblable au traitement 9, avec le Bezzerides seul. Le traitement 5 a reçu une dose plus grande de propane (1,08 g/m) et a obtenu un rendement significativement plus faible que les traitements 1 et 9. La betterave était partiellement émergée lors du pyrodés herbage 6 jours après le semis et, comme l'illustre la dose-réponse présentée dans la figure 1, la betterave est thermosensible lorsqu'elle est émergée, surtout à des doses supérieures à 1 g/m de propane. Il n'y avait pas de différence de rendement entre le traitement sarclé avec le Bezzerides et celui sarclé avec le Buddingh.

En ce qui concerne les mauvaises herbes, la tendance, quoique non significative, semble être que la plus forte dose de propane ait moins de mauvaises herbes et requière moins de temps de dés herbage (Tableau 7). Il n'y avait pas de différence d'efficacité entre le Bezzerides et le Buddingh.

Tableau 6. Rendement des betteraves dans la section désherbée.

Traitement numéro	Débit (kg/h)	Vitesse (km/h)	Nombre de jours après le semis	Sarcléur utilisé	Nombre de jours après le semis	Peuplement (nombre / ha)			Rendement (T/ha)		
						Commercialisable	Non-commercialisable	Total	Commercialisable	Non-commercialisable	Total
1	4,3	5	6	Bezerides	36, 44, 54	247222	77778	325000	18,99	7,64	26,63
2	4,3	5	6, 36	Bezerides	44, 54	269444	80556	350000	18,79	6,41	25,20
3	4,3	5	6, 36, 44	Bezerides	54	194444	47222	241667	17,36	5,2	22,38
4	4,3	5	6, 36, 44, 54			150000	72222	222222	8,93	6,52	15,45
5	4,3	4	6	Bezerides	36, 44, 54	172222	94444	266667	8,65	9,3	17,68
6	4,3	4	6, 36	Bezerides	44, 54	229630	81481	311111	17,08	5,3	22,10
7	4,3	4	6, 36, 44	Bezerides	54	196296	85185	281482	13,27	8,65	21,92
8	4,3	4	6, 36, 44, 54			181482	51852	233333	11,17	7,62	18,80
9				Bezerides	36, 44, 54	272222	72222	344444	21,33	7,37	28,70
10				Buddingh	36, 44, 54	225000	61111	286111	17,68	8,93	26,61
11	Témoïn désherbé manuellement					244444	83333	327778	14,96	3,34	18,30
12	Témoïn enherbé					113889	86111	200000	3,50	0,48	3,98
PPDS ^a						102532	NS	NS	7,17	4,11	7,71

^a Plus petite différence significative à 5 % de probabilité. NS = différence non significative.

Tableau 7. Densité et biomasse cumulée des mauvaises herbes et temps de désherbage manuel cumulé requis pour désherber 71 et 86 jours après la plantation dans la moitié laissé enherbé pendant la saison de croissance.

Traitement numéro	Débit (kg/h)	Vitesse (km/h)	Nombre de jours après le semis	Sarcléur utilisé	Nombre de jours après le semis	Densité (nombre / m ²)	Biomasse (g / m ²)	Temps de désherbage (heures/ha)
1	4,3	5	6	Bezerides	36, 44, 54	322,5	119,0	193,5
2	4,3	5	6, 36	Bezerides	44, 54	415,0	114,9	239,2
3	4,3	5	6, 36, 44	Bezerides	54	452,5	147,3	206,5
4	4,3	5	6, 36, 44, 54			395,0	108,7	283,6
5	4,3	4	6	Bezerides	36, 44, 54	313,3	85,7	186,8
6	4,3	4	6, 36	Bezerides	44, 54	276,7	106,8	183,1
7	4,3	4	6, 36, 44	Bezerides	54	390,0	132,9	237,4
8	4,3	4	6, 36, 44, 54			273,3	109,6	202,1
9				Bezerides	36, 44, 54	352,5	178,2	246,6
10				Buddingh	36, 44, 54	300,0	242,0	219,4
11	Témoïn désherbé manuellement					-	-	-
12	Témoïn enherbé					892,5	198,2	484,6
PPDS ^a						229,2	111,0	60,5

^a Plus petite différence significative à 5 % de probabilité. NS = différence non significative.

Annexe

2005

Annexe – Tableau 1. Moyenne des données de rendement des betteraves en 2005 – expérience de pyrodés herbage. Traitement à la flamme couverte au stade prélevée de la culture le 7 juin 2005.

Débit (g/m)	Peuplement commercialisable (no/ha)	Rendement commercialisable (T/ha)	Peuplement non-commercialisable (no/ha)	Rendement non-commercialisable (T/ha)	Rendement total (T/ha)
0	237037	15,87	124074	5,92	21,79
0,45	261728	17,51	111111	7,49	25,00
0,54	259259	17,28	76543	5,92	23,21
0,68	224691	16,48	83951	9,04	25,52
0,72	216667	16,76	83333	7,38	24,14
0,86	249383	16,40	44444	2,11	18,51
0,90	269136	17,22	39506	4,81	22,03
0,98	259259	18,91	66667	4,52	23,43
1,08	188889	14,18	53704	6,64	20,82
1,18	285185	19,37	90741	4,44	23,82
1,35	266667	18,21	66667	4,71	22,92
1,43	253704	17,03	90741	5,68	23,08
1,48	234568	15,50	86420	3,95	19,45
1,97	214815	16,55	70370	7,48	24,03
2,15	249383	18,46	56790	2,75	21,20
2,95	248148	17,53	51852	4,17	21,70
Témoin enherbé	214815	10,73	112963	0,61	11,35

Annexe – Tableau 2. Moyenne des données de rendement des betteraves en 2005 – expérience de pyrodés herbage. Traitement à la flamme nue au stade prélevée de la culture le 7 juin 2005.

Débit (g/m)	Peuplement commercialisable (no/ha)	Rendement commercialisable (T/ha)	Peuplement non-commercialisable (no/ha)	Rendement non-commercialisable (T/ha)	Rendement total (T/ha)
0	237037	15,87	124074	5,92	21,79
0,45	240741	17,01	62963	3,63	20,63
0,54	162963	10,32	93827	4,91	15,23
0,68	261728	15,06	113580	6,10	21,16
0,72	301852	20,14	100000	6,39	26,53
0,86	232099	15,19	64198	4,91	20,10
0,90	233333	16,15	79630	4,22	20,37
0,98	281482	18,83	94444	7,51	26,34
1,08	222222	15,77	61728	9,88	25,64
1,18	234568	18,05	69136	5,72	23,77
1,35	237037	17,25	94444	9,23	26,48
1,43	219753	16,18	108642	7,44	23,61
1,48	218519	16,01	77778	4,96	20,97
1,97	214815	16,37	69136	7,87	24,24
2,15	272222	21,36	59259	5,00	26,36
2,95	240741	17,13	74074	3,99	21,12
Témoin enherbé	214815	10,73	112963	0,61	11,35

Annexe – Tableau 3. Moyenne des données de rendement des betteraves en 2005 – expérience de pyrodésherbage. Traitement à la flamme nue au stade 4 feuilles de la culture le 27 juin 2005.

Débit (g/m)	Peuplement commercialisable (no/ha)	Rendement commercialisable (T/ha)	Peuplement non-commercialisable (no/ha)	Rendement non-commercialisable (T/ha)	Rendement total (T/ha)
0	237037	15,87	124074	5,92	21,79
0,45	277778	19,06	107407	6,26	25,31
0,54	268519	17,61	74074	5,54	23,15
0,68	261728	19,75	59259	5,11	24,86
0,72	275926	20,31	74074	3,31	23,62
0,86	262963	18,76	33333	3,46	22,21
0,90	142593	11,31	51852	9,35	20,66
0,98	222222	17,78	64198	5,43	23,21
1,08	190741	15,40	64815	6,03	21,42
1,18	150617	11,32	69136	10,72	22,03
1,35	46296	4,82	24074	3,55	8,37
1,43	74074	3,78	51852	11,01	14,79
1,48	127778	11,95	37037	5,16	17,11
1,97	98765	7,82	27160	1,22	9,03
2,15	29630	2,81	9259	3,17	5,98
2,95	4938	0,59	0	0,00	0,59
Témoin enherbé	214815	10,73	112963	0,61	11,35

Annexe – Tableau 4. Moyenne des données de rendement des betteraves en 2005 – expérience de pyrodésherbage. Traitement à la flamme nue au stade 6 feuilles de la culture le 30 juin 2005.

Débit (g/m)	Peuplement commercialisable (no/ha)	Rendement commercialisable (T/ha)	Peuplement non-commercialisable (no/ha)	Rendement non-commercialisable (T/ha)	Rendement total (T/ha)
0	237037	15,87	124074	5,92	21,79
0,45	274074	19,69	77778	4,24	23,93
0,54	251852	17,14	112963	6,78	23,92
0,68	257407	17,91	74074	8,45	26,36
0,72	313580	18,16	76543	3,48	21,63
0,86	290741	18,71	74074	3,94	22,65
0,90	214815	15,18	70370	6,77	21,95
0,98	216667	14,74	77778	7,73	22,70
1,08	212963	13,93	77778	3,55	17,48
1,18	205556	14,76	77778	5,96	20,71
1,35	125926	10,54	40741	4,55	15,09
1,43	209877	15,37	51852	2,33	17,70
1,48	205556	16,09	62963	3,02	19,11
1,97	83333	6,14	42593	10,47	16,37
2,15	177778	15,30	33333	4,23	19,53
2,95	66667	5,81	37037	5,90	11,71
Témoin enherbé	214815	10,73	112963	0,61	11,35

Annexe – Tableau 5. Contrastes dans l’analyse de variance comparant les moyennes des données de rendement des betteraves en 2005. Contrastes comparant le traitement à la flamme couverte vs le traitement à la flamme nue au stade prélevée de la culture le 7 juin 2005.

Variable	Différence entre les deux pyrodésherbeurs ^a
Peuplement commercialisable (no/ha):	NS
Rendement commercialisable (T/ha):	NS
Peuplement non-commercialisable (no/ha)	NS
Rendement non-commercialisable (T/ha)	NS
Rendement total des plants récoltés par hectare	NS

^a NS Différence non significative

2006

Annexe – Tableau 6. Moyenne des données de rendement des betteraves en 2006 – expérience de pyrodésherbage. Traitement à la flamme couverte au stade prélevée de la culture le 14 mai 2006.

Débit (g/m)	Peuplement commercialisable (no/ha)	Rendement commercialisable (T/ha)	Peuplement non-commercialisable (no/ha)	Rendement non-commercialisable (T/ha)	Rendement total (T/ha)
0	288889	20,39	86111	3,07	23,46
0,54	244444	15,73	91667	9,66	25,38
0,68	233333	15,66	100000	7,51	23,18
0,86	202778	12,08	69444	6,87	18,95
0,90	222222	18,34	122222	14,76	33,10
1,08	219444	15,04	136111	10,62	25,66
1,18	269444	20,81	86111	6,04	26,85
1,35	280556	21,45	94444	4,07	25,52
1,43	230556	17,22	88889	7,00	24,22
1,48	272222	18,41	91667	7,97	26,39
1,97	261111	20,69	69444	6,62	27,31
2,15	172222	10,98	108333	11,93	22,91
2,95	213889	16,09	86111	3,98	20,08
Témoïn enherbé	52778	1,35	77778	0,89	2,24

Annexe – Tableau 7. Moyenne des données de rendement des betteraves en 2006 – expérience de pyrodésherbage. Traitement à la flamme nue au stade prélevée de la culture le 14 mai 2006.

Débit (g/m)	Peuplement commercialisable (no/ha)	Rendement commercialisable (T/ha)	Peuplement non-commercialisable (no/ha)	Rendement non-commercialisable (T/ha)	Rendement total (T/ha)
0	288889	20,39	86111	3,07	23,46
0,54	211111	14,98	97222	10,97	25,94
0,68	238889	15,97	122222	9,58	25,55
0,86	261111	16,83	100000	5,74	22,58
0,90	227778	14,91	83333	6,35	21,26
1,08	311111	22,46	111111	9,51	31,98
1,18	202778	15,68	105556	12,64	28,32
1,35	219444	18,82	83333	6,87	25,69
1,43	222222	17,52	100000	7,95	25,48
1,48	247222	17,39	108333	8,46	25,85
1,97	158333	12,93	86111	13,71	26,63
2,15	241667	17,17	130556	11,81	28,99
2,95	222222	14,70	69444	2,73	17,44
Témoïn enherbé	52778	1,35	77778	0,89	2,24

Annexe – Tableau 8. Moyenne des données de rendement des betteraves en 2006 – expérience de pyrodés herbage. Traitement à la flamme nue au stade 4 feuilles de la culture le 13 juin 2006.

Débit (g/m)	Peuplement commercialisable (no/ha)	Rendement commercialisable (T/ha)	Peuplement non-commercialisable (no/ha)	Rendement non-commercialisable (T/ha)	Rendement total (T/ha)
0	288889	20,39	86111	3,07	23,46
0,54	236111	17,11	100000	8,37	25,48
0,68	202778	15,80	77778	6,76	22,56
0,86	233333	17,19	63889	4,93	22,12
0,90	180556	11,97	83333	6,37	18,34
1,08	188889	14,31	69444	5,27	19,58
1,18	119444	9,10	86111	10,85	19,95
1,35	116667	5,49	55556	4,16	9,64
1,43	127778	8,83	75000	3,79	12,62
1,48	127778	9,66	97222	7,44	17,09
1,97	166667	12,87	58333	4,42	17,30
2,15	133333	7,02	100000	7,83	14,85
2,95	61111	4,31	27778	2,40	6,72
Témoin enherbé	52778	1,35	77778	0,89	2,24

Annexe – Tableau 9. Moyenne des données de rendement des betteraves en 2006 – expérience de pyrodés herbage. Traitement à la flamme nue au stade 6 feuilles de la culture le 21 juin 2006.

Débit (g/m)	Peuplement commercialisable (no/ha)	Rendement commercialisable (T/ha)	Peuplement non-commercialisable (no/ha)	Rendement non-commercialisable (T/ha)	Rendement total (T/ha)
0	288889	20,39	86111	3,07	23,46
0,54	258333	22,96	77778	3,38	26,33
0,68	247222	16,22	77778	4,62	20,83
0,86	238889	17,08	88889	15,33	32,41
0,90	241667	17,11	88889	8,70	25,81
1,08	222222	16,92	105556	9,12	26,04
1,18	194444	14,35	72222	7,25	21,60
1,35	158333	11,37	77778	7,43	18,80
1,43	202778	15,00	52778	5,76	20,76
1,48	150000	10,61	119444	13,70	24,31
1,97	180556	13,05	83333	7,44	20,49
2,15	141667	8,36	72222	8,07	16,43
2,95	116667	9,86	58333	5,26	15,13
Témoin enherbé	52778	1,35	77778	0,89	2,24

Annexe – Tableau 10. Contrastes dans l'analyse de variance comparant les moyennes des données de rendement des betteraves en 2006. Contrastes comparant le traitement à la flamme couverte vs le traitement à la flamme nue au stade prélevée de la culture le 14 mai 2006.

Variable	Différence entre les deux pyrodésherbeurs ^a
Peuplement commercialisable (no/ha):	NS
Rendement commercialisable (T/ha):	NS
Peuplement non-commercialisable (no/ha)	NS
Rendement non-commercialisable (T/ha)	NS
Rendement total des plants récoltés par hectare	NS

^a NS Différence non significative

Brocoli

L'expérience « Thermosensibilité au pyrodésherbage » a été réalisée en 2005 et en 2006 tandis que l'expérience « Pyrodésherbage et sarclage mécanique » a été réalisée uniquement en 2006.

Les plants de brocoli ont été transplantés à chaque année. Les transplants ont été produits par un producteur spécialisé dans ce type de production. Le pyrodésherbage a été effectué directement sur le rang en post-transplantation de la culture. Voir la section sur « Pyrodésherbeurs » pour les détails sur l'appareil et les doses.

Matériels et méthode

2005 – Thermosensibilité au pyrodésherbage

Type de sol : Sol de la série Duravin (loam sableux à loam)

Précédent cultural : Soya en 2004; le sol a été labouré en 2004.

Fertilisation : Application à la volée, 573 kg/ha de 14 - 21 - 21 + 0,26 % de B, le 24 mai 2005, entre deux passages d'un cultivateur Wil-Rich 3400. Application en bande, 80 kg/ha de 27 - 0 - 0, le 8 juillet à 15 cm du rang, à 2 cm de profondeur.

Plantation :

- Variété : Everest
- Date : 25 mai 2005
- Planteur : Planteur à un rang de marque Mechanical Transplanter Co. Model 1000. A la plantation, apport d'eau sans fertilisant par le système du planteur.
- Espacement sur le rang : 30 cm

Désherbage:

- Sarclage mécanique des entre-rangs le 21 juin sur l'ensemble des parcelles, à l'exception des parcelles témoins enherbées (voir la section « Sarcleurs » pour plus de renseignements).
- Le désherbage a été complété manuellement sur toute la surface de la première moitié de l'ensemble des parcelles, à l'exception des parcelles témoins enherbées, et ce, tout au cours de la saison.

Insecticide :

- Application de DiPel 2X DF, 140 g/ha le 11 juillet, dans 400 l/ha d'eau.
- Application de DiPel 2X DF, 280 g/ha le 14 juillet, dans 400 l/ha d'eau.

Récolte des brocolis : 21 juillet 2005

Dispositif expérimental : en blocs aléatoires complets

Répétitions : 4

Traitements : 77 traitements au total
5 stades de développement (tableau ci-dessous)
3 débits de propane (20 psi., 35 psi., et 50 psi. Voir la section « Pyrodésherbeurs » pour le détail des doses)
5 vitesses (2, 3, 4, 5 et 6 km/h)
1 témoin enherbé
1 témoin dés herbé manuellement

Tableau 1. Stade de la culture de brocoli au moment du traitement :

Stade	Nombre de jours après la transplantation.	Date	Nombre de feuilles	Hauteur (cm)
S1	14	8 juin	5 - 6	10
S2	26	20 juin	9	20
S3	33	27 juin	10	25
S4	41	5 juillet	12	30
S5	49	13 juillet	floraison	50

2006 – Thermosensibilité au pyrodés herbage

Type de sol : Sol de la série Duravin, (loam sableux à loam)

Précédent cultural : oignon en 2005; le sol a été labouré en 2005.

Fertilisation : Application à la volée, 685 kg/ha de 14 - 21 - 21 + 1,5 kg/ha de bore, le 29 mai 2006, entre deux passages d'un cultivateur Wil-Rich 3400. Application en bande, 80 kg/ha de 27 - 0 - 0, le 6 juillet à 15 cm du rang, à 2 cm de profondeur.

Plantation :

- Variété : Everest
- Date : 30 mai 2006
- Planteur : Planteur à un rang de marque Mechanical Transplanter Co. Model 1000. A la plantation, apport d'eau sans fertilisant par le système du planteur.
- Espacement sur le rang : 30 cm

Dés herbage:

- Sarclage mécanique des entre-rangs le 21 juin et le 7 juillet sur l'ensemble des parcelles, à l'exception des parcelles témoins enherbées (voir la section « Sarcleurs » pour plus de renseignements).

- Le désherbage a été complété manuellement sur toute la surface de la première moitié de l'ensemble des parcelles, à l'exception des parcelles témoins enherbées, et ce, tout au cours de la saison.

Insecticide :

- Application de DiPel 2X DF, 275 g/ha le 21 juin, dans 400 l/ha d'eau.
- Application de DiPel 2X DF, 275 g/ha le 12 juillet, dans 400 l/ha d'eau.

Récolte des brocolis : À cause des conditions particulières en 2006, avec des plants qui étaient plus matures que d'autres, la récolte a dû être effectuée à deux dates différentes. Une première récolte a été effectuée le 21 juillet et une deuxième récolte le 24 juillet.

Dispositif expérimental : en blocs aléatoires complets

Répétitions : 4

Traitements : 62 traitements au total
 5 stades de développement (tableau ci-dessous)
 3 débits de propane (17 psi., 31 psi., et 45 psi. Voir la section « Pyrodés herbiers » pour le détail des doses)
 4 vitesses (2, 3, 4 et 5 km/h)
 1 témoin enherbé
 1 témoin désherbé manuellement

Tableau 2. Stade de la culture au moment du traitement:

Stade	Nombre de jours après la transplantation	Date
S1	10	9 juin
S2	20	19 juin
S3	30	29 juin
S4	41	10 juillet
S5	50	19 juillet

2006 – Pyrodés herbage et sarclage mécanique

Le but de cette expérience était de déterminer la meilleure combinaison de pyrodés herbage et de sarclage mécanique pour minimiser les populations de mauvaises herbes et le temps de désherbage manuel requis pour nettoyer les parcelles.

Type de sol : Sol de la série Duravin, (loam sableux à loam)

Précédent cultural : oignon en 2005; le sol a été labouré en 2005.

Fertilisation : Application à la volée, 685 kg/ha de 14 - 21 - 21 + 1,5 kg/ha de bore, le 29 mai 2006, entre deux passages d'un cultivateur Wil-Rich 3400. Application en bande, 80 kg/ha de 27 - 0 - 0, le 6 juillet à 15 cm du rang, à 2 cm de profondeur.

Plantation :

- Variété : Everest
- Date : 30 mai 2006
- Planteur : Planteur à un rang de marque Mechanical Transplanter Co. Model 1000. A la plantation, apport d'eau sans fertilisant par le système du planteur.
- Espacement sur le rang : 30 cm

Désherbage:

- Sarclage mécanique des entre-rangs le 21 juin et le 7 juillet sur l'ensemble des parcelles, à l'exception des parcelles témoins enherbées (voir la section « Sarcleurs » pour plus de renseignements).
- Le désherbage a été complété manuellement sur toute la surface de la première moitié de l'ensemble des parcelles, à l'exception des parcelles témoins enherbées, et ce, tout au cours de la saison.

Insecticide :

- Application de DiPel 2X DF, 275 g/ha le 21 juin, dans 400 l/ha d'eau.
- Application de DiPel 2X DF, 275 g/ha le 12 juillet, dans 400 l/ha d'eau.

Récolte des brocolis : À cause des conditions particulières en 2006, avec des plants qui étaient plus matures que d'autres, la récolte a dû être effectuée à deux dates différentes. Une première récolte a été effectuée le 21 juillet et une deuxième récolte le 24 juillet.

Dispositif expérimental : en blocs aléatoires complets

Répétitions : 4

Traitements : 15 traitements au total (voir le Tableau 3 pour le détail)

Dimension d'une parcelle :

- 1 rang de 5 mètres de longueur
- espacement de la culture, 30 cm sur le rang, 90 cm entre les rangs
- première moitié, zone désherbée manuellement à chaque semaine (2,5 m), dont 1,5 m a été récolté
- seconde moitié, zone enherbée. Les mauvaises herbes ont été récoltées dans un quadrat placé au hasard sur le rang avant la récolte des brocolis. Le poids sec et le nombre de chacune des espèces de mauvaises herbes a été déterminé. Cette zone a été désherbée manuellement 52 jours après la transplantation, immédiatement après l'échantillonnage des mauvaises herbes. Le temps de désherbage a été minuté.

Tableau 3. Liste des traitements pour l'expérience sur le désherbage dans le brocoli en 2006.

Traitement numéro	Pyrodésherbage			Sarclage	
	Débit (kg/h)	Vitesse (km/h)	Nombre de jours après la transplantation	Sarcler utilisé	Nombre de jours après la transplantation ^a
1	5,9	4	10	Buddingh	20, 30 et 41
2	5,9	4	10 et 20	Buddingh	30 et 41
3	5,9	4	10, 20 et 30	Buddingh	41
4	5,9	4	10, 20, 30 et 41		
5	4,3	2	10	Buddingh	20, 30 et 41
6	4,3	2	10 et 20	Buddingh	30 et 41
7	4,3	2	10, 20 et 30	Buddingh	41
8	4,3	2	10, 20, 30 et 41		
9	5,9	4	10	Bezzeries	20, 30 et 41
10	5,9	4	10 et 20	Bezzeries	30 et 41
11	5,9	4	10, 20 et 30	Bezzeries	41
12				Bezzeries	10, 20, 30 et 41
13				Buddingh	10, 20, 30 et 41
14	Témoin désherbé manuellement				
15	Témoin enherbé				

^a Pour tous les stades, les traitements avec le Buddingh, Bezzeries et le pyrodésherbeur ont été réalisés la même journée sauf au stade 30 jours après la transplantation où le pyrodésherbage a été effectué le 29 juin tandis que le Buddingh et le Bezzeries ont été utilisés le premier juillet à cause de précipitations importantes.

Tableau 4. Stade de la culture au moment du traitement:

Stade	Nombre de jours après la transplantation	Date
S1	10	9 juin
S2	20	19 juin
S3	30	29 juin
S4	41	10 juillet

Tableau 5. Synthèse présentant la relation entre le débit et la dose de propane appliquée :

Pression		Vitesse (km/h)	Débit		
MPA	PSI		(kg/h)	g/m	kg/ha ^a
0,21	31	2	4,3	2,15	23,9
0,31	45	4	5,9	1,48	16,4

^a Cette valeur est pour une culture ayant des rangs espacés de 90 centimètres.

Mauvaises herbes

La densité et la biomasse de chacune des espèces de mauvaises herbes présentes dans les quadrats ont été prises avant la récolte du brocoli, soit le 19 et le 20 juillet, dans des quadrats de 20 cm x 50 cm dans la partie enherbée. Les espèces ont été dénombrées et leur biomasse a été déterminée.

Temps de désherbage manuel

Le temps requis pour compléter le désherbage manuellement ou avec un sarcloir (outil manuel de sarclage) a été chronométré dans toutes les parcelles de la partie enherbée, 52 jours après la transplantation, soit le 21 juillet. Cette opération a été effectuée sur toute la longueur de la sous-parcelle, soit sur 2,5 m.

Résultats et discussion

2005 – 2006 – Thermosensibilité au pyrodésherbage

Le détail des données de rendement colligées dans cette expérience sont présentées en annexe à cette section (peuplement commercialisable (no/ha), rendement commercialisable (kg/ha), peuplement non-commercialisable (no/ha), rendement non-commercialisable (kg/ha), rendement total des plants récoltés (kg/ha)). Les graphiques montrant la dose-réponse du rendement du brocoli au pyrodésherbage pour 2005 et 2006 sont présentés ci-dessous. Les données de dose-réponse des mauvaises herbes sont présentées dans la section « Dose-réponse des mauvaises herbes » parce que les données sur les mauvaises herbes recueillies dans l'ensemble des expériences ont été utilisées pour établir les courbes de dose-réponse.

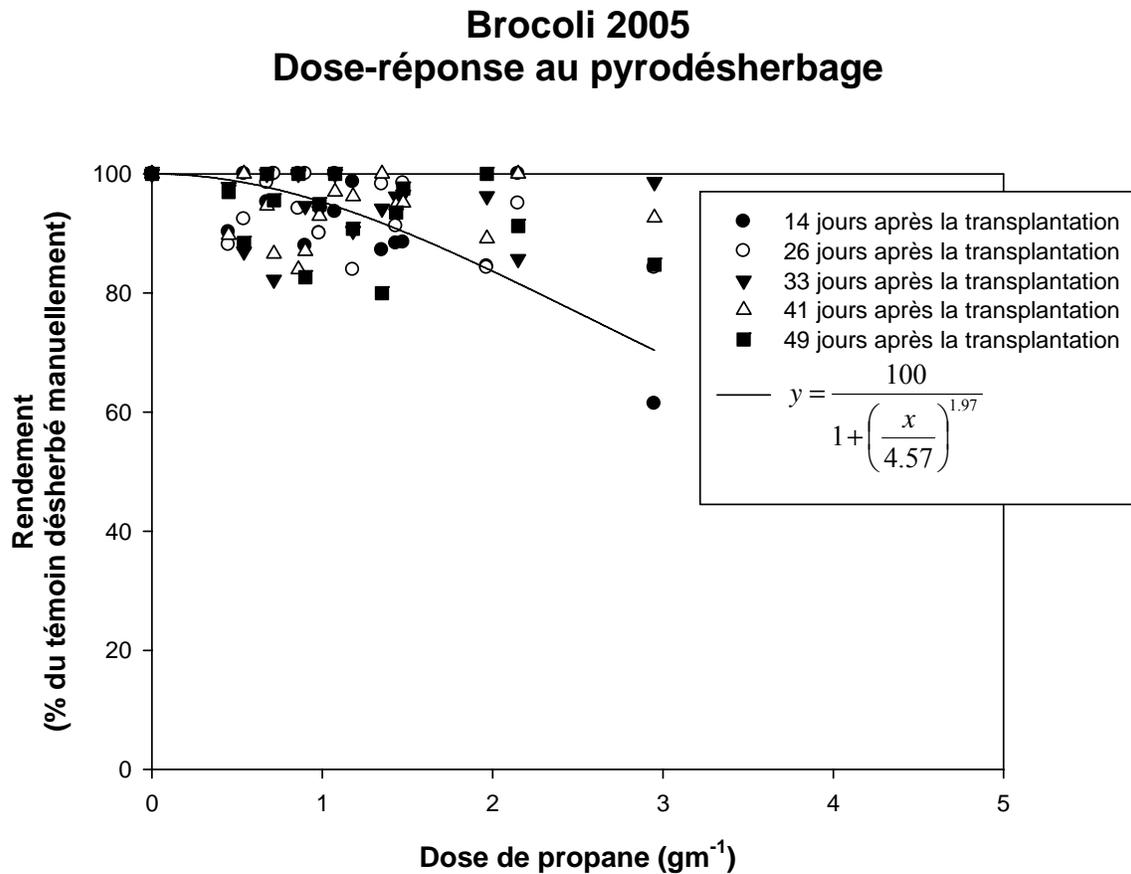


Figure 1. Dose-réponse du rendement du brocoli en 2005.

Brocoli 2006 Dose-réponse au pyrodés herbage

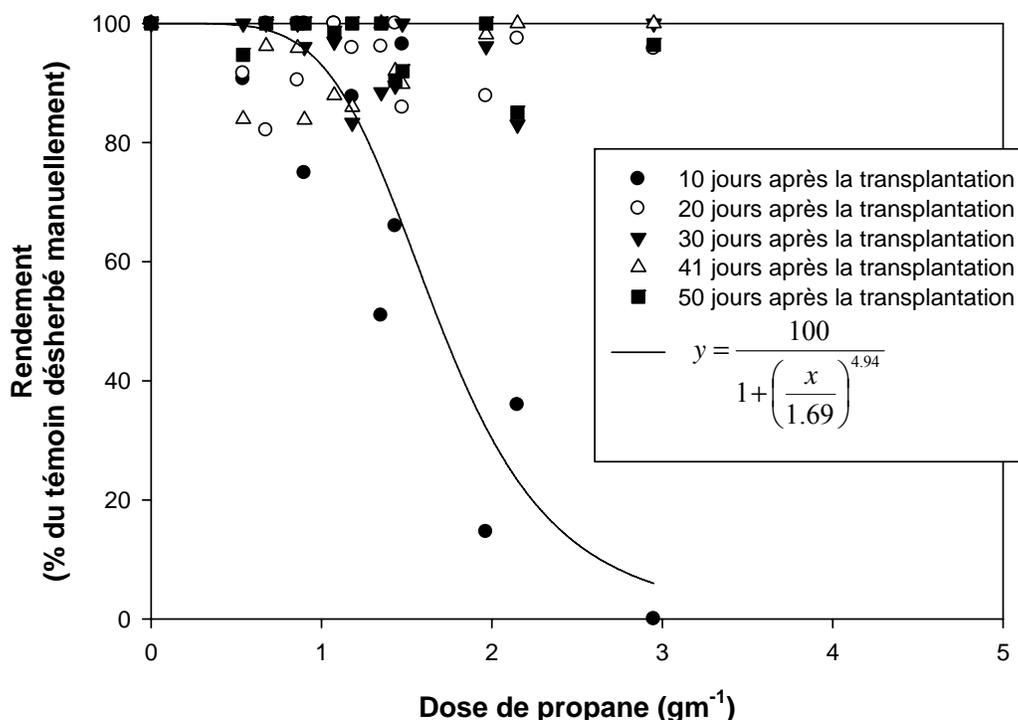


Figure 2. Dose-réponse du rendement du brocoli en 2006.

Le brocoli a bien toléré le pyrodés herbage à tous les stades sauf 10 jours après la transplantation où le rendement diminuait lorsque la dose de propane augmentait. Les autres variables mesurées n'étaient pas affectées par la dose.

En 2006, le brocoli semble avoir été beaucoup plus sensible au pyrodés herbage. En moyenne, le rendement du brocoli était 41% plus faible en 2006 comparativement à 2005, et ce dans les témoins désherbés manuellement et dans l'ensemble des traitements pyrodés herbés (voir l'annexe à la fin de cette section). En fait, le nombre de plants de brocoli détruits par le pyrodés herbage était suffisamment important pour qu'une courbe de dose-réponse puisse être établie (Figure 2). Le brocoli a été très sensible au pyrodés herbage 10 jours après la transplantation en 2006. Il y avait aussi un peu de mortalité aux plus fortes doses de propane 20 jours après la transplantation, mais le rendement ne semble pas avoir été affecté.

Brocoli 2006 Pourcentage de plants détruits

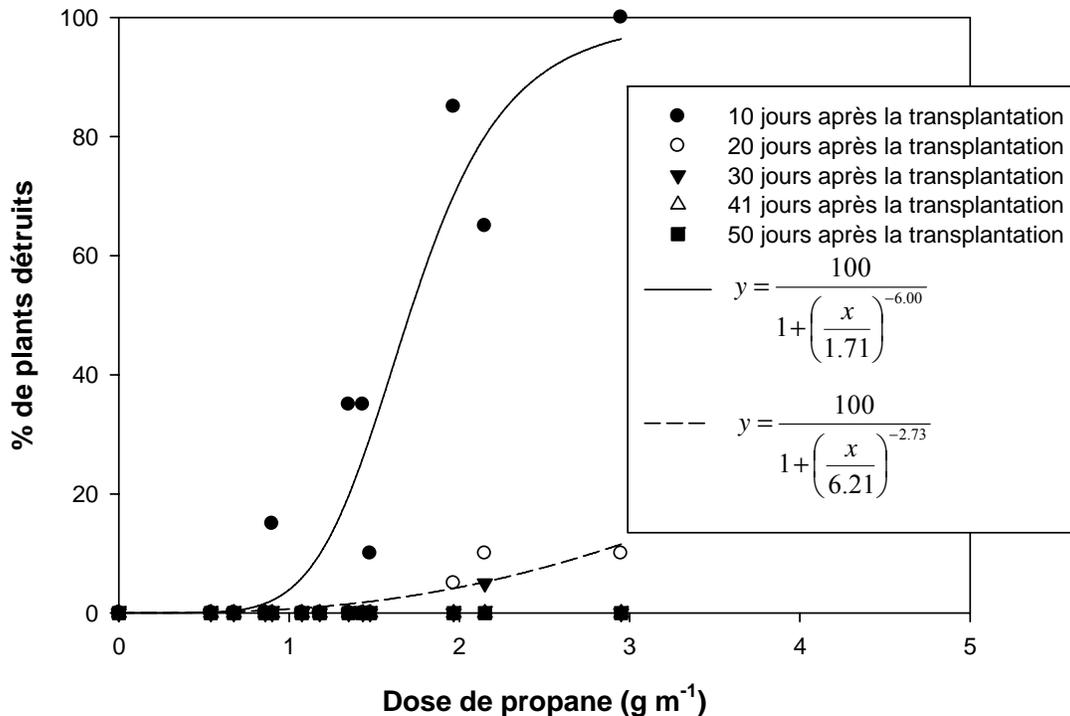


Figure 2. Dose-réponse du pourcentage de plants de brocoli détruits en 2006.

2006 – Pyrodés herbage et sarclage mécanique

Règle générale, la densité maximale transplantée du brocoli est de 37000 plants par hectare. Dans cette expérience, le maximum observé a été de 33333 plants par hectare et le témoin dés herbé manuellement n'atteignait pas 32000 plants par hectare (Tableau 6). Les brocolis étaient de petit diamètre et plusieurs avaient commencé à fleurir.

Selon la PPDS présentée dans le Tableau 6 (section dés herbée), il n'y avait pas de différences significatives entre les traitements ayant été sarclés avec le Buddingh comparativement à ceux sarclés avec le Bezzarides. Les traitements ayant reçu une dose de 5,9 kg/h à 4 km/h (1,48 g/m) de propane comparativement à ceux ayant reçu une dose de 4,3 kg/h à 2 km/h (2,15 g/m) avaient significativement plus de plants de brocolis et un rendement supérieur. Les traitements n'ayant pas été pyrodés herbé avaient un rendement supérieur à ceux traités avec ce dernier. Ces données s'expliquent en bonne partie lorsqu'on considère la courbe de dose-réponse de la section précédente. L'expérience sur le pyrodés herbage en 2006 illustre le fait que le rendement du

brocoli traité 10 jours après la transplantation décroît avec l'augmentation de la dose de propane. Cette réduction de rendement n'était pas observée pour les autres stades du brocoli.

La pression des mauvaises herbes était forte avec une densité observée de 172 mauvaises herbes par m² dans le témoin enherbé (Tableau 7). Tous les traitements ont significativement réduit la densité et la biomasse des mauvaises herbes comparativement au témoin enherbé (Tableau 11). Le Bezzerides a significativement réduit la biomasse des mauvaises herbes et le temps de désherbage requis par rapport au Buddingh. Le pyrodésherbage à 2,15 g par m avec le Buddingh a été significativement plus efficace à réduire la densité des mauvaises herbes et le temps de désherbage requis que celui avec le Buddingh seul. Cependant, comme mentionné dans le paragraphe précédent, le rendement en a souffert.

Tableau 6 . Rendement du brocoli dans la section désherbée.

Traitement numéro	Pyrodésherbage			Sarclage		Peuplement (nombre/ha)			Rendement (kg/ha)		
	Débit (kg/h)	Vitesse (km/h)	Nombre de jours après la transplantation	Sarcler utilisé	Nombre de jours après la transplantation	Commercialisable	Non-commercialisable	Total	Commercialisable	Non-commercialisable	Total
1	5,9	4	10	Buddingh	20, 30 et 41	14814,81	3703,70	18518,52	3280,00	350,37	3630,37
2	5,9	4	10 et 20	Buddingh	30 et 41	18518,52	9259,26	27777,78	4043,33	799,81	4843,15
3	5,9	4	10, 20 et 30	Buddingh	41	14814,81	3703,70	18518,52	3235,74	334,63	3570,37
4	5,9	4	10, 20, 30 et 41			25925,93	5555,56	31481,48	6632,41	510,56	7142,96
5	4,3	2	10	Buddingh	20, 30 et 41	1851,85	1851,85	3703,70	325,00	265,19	590,19
6	4,3	2	10 et 20	Buddingh	30 et 41	1851,85	0,00	1851,85	242,59	0,00	242,59
7	4,3	2	10, 20 et 30	Buddingh	41	3703,70	1851,85	5555,56	1128,15	267,78	1395,93
8	4,3	2	10, 20, 30 et 41			3703,70	5555,56	9259,26	646,48	512,04	1158,52
9	5,9	4	10	Bezzeries	20, 30 et 41	24074,07	9259,26	33333,33	5281,11	682,41	5963,52
10	5,9	4	10 et 20	Bezzeries	30 et 41	11111,11	11111,11	22222,22	2633,33	1147,04	3780,37
11	5,9	4	10, 20 et 30	Bezzeries	41	22222,22	3703,70	25925,93	5425,93	220,19	5646,11
12				Bezzeries	10, 20, 30 et 41	27777,78	5555,56	33333,33	5657,59	704,63	6362,22
13				Buddingh	10, 20, 30 et 41	22222,22	3703,70	25925,93	5112,59	354,07	5466,67
14	Témoin désherbé manuellement					27777,78	3703,70	31481,48	5313,52	518,15	5831,67
15	Témoin enherbé					22222,22	3703,70	25925,93	3503,89	413,70	3917,59
PPDS 5% ^a						11146	NS	11598	2485	NS	2341,4

^a Plus petite différence significative à 5 % de probabilité. NS = différence non significative.

Tableau 7. Densité et biomasse des mauvaises herbes et temps de désherbage manuel requis pour désherber 52 jours après la plantation dans la moitié laissée enherbée pendant la saison de croissance.

Traitement numéro	Pyrodésherbage			Sarclage		Densité (nombre / m ²)	Biomasse (g / m ²)	Temps de désherbage (heures/ha)
	Débit (kg/h)	Vitesse (km/h)	Nombre de jours après la transplantation	Sarcler utilisé	Nombre de jours après la transplantation			
1	5,9	4	10	Buddingh	20, 30 et 41	163	202,552	103
2	5,9	4	10 et 20	Buddingh	30 et 41	375	171,910	163
3	5,9	4	10, 20 et 30	Buddingh	41	553	93,533	145
4	5,9	4	10, 20, 30 et 41			140	59,798	183
5	4,3	2	10	Buddingh	20, 30 et 41	130	307,505	81
6	4,3	2	10 et 20	Buddingh	30 et 41	188	191,850	107
7	4,3	2	10, 20 et 30	Buddingh	41	100	57,888	119
8	4,3	2	10, 20, 30 et 41			340	110,050	177
9	5,9	4	10	Bezzeries	20, 30 et 41	75	23,510	60
10	5,9	4	10 et 20	Bezzeries	30 et 41	163	107,875	108
11	5,9	4	10, 20 et 30	Bezzeries	41	180	48,845	131
12				Bezzeries	10, 20, 30 et 41	255	96,875	167
13				Buddingh	10, 20, 30 et 41	595	297,738	192
14	Témoin désherbé manuellement					-	-	-
15	Témoin enherbé					1720	286,293	490
PPDS 5% ^a						480	165,5	100

^a Plus petite différence significative à 5 % de probabilité. NS = différence non significative.

Annexe

2005

Annexe – Tableau 1. Moyenne des données de rendement du brocoli en 2005 – expérience de pyrodés herbage. Traitement à la flamme nue au stade 5-6 feuilles de la culture le 8 juin 2005.

Débit (g/m)	Diamètre moyen commercialisable (mm)	Peuplement commercialisable (no/ha)	Rendement commercialisable (kg/ha)	Peuplement non-commercialisable (no/ha)	Rendement non-commercialisable (kg/ha)	Rendement total (kg/ha)
0	139,63	35185,17	12083,13	1851,85	240,55	12323,68
0,45	132,58	35185,17	10813,70	1851,85	304,63	11118,31
0,54	138,95	37037,02	12962,94	0,00	0,00	12962,94
0,68	139,72	35185,17	11588,88	1851,85	144,07	11732,95
0,72	138,44	37037,02	12840,16	0,00	0,00	12840,16
0,86	147,07	37037,02	13426,46	0,00	0,00	13426,46
0,90	130,06	35185,17	10649,06	1851,85	182,22	10831,28
0,98	142,40	31481,47	10553,88	5555,55	542,22	11096,10
1,08	130,64	33333,32	10898,88	3703,70	633,88	11532,76
1,18	132,22	37037,02	12155,16	0,00	0,00	12155,16
1,35	127,54	33333,32	10304,25	3703,70	441,12	10745,36
1,43	132,09	33333,32	10337,40	3703,70	546,12	10883,50
1,48	126,09	35185,17	10680,73	1851,85	221,48	10902,21
1,97	127,50	31481,47	9684,80	5555,55	726,30	10411,10
2,15	138,57	37037,02	12593,68	0,00	0,00	12593,68
Témoin enherbé	91,61	25925,92	3538,70	11111,11	791,85	4330,55

Annexe – Tableau 2. Moyenne des données de rendement du brocoli en 2005 – expérience de pyrodés herbage. Traitement à la flamme nue au stade 9 feuilles de la culture le 20 juin 2005.

Débit (g/m)	Diamètre moyen commercialisable (mm)	Peuplement commercialisable (no/ha)	Rendement commercialisable (kg/ha)	Peuplement non-commercialisable (no/ha)	Rendement non-commercialisable (kg/ha)	Rendement total (kg/ha)
0	139,63	35185,17	12083,13	1851,85	240,55	12323,68
0,45	126,17	33333,32	10381,65	3703,70	473,15	10854,80
0,54	130,49	37037,02	11380,36	0,00	0,00	11380,36
0,68	132,55	37037,02	12136,28	0,00	0,00	12136,28
0,72	142,55	35185,17	12545,16	1851,85	223,33	12768,49
0,86	130,31	35185,17	11493,31	1851,85	108,33	11601,65
0,90	139,48	37037,02	12677,58	0,00	0,00	12677,58
0,98	131,74	33333,32	10830,73	3703,70	258,70	11089,43
1,08	141,51	37037,02	12906,09	0,00	0,00	12906,09
1,18	133,24	29629,62	9306,10	7407,40	1031,48	10337,58
1,35	135,03	37037,02	12105,73	0,00	0,00	12105,73
1,43	139,67	35185,17	10976,65	1851,85	262,60	11239,25
1,48	135,87	37037,02	12127,58	0,00	0,00	12127,58
1,97	126,92	35185,17	10173,88	1851,85	202,97	10376,83
2,15	138,47	37037,02	11708,88	0,00	0,00	11708,88
Témoin enherbé	91,61	25925,92	3538,70	11111,11	791,85	4330,55

Annexe – Tableau 3. Moyenne des données de rendement du brocoli en 2005 – expérience de pyrodésherbage. Traitement à la flamme nue au stade 10 feuilles de la culture le 27 juin 2005.

Débit (g/m)	Diamètre moyen commercialisable (mm)	Peuplement commercialisable (no/ha)	Rendement commercialisable (kg/ha)	Peuplement non-commercialisable (no/ha)	Rendement non-commercialisable (kg/ha)	Rendement total (kg/ha)
0	139,63	35185,17	12083,13	1851,85	240,55	12323,68
0,45	134,53	37037,02	12052,21	0,00	0,00	12052,21
0,54	136,89	33333,32	10279,06	3703,70	436,30	10715,36
0,68	144,10	35185,17	13265,73	1851,85	169,63	13435,34
0,72	125,94	35185,17	9889,43	1851,85	240,93	10130,36
0,86	143,43	35185,17	12415,55	1851,85	185,73	12601,28
0,90	132,60	37037,02	11656,65	0,00	0,00	11656,65
0,98	133,08	37037,02	11554,98	0,00	0,00	11554,98
1,08	134,84	37037,02	12803,13	0,00	0,00	12803,13
1,18	134,37	37037,02	11141,65	0,00	0,00	11141,65
1,35	133,28	37037,02	11603,50	0,00	0,00	11603,50
1,43	138,31	35185,17	11652,76	1851,85	199,45	11852,21
1,48	141,13	37037,02	11892,76	0,00	0,00	11892,76
1,97	133,27	37037,02	11860,36	0,00	0,00	11860,36
2,15	129,97	35185,17	10125,91	1851,85	434,45	10560,36
Témoin enherbé	91,61	25925,92	3538,70	11111,11	791,85	4330,55

Annexe – Tableau 4. Moyenne des données de rendement du brocoli en 2005 – expérience de pyrodésherbage. Traitement à la flamme nue au stade 12 feuilles de la culture le 5 juillet 2005.

Débit (g/m)	Diamètre moyen commercialisable (mm)	Peuplement commercialisable (no/ha)	Rendement commercialisable (kg/ha)	Peuplement non-commercialisable (no/ha)	Rendement non-commercialisable (kg/ha)	Rendement total (kg/ha)
0	139,63	35185,17	12083,13	1851,85	240,55	12323,68
0,45	139,01	33333,32	10584,25	3703,70	469,63	11053,88
0,54	137,93	37037,02	13365,16	0,00	0,00	13365,16
0,68	135,22	37037,02	11658,50	0,00	0,00	11658,50
0,72	133,71	33333,32	10127,03	3703,70	539,63	10666,65
0,86	136,63	33333,32	9937,40	3703,70	406,30	10343,70
0,90	131,72	35185,17	10547,40	1851,85	176,30	10723,70
0,98	128,76	37037,02	11451,83	0,00	0,00	11451,83
1,08	138,32	35185,17	11703,70	1851,85	247,22	11950,91
1,18	140,76	35185,17	11779,61	1851,85	77,97	11857,58
1,35	137,48	37037,02	12390,73	0,00	0,00	12390,73
1,43	132,00	37037,02	11671,28	0,00	0,00	11671,28
1,48	131,42	35185,17	11523,88	1851,85	199,82	11723,70
1,97	124,03	37037,02	10985,36	0,00	0,00	10985,36
2,15	138,07	37037,02	12779,06	0,00	0,00	12779,06
Témoin enherbé	91,61	25925,92	3538,70	11111,11	791,85	4330,55

Annexe – Tableau 5. Moyenne des données de rendement du brocoli en 2005 – expérience de pyrodésherbage. Traitement à la flamme nue au stade floraison de la culture le 13 juillet 2005.

Débit (g/m)	Diamètre moyen commercialisable (mm)	Peuplement commercialisable (no/ha)	Rendement commercialisable (kg/ha)	Peuplement non-commercialisable (no/ha)	Rendement non-commercialisable (kg/ha)	Rendement total (kg/ha)
0	139,63	35185,17	12083,13	1851,85	240,55	12323,68
0,45	137,18	33333,32	11323,70	3703,70	625,18	11948,88
0,54	130,73	37037,02	10892,40	0,00	0,00	10892,40
0,68	132,32	37037,02	12326,65	0,00	0,00	12326,65
0,72	129,85	37037,02	11775,55	0,00	0,00	11775,55
0,86	139,89	35185,17	12247,21	1851,85	215,93	12463,13
0,90	130,29	31481,47	9670,55	5555,55	512,40	10182,95
0,98	141,35	33333,32	11344,25	3703,70	350,73	11694,98
1,08	143,96	37037,02	13067,58	0,00	0,00	13067,58
1,18	138,50	31481,47	10556,28	5555,55	631,85	11188,13
1,35	117,59	37037,02	9852,03	0,00	0,00	9852,03
1,43	134,44	33333,32	10904,98	3703,70	617,22	11522,21
1,48	137,15	35185,17	11421,83	1851,85	596,12	12017,95
1,97	143,04	35185,17	12213,68	1851,85	152,97	12366,65
2,15	133,66	37037,02	11245,36	0,00	0,00	11245,36
Témoin enherbé	91,61	25925,92	3538,70	11111,11	791,85	4330,55

Annexe – Tableau 6. Moyenne des données de rendement du brocoli en 2006 – expérience de pyrodésherbage. Traitement à la flamme nue le 9 juin 2006.

Débit (g/m)	Diamètre moyen commercialisable (mm)	Peuplement commercialisable (no/ha)	Rendement commercialisable (kg/ha)	Peuplement non-commercialisable (no/ha)	Rendement non-commercialisable (kg/ha)	Peuplement total de plants récoltés (no/ha)	Rendement total des plants récoltés (kg/ha)	% dommages à la culture	% de plants détruits par le traitement
0	104,65	31018,52	7011,44	6018,52	495,88	37037,04	7507,31	0,33	0
0,54	102,84	24074,07	5759,44	12962,96	1046,16	37037,04	6805,6	3,75	0
0,68	100,85	32098,77	7576,91	4938,27	383,33	37037,04	7960,25	7,5	0
0,86	103,2	32407,41	7423,56	4629,63	469,68	37037,04	7893,24	6,25	0
0,9	88,41	27777,78	5279,58	3703,7	340,56	31481,48	5620,14	18,75	15
1,08	105,51	26388,89	6959,44	10648,15	969,81	37037,04	7929,26	8,75	0
1,18	93,63	24074,07	5131,11	12962,96	1449,81	37037,04	6580,93	7,5	0
1,35	99,55	9259,26	2026,11	14814,81	1798,15	24074,07	3824,26	42,5	35
1,43	105,08	18518,52	4313,33	5555,56	638,52	24074,07	4951,85	23,75	35
1,48	101,75	29629,63	6838,47	3703,7	405	33333,33	7243,47	12,5	10
1,97	98,1	3703,7	886,48	1851,85	210	5555,56	1096,48	32,5	85
2,15	98,66	7407,41	2056,48	5555,56	640,93	12962,96	2697,41	56,25	65
2,95	0	0	0	0	0	0	0	72,5	100
Témoin enherbé	100,76	5555,56	779,07	31481,48	1900,83	37037,04	2679,91	0,33	0

Annexe – Tableau 7. Moyenne des données de rendement du brocoli en 2006 – expérience de pyrodésherbage. Traitement à la flamme nue le 19 juin 2006.

Débit (g/m)	Diamètre moyen commercialisable (mm)	Peuplement commercialisable (no/ha)	Rendement commercialisable (kg/ha)	Peuplement non-commercialisable (no/ha)	Rendement non-commercialisable (kg/ha)	Peuplement total de plants récoltés (no/ha)	Rendement total des plants récoltés (kg/ha)	% dommages à la culture	% de plants détruits par le traitement
0	104,65	31018,52	7011,44	6018,52	495,88	37037,04	7507,31	0,33	0
0,54	97,62	34722,22	6737,79	2314,81	140,74	37037,04	6878,53	2,25	0
0,68	95,4	20370,37	4205,93	16666,67	1952,78	37037,04	6158,7	3,25	0
0,86	98,77	25925,93	5748,89	11111,11	1041,11	37037,04	6790	3,25	0
0,9	101,45	32098,77	7804,57	4938,27	425,19	37037,04	8229,75	7	0
1,08	101,75	31481,48	7570,28	5555,56	492,59	37037,04	8062,87	3,75	0
1,18	102,5	30092,59	6733,24	6944,44	464,81	37037,04	7198,06	6	0
1,35	94,29	30246,91	6293,58	6790,12	920,99	37037,04	7214,57	17,5	0
1,43	107,63	31481,48	7578,89	5555,56	535,56	37037,04	8114,44	9,5	0
1,48	98,25	25462,96	5388,24	11574,07	1058,56	37037,04	6446,81	4,25	0
1,97	97,28	26697,53	5986,85	8487,65	603,94	35185,19	6590,79	13,75	5
2,15	99,22	28703,7	6826,9	4629,63	488,66	33333,33	7315,56	21,25	10
2,95	101,53	27777,78	6503,75	5555,56	682,04	33333,33	7185,79	28,75	10
Témoin enherbé	100,76	5555,56	779,07	31481,48	1900,83	37037,04	2679,91	0,33	0

Annexe – Tableau 8. Moyenne des données de rendement du brocoli en 2006 – expérience de pyrodésherbage. Traitement à la flamme nue le 29 juin 2006.

Débit (g/m)	Diamètre moyen commercialisable (mm)	Peuplement commercialisable (no/ha)	Rendement commercialisable (kg/ha)	Peuplement non-commercialisable (no/ha)	Rendement non-commercialisable (kg/ha)	Peuplement total de plants récoltés (no/ha)	Rendement total des plants récoltés (kg/ha)	% dommages à la culture	% de plants détruits par le traitement
0	104,65	31018,52	7011,44	6018,52	495,88	37037,04	7507,31	0,33	0
0,54	100,6	30555,56	6878,98	6481,48	669,4	37037,04	7548,38	3	0
0,68	101,92	31481,48	7332,69	5555,56	515,56	37037,04	7848,24	3,25	0
0,86	112,58	25462,96	6703,06	11574,07	828,78	37037,04	7531,84	3,25	0
0,9	95,35	26080,25	5995,54	10956,79	1215,73	37037,04	7211,27	6,25	0
1,08	101,87	29320,99	6573,97	7716,05	702,01	37037,04	7275,97	5	0
1,18	92,19	26543,21	5211,39	10493,83	1044,63	37037,04	6256,02	8,5	0
1,35	98,1	26388,89	5530,93	10648,15	1108,98	37037,04	6639,91	11,25	0
1,43	98,18	25462,96	5737,04	11574,07	985,88	37037,04	6722,92	9	0
1,48	110,68	34722,22	8693,1	2314,81	261,11	37037,04	8954,21	4,5	0
1,97	97,19	31481,48	6727,5	5555,56	490,56	37037,04	7218,06	7,5	0
2,15	94,69	24537,04	5342,36	10648,15	890,32	35185,19	6232,69	13,25	5
2,95	102,16	37037,04	8613,94	0	0	37037,04	8613,94	10	0
Témoin enherbé	100,76	5555,56	779,07	31481,48	1900,83	37037,04	2679,91	0,33	0

Annexe – Tableau 9. Moyenne des données de rendement du brocoli en 2006 – expérience de pyrodésherbage. Traitement à la flamme nue le 10 juillet 2006.

Débit (g/m)	Diamètre moyen commercialisable (mm)	Peuplement commercialisable (no/ha)	Rendement commercialisable (kg/ha)	Peuplement non-commercialisable (no/ha)	Rendement non-commercialisable (kg/ha)	Peuplement total de plants récoltés (no/ha)	Rendement total des plants récoltés (kg/ha)	% dommages à la culture	% de plants détruits par le traitement
0	104,65	31018,52	7011,44	6018,52	495,88	37037,04	7507,31	0,33	0
0,54	97,66	25308,64	5334,32	11728,4	965,93	37037,04	6300,25	4	0
0,68	97,63	30555,56	6436,67	6481,48	783,75	37037,04	7220,42	3	0
0,86	102,67	24382,72	5655,74	12654,32	1540,22	37037,04	7195,96	5,75	0
0,9	97,14	26543,21	5376,91	10493,83	915,8	37037,04	6292,72	7,5	0
1,08	100,47	25925,93	5836,2	11111,11	764,81	37037,04	6601,02	7,5	0
1,18	107,41	24691,36	5736,48	12345,68	717,22	37037,04	6453,7	7,5	0
1,35	112,35	31018,52	8235,93	6018,52	492,69	37037,04	8728,61	9,5	0
1,43	98,19	25925,93	5601,11	11111,11	1307,22	37037,04	6908,33	8,75	0
1,48	93,85	31018,52	6123,75	6018,52	619,44	37037,04	6743,19	6,25	0
1,97	101,51	29629,63	6647,22	7407,41	718,7	37037,04	7365,93	12	0
2,15	102,24	32870,37	8549,26	4166,67	386,3	37037,04	8935,56	13,33	0
2,95	107,62	27314,81	7192,64	9722,22	785,79	37037,04	7978,43	8,75	0
Témoin enherbé	100,76	5555,56	779,07	31481,48	1900,83	37037,04	2679,91	0,33	0

Annexe – Tableau 10. Moyenne des données de rendement du brocoli en 2006 – expérience de pyrodésherbage. Traitement à la flamme nue le 19 juillet 2006.

Débit (g/m)	Diamètre moyen commercialisable (mm)	Peuplement commercialisable (no/ha)	Rendement commercialisable (kg/ha)	Peuplement non-commercialisable (no/ha)	Rendement non-commercialisable (kg/ha)	Peuplement total de plants récoltés (no/ha)	Rendement total des plants récoltés (kg/ha)	% dommages à la culture	% de plants détruits par le traitement
0	104,65	31018,52	7011,44	6018,52	495,88	37037,04	7507,31	0,33	0
0,54	105,88	24074,07	6102,22	12962,96	1009,44	37037,04	7111,67	1,75	0
0,68	101,94	32098,77	7608,55	4938,27	329,75	37037,04	7938,3	1,5	0
0,86	97,89	28703,7	6592,87	8333,33	987,22	37037,04	7580,09	4	0
0,9	101,17	28240,74	6766,54	8796,3	1038,24	37037,04	7804,78	5,5	0
1,08	104,57	26388,89	5803,66	10648,15	1587,31	37037,04	7390,97	4,5	0
1,18	106,08	29629,63	7433,95	7407,41	529,07	37037,04	7963,02	4,75	0
1,35	108,84	30555,56	8306,2	6481,48	664,81	37037,04	8971,02	2,5	0
1,43	97,88	28703,7	6095,09	8333,33	692,22	37037,04	6787,31	2,5	0
1,48	100,93	35185,19	6756,99	1851,85	148,7	37037,04	6905,69	2,75	0
1,97	106,67	25925,93	6399,75	11111,11	1131,11	37037,04	7530,86	3,5	0
2,15	95,53	32870,37	6083,38	4166,67	300,42	37037,04	6383,8	4,5	0
2,95	98,42	31018,52	6615,14	6018,52	622,96	37037,04	7238,1	4,5	0
Témoin enherbé	100,76	5555,56	779,07	31481,48	1900,83	37037,04	2679,91	0,33	0

Épinard

L'expérience « Thermosensibilité au pyrodésherbage » a été réalisée en 2005 et en 2006 tandis que l'expérience « Pyrodésherbage et sarclage mécanique » a été réalisée uniquement en 2006.

Le pyrodésherbage a été effectué directement sur le rang en prélevée avec les deux pyrodésherbeurs (flamme couverte et flamme nue) et en postlevée de la culture avec le pyrodésherbeur à flamme nue. Voir la section « Pyrodésherbeurs » pour les détails sur les appareils et sur les doses.

Matériels et méthode

2005 – Thermosensibilité au pyrodésherbage

Type de sol : Sol de la série St-Damase, (loam sableux à sable loameux)

Précédent cultural : blé en 2004; le sol a été labouré en 2004.

Fertilisation : Application à la volée, 346 kg/ha de 23 - 08 - 23 le 31 mai 2005, entre deux passages d'un cultivateur Wil-Rich 3400. Application en bande, 80 kg/ha de 27 - 0 - 0, le 8 juillet à 15 cm du rang, à 2 cm de profondeur.

Plantation :

- Variété : Unipack 151
- Date : 1^{er} juin 2005
- Semoir : semoir à éléments Pneumasem II Nodet Gougis.
- Espacement sur le rang : 4,5 cm

Désherbage :

- Sarclage mécanique des entre-rangs le 30 juin sur l'ensemble des parcelles, à l'exception des parcelles témoins enherbées (voir la section « Sarcleurs » pour plus de renseignements).
- Le désherbage a été complété manuellement sur toute la surface de la première moitié de l'ensemble des parcelles, à l'exception des parcelles témoins enherbées, et ce, tout au cours de la saison.

Récolte des épinards : 12 juillet 2005

Dispositif expérimental : en blocs aléatoires complets

Répétitions : 4

Traitements : 62 traitements au total
3 stades de développement (tableau ci-dessous)
3 débits de propane – flamme nue (20 psi., 35 psi., et 50 psi. Voir la section « Pyrodéssherbeurs » pour le détail des doses)
3 débits de propane – flamme couverte (prélevée seulement) (10 psi., 22 psi., et 34 psi. Voir la section « Pyrodéssherbeurs » pour le détail des doses)
5 vitesses pour les deux type de pyrodéssherbeurs (2, 3, 4, 5 et 6 km/h)
1 témoin enherbé
1 témoin dés herbé manuellement

Tableau 1. Stades des épinards au moment du traitement en 2005 :

Stade	Nombre de jours après le semis	Date	Nombre de feuilles	Hauteur (cm)
S1	7	7 juin	Prélevée	–
S2	22	22 juin	4	20
S3	28	28 juin	6	25

2006 – Thermosensibilité au pyrodésherbage

Type de sol : Sol de la série St-Damase, (loam sableux à sable loameux)

Précédent cultural: jachère travaillée avec un cultivateur à 3 reprises au cours de l'été 2005; aucun labour à l'automne 2005.

Fertilisation : Application à la volée, 465 kg/ha de 17 – 06 - 17 le 3 mai 2006, entre deux passages d'un cultivateur Wil-Rich 3400. Application en bande, 80 kg/ha de 27 - 0 - 0, le 15 juin à 15 cm du rang, à 2 cm de profondeur.

Semis :

- Variété : Unipack 151
- Date : 5 mai 2006
- Semoir : semoir à éléments Pneumasem II Nodet Gougis.
- Espacement sur le rang : 4,5 cm

Dés herbage:

- Sarclage mécanique des entre-rangs le 7 juin sur l'ensemble des parcelles, à l'exception des parcelles témoins enherbées (voir la section « Sarcleurs » pour plus de renseignements).

- Le désherbage a été complété manuellement sur toute la surface de la première moitié de l'ensemble des parcelles, à l'exception des parcelles témoins enherbées, et ce, tout au cours de la saison.

Récolte des épinards : Le 3 juillet 2006

Dispositif expérimental : en blocs aléatoires complets

Répétitions : 4

Traitements : 50 traitements au total
 3 stades de développement (tableau ci-dessous)
 3 débits de propane flamme nue (17 psi., 31 psi., et 45 psi. . Voir la section « Pyrodésherbeurs » pour le détail des doses)
 3 débits de propane – flamme couverte (prélevée seulement) (10 psi., 22 psi., et 34 psi. . Voir la section « Pyrodésherbeurs » pour le détail des doses)
 4 vitesses (2, 3, 4 et 5 km/h)
 1 témoin enherbé
 1 témoin désherbé manuellement

Tableau 2. Stades des épinards au moment du traitement en 2006 :

Stade	Nombre de jours après le semis	Date	Nombre de feuilles
S1	6	11 mai	Prélevée
S2	31	5 juin	4
S3	39	13 juin	6

2006 – Pyrodésherbage et sarclage mécanique

Le but de cette expérience était de déterminer la meilleure combinaison de pyrodésherbage et de sarclage mécanique pour minimiser les populations de mauvaises herbes et le temps de désherbage manuel requis pour nettoyer les parcelles.

Type de sol : Sol de la série St-Damase, (loam sableux à sable loameux)

Précédent cultural: jachère travaillée avec un cultivateur à 3 reprises au cours de l'été 2005; aucun labour à l'automne 2005.

Fertilisation : Application à la volée, 465 kg/ha de 17 – 06 - 17 le 3 mai 2006, entre deux passages d'un cultivateur Wil-Rich 3400. Application en bande, 80 kg/ha de 27 - 0 - 0, le 15 juin à 15 cm du rang, à 2 cm de profondeur.

Semis :

- Variété : Unipack 151
- Date : 5 mai 2006
- Semoir : semoir à éléments Pneumasem II Nodet Gougis.
- Espacement sur le rang : 4,5 cm

Désherbage:

- Sarclage mécanique des entre-rangs le 7 juin sur l'ensemble des parcelles, à l'exception des parcelles témoins enherbées (voir la section « Sarcleurs » pour plus de renseignements).
- Le désherbage a été complété manuellement sur toute la surface de la première moitié de l'ensemble des parcelles, à l'exception des parcelles témoins enherbées, et ce, tout au cours de la saison.

Récolte des épinards : le 4 juillet.

Dispositif expérimental : en blocs aléatoires complets

Répétitions : 4

Traitements : 12 traitements au total (voir le Tableau 3)

Dimension d'une parcelle :

- 1 rang de 5 mètres de longueur
- espacement de la culture, 4,5 cm sur le rang, 90 cm entre les rangs
- première moitié, zone désherbée manuellement à chaque semaine (2,5 m), dont 1 m a été récolté
- seconde moitié, zone enherbée où les mauvaises herbes ont été récoltées dans un quadrat placé au hasard sur le rang avant la récolte des épinards. Le poids sec et le nombre de chacune des espèces de mauvaises herbes a été déterminé. Cette zone a été désherbée manuellement 60 jours après la transplantation, immédiatement après l'échantillonnage des mauvaises herbes. Le temps de désherbage a été minuté.

Tableau 3. Liste des traitements pour l'expérience sur le désherbage dans les épinards en 2006.

Traitement numéro	Pyrodésherbage ^a			Sarclage	
	Débit (kg/h)	Vitesse (km/h)	Nombre de jours après le semis	Sarcler utilisé	Nombre de jours après le semis
1	4,3	5	6	Bezzerides	31, 39, 45
2	4,3	5	6, 31	Bezzerides	39, 45
3	4,3	5	6, 31, 39	Bezzerides	45
4	4,3	5	6, 31, 39, 45		
5	4,3	4	6	Bezzerides	31, 39, 45
6	4,3	4	6, 31	Bezzerides	39, 45
7	4,3	4	6, 31, 39	Bezzerides	45
8	4,3	4	6, 31, 39, 45		
9				Bezzerides	31, 39, 45
10				Buddingh	31, 39, 45
11	Témoin désherbé manuellement				
12	Témoin enherbé				

^a Le pyrodésherbage a été uniquement effectué avec le pyrodésherbeur à flamme nue. Pour tous les stades, les traitements avec le Buddingh, Bezzerides et le pyrodésherbeur ont été réalisés la même journée.

Tableau 4. Stades de la culture au moment du traitement:

Stade	Nombre de jours après le semis	Date	Nombre de feuilles Prélevée (25 % émergé)
S1	6	11 mai	4
S2	31	5 juin	6
S3	39	13 juin	8
S4	45	19 juin	

Tableau 5. Synthèse présentant la relation entre le débit et la dose de propane appliquée :

Pression		Vitesse (km/h)	Débit		
MPA	PSI		(kg/h)	g/m	kg/ha ^a
0,21	31	4	4,3	1,08	11,9
0,21	31	5	4,3	0,86	9,6

^a Cette valeur est pour une culture ayant des rangs espacés de 90 centimètres.

Mauvaises herbes

La densité et la biomasse de chacune des espèces de mauvaises herbes présentes dans les quadrats ont été prises avant la récolte des épinards, soit le 4 juillet, dans des quadrats de 20 cm x 25 cm dans la partie enherbée. Les espèces ont été dénombrées et leur biomasse a été déterminée.

Temps de désherbage manuel

Le temps requis pour compléter le désherbage manuellement ou avec un sarcloir (outil manuel de sarclage) a été chronométré dans toutes les parcelles de la partie enherbée, 60 jours après la transplantation, soit le 4 juillet. Cette opération a été effectuée sur toute la longueur de la sous-parcelle, soit sur 2,5 m.

Résultats et discussion

2005 – 2006 – Thermosensibilité au pyrodésherbage

Le détail des données de rendement colligées dans cette expérience sont présentées en annexe à cette section (rendement commercialisable (T/ha), rendement non-commercialisable (T/ha), rendement commercialisable des plants récoltés (T/ha)). Les courbes de dose-réponse du rendement commercialisable de l'épinard au pyrodésherbage pour 2005 et 2006 sont présentées ci-dessous. Les données de dose-réponse des mauvaises herbes sont présentées dans la section « Dose-réponse des mauvaises herbes » parce que les données sur les mauvaises herbes recueillies dans l'ensemble des expériences ont été utilisées pour établir les courbes de dose-réponse.

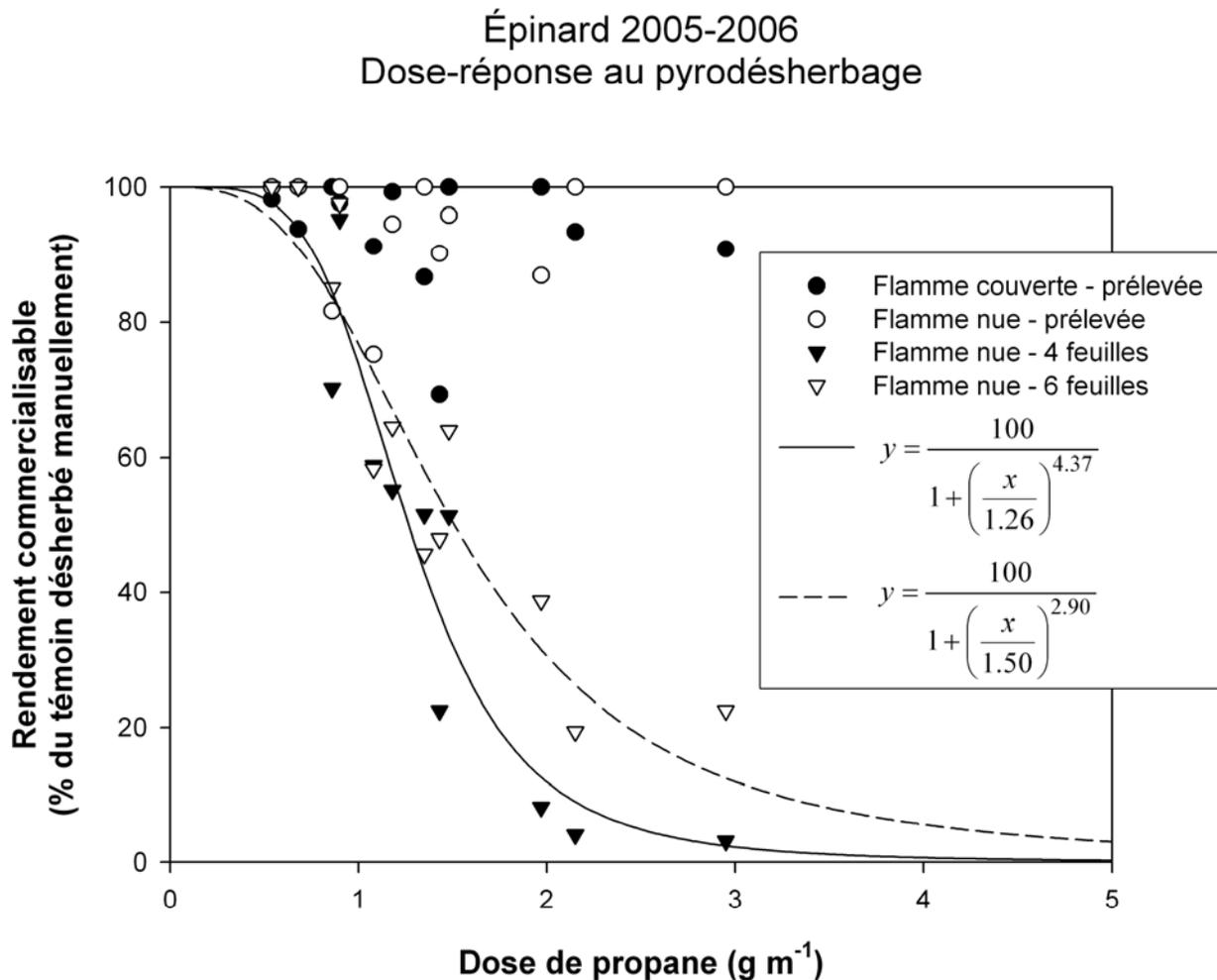


Figure 1. Dose-réponse du rendement commercialisable des épinards en 2005-2006.

Les épinards sont très sensibles au pyrodés herbage en prélevée (Figure 1). Ils sont plus thermosensible au stade de 4 feuilles que 6 feuilles avec une DL50 de 1,26 et 1,50 respectivement. La tendance était moins marquée pour le traitement en prélevée où les doses ne semblaient pas créer de réponse proportionnelle à la dose utilisée. Il n'y avait aucune différence de rendement entre les traitements ayant été pyrodés herbés à la flamme nue comparativement à ceux ayant été traités à la flamme couverte en prélevée (Annexe-Tableau 5 et Annexe-Tableau 10). Le traitement ayant été pyrodés herbé à la flamme nue en prélevée avait significativement plus d'épinards non-commercialisable en 2005 que dans celui pyrodés herbé à la flamme couverte (Annexe-Tableau 5).

2006 – Pyrodés herbage et sarclage mécanique

Les diverses composantes du rendement sont présentées ci-dessous (peuplement commercialisable (no/ha), rendement commercialisable (T/ha), peuplement non-commercialisable (no/ha), rendement non-commercialisable (T/ha), rendement total des plants récoltés (T/ha)).

Le rendement dans les traitements uniquement sarclés (traitements 9 (Bezzerrides seulement) et 10 (Buddingh seulement)) n'était pas significativement différent du rendement obtenu dans le témoin dés herbé manuellement (Tableau 6). En fait il était égal ou supérieur. Les traitements 1 et 5 ont reçu les mêmes sarclages que le traitement 9 sauf qu'en plus, ils ont été pyrodés herbés 6 jours après le semis. Ces trois traitements avaient tous un rendement semblable, confirmant qu'un pyrodés herbage en prélevée influence peu le rendement de l'épinard. Les traitements pyrodés herbés quatre fois au cours de la saison de croissance ont obtenus les plus faibles rendements dans cette expérience (Tableau 6). La dose-réponse de l'épinard aux doses de propane, présentée dans la Figure 1, corrobore ces résultats où le rendement diminue selon la dose et la progression du stade de l'épinard. Il n'y avait pas de différence de rendement entre le traitement sarclé avec le Bezzerrides et celui sarclé avec le Buddingh.

La combinaison d'un ou deux pyrodés herbages avec un ou deux sarclages nécessitait le même temps de dés herbage manuel ou moins que le sarclage seul (Tableau 7). Les traitements ayant reçu quatre pyrodés herbages ont nécessité le plus de temps de dés herbage. Il n'y avait pas de différence de temps de dés herbage entre le traitement sarclé avec le Bezzerrides et celui sarclé avec le Buddingh.

Pour les épinards, le meilleur rendement et le meilleur traitement pour minimiser le temps de dés herbage manuel ont été obtenus en combinant un pyrodés herbage en prélevée avec trois sarclages mécaniques.

Tableau 6. Rendement des épinards dans la section désherbée manuellement.

Traitement numéro	Débit (kg/h)	Vitesse (km/h)	Nombre de jours après le semis	Sarcleur utilisé	Nombre de jours après le semis	Peuplement (nombre / ha)			Rendement (kg/ha)		
						Commercialisable	Non-commercialisable	Total	Commercialisable	Non-commercialisable	Total
1	4,3	5	6	Bezzerides	31, 39, 45	285185	7407	292593	2874	1079	3953
2	4,3	5	6, 31	Bezzerides	39, 45	255556	27778	283333	2646	1195	3841
3	4,3	5	6, 31, 39	Bezzerides	45	222222	11111	233333	2436	714	3151
4	4,3	5	6, 31, 39, 45			192593	66667	259259	1101	859	1960
5	4,3	4	6	Bezzerides	31, 39, 45	266667	11111	277778	2974	1303	4277
6	4,3	4	6, 31	Bezzerides	39, 45	227778	13889	241667	2265	850	3115
7	4,3	4	6, 31, 39	Bezzerides	45	237037	3704	240741	2144	1105	3249
8	4,3	4	6, 31, 39, 45			237037	14815	251852	1583	1373	2956
9				Bezzerides	31, 39, 45	286111	5556	291667	3320	1278	4598
10				Buddingh	31, 39, 45	227778	8333	236111	2332	1333	3665
11	Témoin désherbé manuellement					275000	27778	302778	2427	1046	3473
12	Témoin enherbé					247222	52778	300000	1149	874	2023
PPDS ^a						NS	37203	NS	1336	NS	NS

^a Plus petite différence significative à 5 % de probabilité. NS = différence non significative.

Tableau 7. Densité et biomasse des mauvaises herbes et temps de désherbage manuel requis pour désherber 60 jours après la plantation dans la moitié laissée enherbée pendant la saison de croissance.

Traitement numéro	Débit (kg/h)	Vitesse (km/h)	Nombre de jours après le semis	Sarcleur utilisé	Nombre de jours après le semis	Densité (nombre / m ²)	Biomasse (g / m ²)	Temps de désherbage (heures/ha)
1	4,3	5	6	Bezzerides	31, 39, 45	126,7	189,3	63
2	4,3	5	6, 31	Bezzerides	39, 45	106,7	352,8	84
3	4,3	5	6, 31, 39	Bezzerides	45	313,3	368,6	103
4	4,3	5	6, 31, 39, 45			160,0	292,1	119
5	4,3	4	6	Bezzerides	31, 39, 45	80,0	282,3	71
6	4,3	4	6, 31	Bezzerides	39, 45	150,0	295,8	77
7	4,3	4	6, 31, 39	Bezzerides	45	73,3	62,7	70
8	4,3	4	6, 31, 39, 45			180,0	295,2	111
9				Bezzerides	31, 39, 45	130,0	202,0	85
10				Buddingh	31, 39, 45	130,0	434,8	72
11	Témoin désherbé manuellement					-	-	-
12	Témoin enherbé					350,0	335,9	139
PPDS ^a						108,0	255,4	27

^a Plus petite différence significative à 5 % de probabilité. NS = différence non significative.

Annexe

2005

Annexe – Tableau 1. Moyenne des données de rendement des épinards en 2005 – expérience de pyrodés herbage. Traitement à la flamme couverte au stade prélevée de la culture le 7 juin 2005.

Débit (g/m)	Rendement commercialisable (kg/ha)	Rendement non-commercialisable (kg/ha)	Rendement total (kg/ha)
0	2865,00	417,41	3282,41
0,45	2136,30	412,22	2548,52
0,54	2342,04	903,52	3245,56
0,68	2237,96	375,37	2613,33
0,72	2582,96	705,56	3288,52
0,86	2288,15	434,81	2722,96
0,9	2152,22	530,93	2683,15
0,98	1194,26	825,00	2019,26
1,08	2219,44	368,52	2587,96
1,18	2198,89	499,07	2697,96
1,35	1584,26	394,26	1978,52
1,43	1261,30	454,07	1715,37
1,48	2572,96	389,26	2962,22
1,97	2482,41	632,04	3114,45
2,15	2410,19	571,67	2981,86
2,95	2428,15	381,67	2809,82
Témoin enherbé	1496,85	136,67	1633,52

Annexe – Tableau 2, Moyenne des données de rendement des épinards en 2005 – expérience de pyrodés herbage. Traitement à la flamme nue au stade prélevée de la culture le 7 juin 2005.

Débit (g/m)	Rendement commercialisable (kg/ha)	Rendement non-commercialisable (kg/ha)	Rendement total (kg/ha)
0	2865,00	417,41	3282,41
0,45	2424,20	342,72	2766,92
0,54	3519,63	313,52	3833,15
0,68	2667,96	447,41	3115,37
0,72	2440,00	373,89	2813,89
0,86	2039,44	510,74	2550,18
0,9	2400,56	550,74	2951,30
0,98	1760,00	568,64	2328,64
1,08	1382,96	351,36	1734,32
1,18	2473,33	438,89	2912,22
1,35	2310,56	459,07	2769,63
1,43	1857,96	501,67	2359,63
1,48	1469,07	338,89	1807,96
1,97	2031,85	381,67	2413,52
2,15	2520,93	520,56	3041,49
2,95	2551,48	548,15	3099,63
Témoin enherbé	1496,85	136,67	1633,52

Annexe – Tableau 3, Moyenne des données de rendement des épinards en 2005 – expérience de pyrodésherbage. Traitement à la flamme nue au stade 4 feuilles de la culture le 22 juin 2005.

Débit (g/m)	Rendement commercialisable (kg/ha)	Rendement non-commercialisable (kg/ha)	Rendement total (kg/ha)
0	2865,00	417,41	3282,41
0,45	2621,48	506,48	3127,96
0,54	2289,63	1232,35	3521,98
0,68	2642,22	647,41	3289,63
0,72	2262,22	565,19	2827,41
0,86	1541,48	1107,65	2649,13
0,9	3835,56	691,11	4526,67
0,98	1766,91	364,94	2131,85
1,08	1214,63	831,48	2046,11
1,18	1376,30	300,99	1677,29
1,35	2559,07	683,15	3242,22
1,43	699,81	1150,74	1850,55
1,48	1608,52	426,48	2035,00
1,97	605,74	256,11	861,85
2,15	258,52	105,19	363,71
2,95	187,96	100,37	288,33
Témoin enherbé	1496,85	136,67	1633,52

Annexe – Tableau 4, Moyenne des données de rendement des épinards en 2005 – expérience de pyrodésherbage. Traitement à la flamme nue au stade 6 feuilles de la culture le 28 juin 2005.

Débit (g/m)	Rendement commercialisable (kg/ha)	Rendement non-commercialisable (kg/ha)	Rendement total (kg/ha)
0	2865,00	417,41	3282,41
0,45	2114,81	1079,81	3194,62
0,54	3042,96	733,09	3776,05
0,68	1591,85	1469,88	3061,73
0,72	2130,93	1011,85	3142,78
0,86	1882,41	1083,33	2965,74
0,9	1341,85	984,44	2326,29
0,98	1750,74	1959,07	3709,81
1,08	1195,00	812,22	2007,22
1,18	949,07	1467,22	2416,29
1,35	907,78	600,37	1508,15
1,43	1117,22	351,30	1468,52
1,48	1242,41	586,67	1829,08
1,97	129,81	155,00	284,81
2,15	342,04	25,56	367,60
2,95	99,44	322,41	421,85
Témoin enherbé	1496,85	136,67	1633,52

Annexe – Tableau 5. Contrastes dans l’analyse de variance comparant les moyennes des données de rendement des épinards en 2005. Contrastes comparant le traitement à la flamme couverte vs le traitement à la flamme nue au stade prélevée de la culture le 7 juin 2005.

Variable	Différence entre les deux pyrodésherbeurs ^a
Rendement commercialisable (kg/ha):	NS
Rendement non-commercialisable (kg/ha)	NS
Rendement total des plants récoltés par hectare	NS

^a ** Différence significative à 1% de probabilité

NS Différence non significative

Peuplement non-commercialisable (no/ha):

Il y avait 1,6 fois plus d’épinards non-commercialisables dans le traitement pyrodés herbé à la flamme nue que dans celui pyrodés herbé à la flamme couverte dans le traitement en prélevée.

2006

Annexe – Tableau 6. Moyenne des données de rendement des épinards en 2006 – expérience de pyrodésherbage. Traitement à la flamme couverte au stade prélevée de la culture le 11 mai 2006.

Débit (g/m)	Rendement commercialisable (kg/ha)	Rendement non-commercialisable (kg/ha)	Rendement total (kg/ha)
0	3498,61	1107,78	4606,39
0,54	3633,06	1146,67	4779,73
0,68	3438,61	1464,44	4903,05
0,86	4156,94	931,67	5088,61
0,9	4005,28	1273,33	5278,61
1,08	3570,00	1255,28	4825,28
1,18	3783,33	1620,56	5403,89
1,35	3838,89	1328,61	5167,50
1,43	3031,94	1072,78	4104,72
1,48	3924,17	1259,72	5183,89
1,97	4165,56	1211,39	5376,95
2,15	3386,11	1424,17	4810,28
2,95	3023,06	1265,28	4288,34
Témoin enherbé	958,33	547,22	1505,55

Annexe – Tableau 7. Moyenne des données de rendement des épinards en 2006 – expérience de pyrodésherbage. Traitement à la flamme nue au stade prélevée de la culture le 11 mai 2006.

Débit (g/m)	Rendement commercialisable (kg/ha)	Rendement non-commercialisable (kg/ha)	Rendement total (kg/ha)
0	3498,61	1107,78	4606,39
0,54	4252,50	1206,94	5459,44
0,68	4192,50	1600,56	5793,06
0,86	3208,89	1067,50	4276,39
0,9	4066,11	1780,00	5846,11
1,08	2894,44	596,11	3490,55
1,18	3447,22	1210,56	4657,78
1,35	5203,89	1876,11	7080,00
1,43	3685,28	993,61	4678,89
1,48	4520,28	1144,72	5665,00
1,97	3262,22	826,67	4088,89
2,15	4177,22	1098,06	5275,28
2,95	3832,50	1399,44	5231,94
Témoin enherbé	958,33	547,22	1505,55

Annexe – Tableau 8. Moyenne des données de rendement des épinards en 2006 – expérience de pyrodésherbage. Traitement à la flamme nue au stade 4 feuilles de la culture le 5 juin 2006.

Débit (g/m)	Rendement commercialisable (kg/ha)	Rendement non-commercialisable (kg/ha)	Rendement total (kg/ha)
0	3498,61	1107,78	4606,39
0,54	3995,83	2055,28	6051,11
0,68	3804,44	1409,72	5214,16
0,86	2548,61	965,83	3514,44
0,9	2386,11	624,72	3010,83
1,08	2277,22	653,89	2931,11
1,18	2121,94	1016,11	3138,05
1,35	920,28	538,61	1458,89
1,43	757,50	378,06	1135,56
1,48	1679,44	913,89	2593,33
1,97	22,22	13,61	35,83
2,15	5,00	229,17	234,17
2,95	0,00	0,00	0,00
Témoin enherbé	958,33	547,22	1505,55

Annexe – Tableau 9. Moyenne des données de rendement des épinards en 2006 – expérience de pyrodésherbage. Traitement à la flamme nue au stade 6 feuilles de la culture le 13 juin 2006.

Débit (g/m)	Rendement commercialisable (kg/ha)	Rendement non-commercialisable (kg/ha)	Rendement total (kg/ha)
0	3498,61	1107,78	4606,39
0,54	4370,28	1714,72	6085,00
0,68	4198,61	1174,44	5373,05
0,86	3351,94	983,06	4335,00
0,9	4800,28	1311,67	6111,95
1,08	2502,22	895,83	3398,05
1,18	3048,06	1157,50	4205,56
1,35	1886,67	664,17	2550,84
1,43	1908,06	741,39	2649,45
1,48	2695,83	1320,56	4016,39
1,97	2200,56	1149,17	3349,73
2,15	880,28	347,78	1228,06
2,95	1224,72	596,39	1821,11
Témoin enherbé	958,33	547,22	1505,55

Annexe – Tableau 10. Contrastes dans l’analyse de variance comparant les moyennes des données de rendement des épinards en 2006. Contrastes comparant le traitement à la flamme couverte vs le traitement à la flamme nue au stade prélevée de la culture le 11 mai 2006.

Variable	Différence entre les deux pyrodésherbeurs ^a
Rendement commercialisable (kg/ha):	NS
Rendement non-commercialisable (kg/ha)	NS
Rendement total des plants récoltés par hectare	NS

^a NS Différence non significative

Oignon espagnol

L'expérience « Thermosensibilité au pyrodésherbage » a été réalisée en 2005 et en 2006 tandis que l'expérience « Pyrodésherbage et sarclage mécanique » a été réalisée uniquement en 2006.

Les plants d'oignons espagnols ont été transplantés à chaque année. Les transplants ont été produits par un producteur spécialisé dans ce type de production. Le pyrodésherbage a été effectué directement sur le rang en post-transplantation de la culture. Voir la section sur « Pyrodésherbeurs » pour les détails sur l'appareil et les doses.

Matériels et méthode

2005 – Thermosensibilité au pyrodésherbage

Type de sol : Sol de la série Duravin, (loam sableux à loam)

Précédent cultural : soya en 2004; le sol a été labouré en 2004.

Fertilisation : Application à la volée, 384 kg/ha de 14 - 20 – 24, entre deux passages d'un cultivateur Wil-Rich 3400. Application en bande, 80 kg/ha de 27 - 0 - 0, le 7 juillet à 15 cm du rang, à 2 cm de profondeur.

Plantation :

- Variété : Vaquero
- Date : 18 mai 2005
- Planteur : Planteur à un rang de marque Mechanical Transplanter Co. Model 1000. A la plantation, apport d'eau sans fertilisant par le système du planteur.
- Espacement sur le rang : 15 cm

Désherbage :

- Sarclage mécanique des entre-rangs le 13 juin, 21 juin et 7 juillet sur l'ensemble des parcelles, à l'exception des parcelles témoins enherbées (voir la section « Sarcleurs » pour plus de renseignements).
- Le désherbage a été complété manuellement sur toute la surface de la première moitié de l'ensemble des parcelles, à l'exception des parcelles témoins enherbées, et ce, tout au cours de la saison.

Arrachage des oignons : 6 septembre 2005

Récolte des oignons : 12 septembre 2005

Dispositif expérimental : en blocs aléatoires complets

Répétitions : 4

Traitements : 77 traitements au total :

5 stades de développement (Tableau 1 ci-dessous)

3 débits de propane (20 psi., 35 psi. et 50 psi. Voir la section « Pyrodésherbeurs » pour le détail des doses)

5 vitesses (2, 3, 4, 5 et 6 km/h)

1 témoin enherbé

1 témoin dés herbé manuellement

Tableau 1. Stades de la culture d'oignons espagnols au moment du traitement :

Stade	Nombre de jours après la transplantation.	Date	Nombre de feuilles	Hauteur (cm)
S1	15	2 juin	2	17
S2	21	8 juin	3-4	19
S3	32	20 juin	5-6	42
S4	40	27 juin	7	50
S5	49	7 juillet	9-10	55

2006 – Thermosensibilité au pyrodésherbage

Type de sol : Sol de la série Duravin, (loam sableux à loam)

Précédent cultural: brocoli en 2005; le sol a été labouré à l'automne 2005.

Fertilisation : Application à la volée de 420 kg/ha de 13 - 11 - 22, le 26 mai 2006, entre deux passages d'un cultivateur Wil-Rich 3400. Application en bande, 80 kg/ha de 27 - 0 - 0, le 6 juillet à 15 cm du rang, à 2 cm de profondeur.

Plantation :

- Variété : Vaquero:
- Date : 27 mai 2006
- Planteur : Planteur à un rang de marque Mechanical Transplanter Co. Model 1000. A la plantation, apport d'eau sans fertilisant par le système du planteur.
- Espacement sur le rang : 15 cm

Dés herbage:

- Sarclage mécanique des entre-rangs le 19 juin et le 7 juillet sur l'ensemble des parcelles, à l'exception des parcelles témoins enherbées (voir la section « Sarcleurs » pour plus de renseignements).
- Le dés herbage a été complété manuellement sur toute la surface de la première moitié de l'ensemble des parcelles, à l'exception des parcelles témoins enherbées, et ce, tout au cours de la saison.

Arrachage des oignons : 11 septembre 2006

Récolte des oignons : 12 septembre 2006

Dispositif expérimental : en blocs aléatoires complets

Répétitions : 4

Traitements : 62 traitements au total
5 stades de développement (Tableau 2 ci-dessous)
3 débits de propane flamme nue (17 psi., 31 psi. et 45 psi. Voir la section «
Pyrodésherbeurs » pour le détail des doses)
4 vitesses (2, 3, 4 et 5 km/h)
1 témoin enherbé
1 témoin dés herbé manuellement

Tableau 2. Stades de la culture d'oignons espagnols au moment du traitement en 2006 :

Stade	Nombre de jours après la transplantation.	Date
S1	10	6 juin
S2	21	17 juin
S3	35	1 ^{er} juillet
S4	52	18 juillet
S5	61	27 juillet

2006 – Pyrodésherbage et sarclage mécanique

Le but de cette expérience était de déterminer la meilleure combinaison de pyrodésherbage et de sarclage mécanique pour minimiser les populations de mauvaises herbes et le temps de dés herbage manuel requis pour nettoyer les parcelles.

Type de sol : Sol de la série Duravin, (loam sableux à loam)

Précédent cultural: brocoli en 2005; le sol a été labouré à l'automne 2005.

Fertilisation : Application à la volée, 420 kg/ha de 13 – 11 - 22 le 26 mai 2006, entre deux passages d'un cultivateur Wil-Rich 3400. Application en bande, 80 kg/ha de 27 - 0 - 0, le 6 juillet à 15 cm du rang, à 2 cm de profondeur.

Plantation :

- Variété : Vaquero:
- Date : 27 mai 2006
- Planteur : Planteur à un rang de marque Mechanical Transplanter Co. Model 1000. A la plantation, apport d'eau sans fertilisant par le système du planteur.
- Espacement sur le rang : 15 cm

Désherbage:

- Sarclage mécanique des entre-rangs le 19 juin et le 7 juillet (voir la section « Sarcleurs » pour plus de renseignements) sur l'ensemble des parcelles, à l'exception des parcelles témoins enherbées.
- Le désherbage a été complété manuellement sur toute la surface de la première moitié de l'ensemble des parcelles, à l'exception des parcelles témoins enherbées, et ce, tout au cours de la saison.

Arrachage de oignons : 11 septembre 2006

Récolte des oignons : 12 septembre 2006

Dispositif expérimental : en blocs aléatoires complets

Répétitions : 4

Traitements : 15 traitements au total (voir le Tableau 3 pour la liste)

Dimension d'une parcelle :

- 1 rang de 5 mètres de longueur
- espacement de la culture, 15 cm sur le rang, 90 cm entre les rangs
- première moitié, zone désherbée manuellement à chaque semaine (2,5 m), dont 1,5 m a été récolté
- seconde moitié, zone enherbée. Les mauvaises herbes ont été récoltées dans un quadrat placé au hasard sur le rang. Le poids sec et le nombre de chacune des espèces de mauvaises herbes a été déterminé. Cette zone a été désherbée manuellement 55 et 90 jours (27 juillet et 25 août) après la transplantation, immédiatement après l'échantillonnage des mauvaises herbes. Le temps de désherbage a été minuté.

Tableau 3. Liste des traitements pour l'expérience sur le désherbage dans les oignons en 2006.

Traitement numéro	Pyrodésherbage ^a			Sarclage ^a	
	Débit (kg/h)	Vitesse (km/h)	Nombre de jours après la transplantation	Sarcler utilisé	Nombre de jours après la transplantation
1	5,9	4	10	Bezzeries	21, 35, 52, 61
2	5,9	4	10, 21	Bezzeries	35, 52, 61
3	5,9	4	10, 21, 35	Bezzeries	52, 61
4	5,9	4	10, 21, 35, 52	Bezzeries	61
5	5,9	4	10, 21, 35, 52, 61		
6	4,3	2	10	Bezzeries	21, 35, 52, 61
7	4,3	2	10, 21	Bezzeries	35, 52, 61
8	4,3	2	10, 21, 35	Bezzeries	52, 61
9	4,3	2	10, 21, 35, 52	Bezzeries	61
10	4,3	2	10, 21, 35, 52, 61		
11				Bezzeries	10, 21, 35, 52, 61
12				Buddingh	10, 21, 35, 52, 61
13				Bezzeries + Buddingh	Bezzeries (10, 21) Buddingh (35, 52, 61)
14	Témoin désherbé manuellement				
15	Témoin enherbé				

^a Pour tous les stades, les traitements avec le Buddingh, Bezzeries et le pyrodésherbeur ont été réalisés la même journée.

Tableau 4. Stades de la culture d'oignons espagnols au moment des traitements en 2006 :

Stade	Nombre de jours après la transplantation.	Date
S1	10	6 juin
S2	21	17 juin
S3	35	1 ^{er} juillet
S4	52	18 juillet
S5	61	27 juillet

Tableau 5. Synthèse présentant la relation entre le débit et la dose de propane appliquée :

Pression		Vitesse (km/h)	Débit		
MPA	PSI		(kg/h)	g/m	kg/ha ^a
0,21	31	2	4,3	2,15	23,9
0,31	45	4	5,9	1,48	16,4

^a Cette valeur est pour une culture ayant des rangs espacés de 90 centimètres.

Mauvaises herbes

La densité et la biomasse de chacune des espèces de mauvaises herbes présentes dans les quadrats ont été prises le 27 juillet et le 25 août, dans des quadrats de 20 cm x 50m dans la partie enherbée. Les espèces ont été dénombrées et leur biomasse a été déterminée.

Temps de désherbage manuel

Le temps requis pour compléter le désherbage manuellement ou avec un sarcloir (outil manuel de sarclage) a été chronométré dans toutes les parcelles de la partie enherbée, 55 et 90 jours après la transplantation, soit le 27 juillet et le 25 août 2006 respectivement. Cette opération a été effectuée sur toute la longueur de la sous-parcelle, soit sur 2,5 m.

Résultats et discussion

2005 – 2006 – Thermosensibilité au pyrodésherbage

Le détail des données de rendement colligées dans cette expérience sont présentées en annexe à cette section (peuplement commercialisable (no/ha), rendement commercialisable (T/ha), peuplement non-commercialisable (no/ha), rendement non-commercialisable (T/ha), rendement total des plants récoltés (T/ha)). Les courbes de dose-réponse du rendement de l'oignon espagnol au pyrodésherbage pour 2005 et 2006 sont présentées ci-dessous. Les données de dose-réponse des mauvaises herbes sont présentées dans la section « Dose-réponse des mauvaises herbes » parce que les données sur les mauvaises herbes recueillies dans l'ensemble des expériences ont été utilisées pour établir les courbes de dose-réponse.

Oignons 2005 Dose-réponse au pyrodésherbage

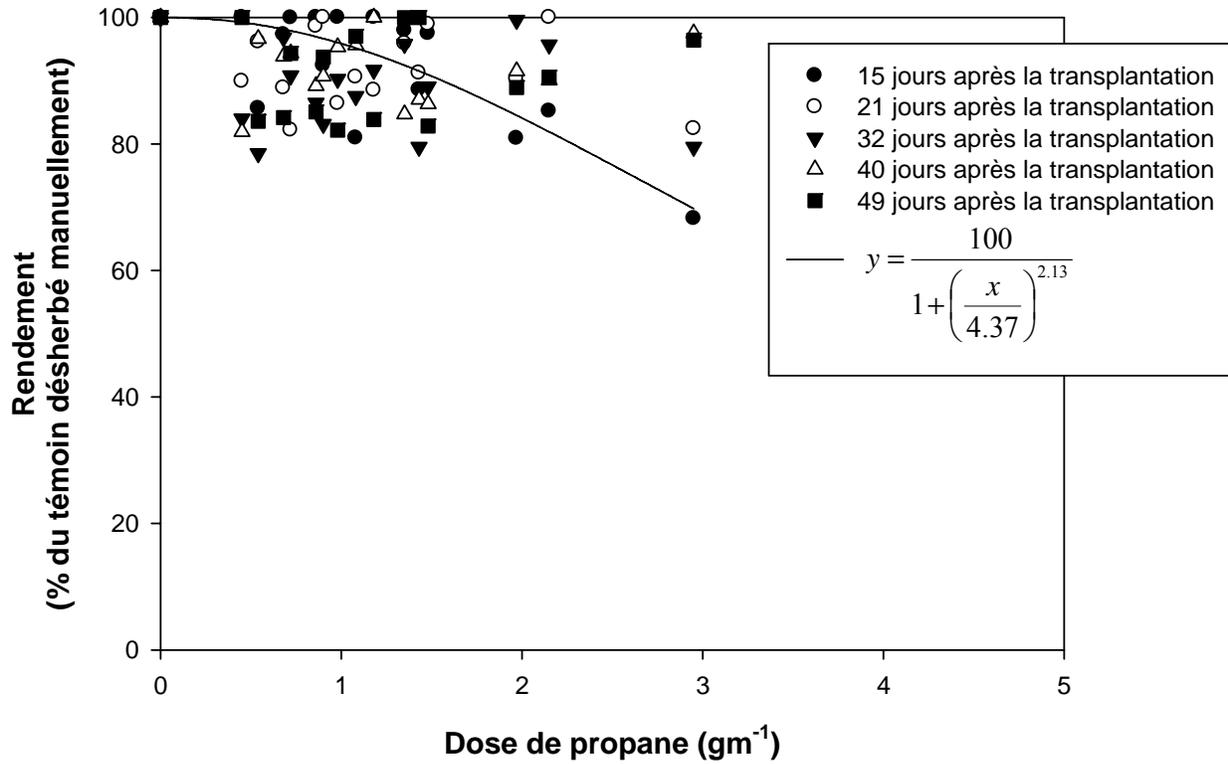


Figure 1. Dose-réponse du rendement des oignons espagnols en 2005.

Oignons 2006 Dose-réponse au pyrodésherbage

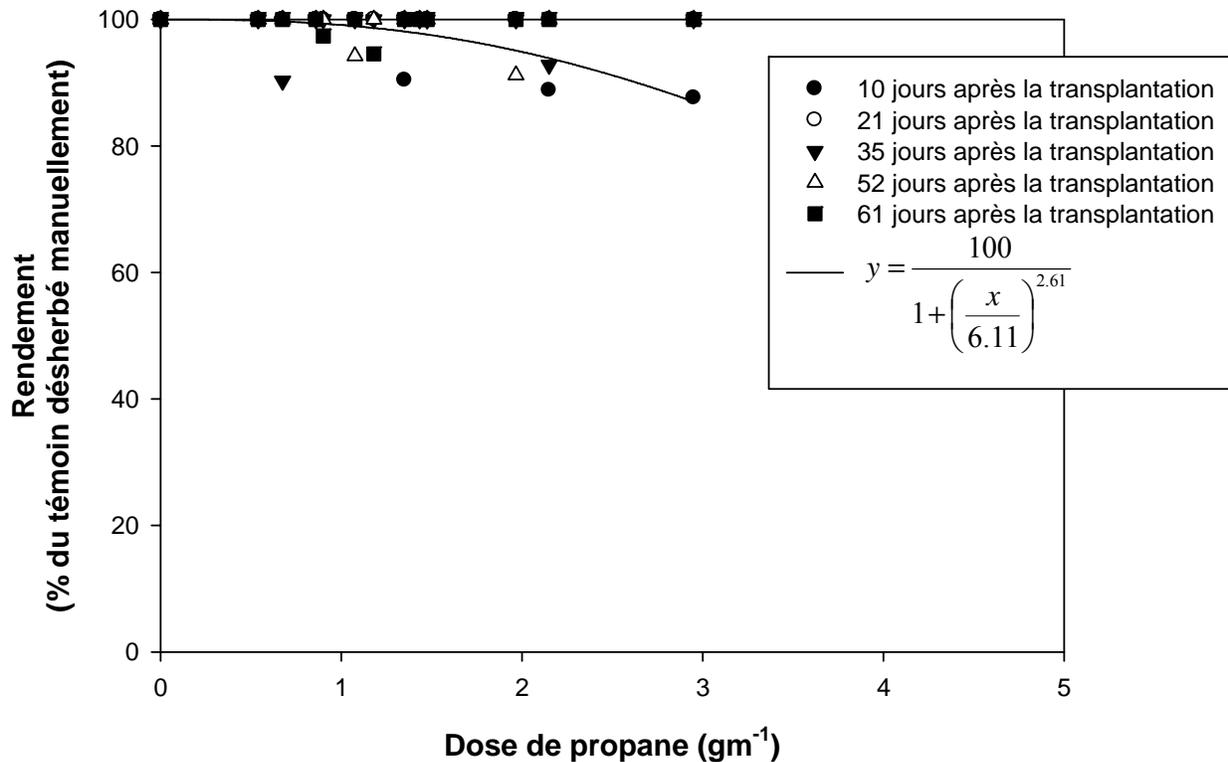


Figure 2. Dose-réponse du rendement des oignons espagnols en 2006.

Les oignons espagnols ont bien toléré le pyrodésherbage à partir de 21 jours après la transplantation, et ce pour les deux années étudiées. La DL50 était de 4,37 g/m en 2005 et 6,11 g/m en 2006.

2006 – Pyrodésherbage et sarclage mécanique

Les diverses composantes du rendement sont présentées ci-dessous (peuplement commercialisable (no/ha), rendement commercialisable (T/ha), peuplement non-commercialisable (no/ha), rendement non-commercialisable (T/ha), rendement total des plants récoltés (T/ha)).

De tous les traitements ayant été pyrodésherbés, seul le traitement 9 était significativement plus petit que le témoin désherbé manuellement. Les traitements avec le meilleur rendement étaient les traitements qui étaient uniquement désherbés mécaniquement (traitement 11, 12 et 13). Ces

derniers avaient tous un rendement significativement supérieur au rendement du témoin désherbé manuellement.

Selon les courbes de dose-réponse des Figures 1 et 2, l'oignon espagnol tolère généralement bien le pyrodésherbage à partir de 21 jours après la transplantation. Étant donné que tous les traitements recevant du pyrodésherbage ont été traités au moins une fois 10 jours après la transplantation et que les doses utilisées étaient fortes (Tableau 5), le rendement de l'oignon espagnol a pu être négativement affecté.

La répression des mauvaises herbes a été significativement moins bonne dans les traitements uniquement sarclés comparativement à ceux recevant une combinaison de pyrodésherbage et sarclage (Tableau 7).

En conclusion, une combinaison pyrodésherbage et sarclage semble donner une meilleure répression des mauvaises herbes tout en procurant un bon rendement.

Tableau 6 . Rendement des oignons dans la section désherbée.

Traitement numéro	Pyrodésherbage			Sarclage ^a		Peuplement (nombre/ha)			Rendement (T/ha)		
	Débit (kg/h)	Vitesse (km/h)	Nombre de jours après la transplantation	Sarcler utilisé	Nombre de jours après la transplantation	Commercialisable	Non-commercialisable	Total	Commercialisable	Non-commercialisable	Total
1	5,9	4	10	Bezzeries	21, 35, 52, 61	74074	0	74074	30,67	0,00	30,67
2	5,9	4	10, 21	Bezzeries	35, 52, 61	74074	0	74074	25,18	0,00	25,18
3	5,9	4	10, 21, 35	Bezzeries	52, 61	74074	0	74074	28,11	0,00	28,11
4	5,9	4	10, 21, 35, 52	Bezzeries	61	74074	0	74074	26,44	0,00	26,44
5	5,9	4	10, 21, 35, 52, 61			72222	0	72222	24,44	0,00	24,44
6	4,3	2	10	Bezzeries	21, 35, 52, 61	70370	3704	74074	28,26	1,98	30,24
7	4,3	2	10, 21	Bezzeries	35, 52, 61	74074	0	74074	23,46	0,00	23,46
8	4,3	2	10, 21, 35	Bezzeries	52, 61	72222	0	72222	22,79	0,00	22,79
9	4,3	2	10, 21, 35, 52	Bezzeries	61	74074	0	74074	20,73	0,00	20,73
10	4,3	2	10, 21, 35, 52, 61			72222	0	72222	23,36	0,00	23,36
11				Bezzeries	10, 21, 35, 52, 61	74074	0	74074	32,85	0,00	32,85
12				Buddingh	10, 21, 35, 52, 61	74074	0	74074	32,52	0,00	32,52
13				Bezzeries + Buddingh	Bezzeries (10, 21) Buddingh (35, 52, 61)	72222	1852	74074	31,91	0,27	32,18
14	Témoin désherbé manuellement					74074	0	74074	26,47	0,00	26,47
15	Témoin enherbé					72222	1852	74074	2,15	0,04	2,19
PPDS 5% ^a						NS	NS	NS	5,09	NS	4,82

^a Plus petite différence significative à 5 % de probabilité. NS = différence non significative.

Tableau 7. Densité et biomasse cumulée des mauvaises herbes et temps de désherbage manuel cumulé requis pour désherber 55 et 90 jours après la plantation dans la moitié laissé enherbée pendant la saison de croissance.

Traitement numéro	Pyrodésherbage			Sarclage ^a		Densité (nombre / m ²)	Biomasse (g / m ²)	Temps de désherbage (heures/ha)
	Débit (kg/h)	Vitesse (km/h)	Nombre de jours après la transplantation	Sarcler utilisé	Nombre de jours après la transplantation			
1	5,9	4	10	Bezerides	21, 35, 52, 61	373	591,4	286
2	5,9	4	10, 21	Bezerides	35, 52, 61	868	617,3	274
3	5,9	4	10, 21, 35	Bezerides	52, 61	530	350,0	290
4	5,9	4	10, 21, 35, 52	Bezerides	61	598	314,9	293
5	5,9	4	10, 21, 35, 52, 61			633	191,9	328
6	4,3	2	10	Bezerides	21, 35, 52, 61	420	639,5	323
7	4,3	2	10, 21	Bezerides	35, 52, 61	568	377,7	312
8	4,3	2	10, 21, 35	Bezerides	52, 61	233	56,5	256
9	4,3	2	10, 21, 35, 52	Bezerides	61	650	89,6	252
10	4,3	2	10, 21, 35, 52, 61			408	47,0	247
11				Bezerides	10, 21, 35, 52, 61	1293	1178,8	420
12				Buddingh	10, 21, 35, 52, 61	1330	1434,7	407
13				Bezerides + Buddingh	Bezerides (10, 21) Buddingh (35, 52, 61)	743	1046,0	376
14	Témoin désherbé manuellement					–	–	–
15	Témoin enherbé					2755	759,7	603
PPDS 5% ^a						622	230,1	98

^a Plus petite différence significative à 5 % de probabilité. NS = différence non significative.

Annexe

2005

Annexe – Tableau 1. Moyenne des données de rendement des oignons espagnols en 2005 – expérience de pyrodés herbage. Traitement à la flamme nue au stade 2 feuilles de la culture le 2 juin 2005.

Débit (g/m)	Peuplement commercialisable (no/ha)	Rendement commercialisable (T/ha)	Peuplement non-commercialisable (no/ha)	Rendement non-commercialisable (T/ha)	Rendement total (T/ha)
0	72222	25,43	1852	0,29	25,71
0,45	72222	25,88	1852	0,10	25,98
0,54	72222	21,83	1852	0,18	22,01
0,68	74074	25,01	0	0,00	25,01
0,72	74074	25,69	0	0,00	25,69
0,86	72222	25,09	1852	0,62	25,72
0,90	72222	23,06	1852	0,69	23,75
0,98	74074	27,09	0	0,00	27,09
1,08	72222	20,48	1852	0,33	20,81
1,18	74074	26,71	0	0,00	26,71
1,35	74074	25,18	0	0,00	25,18
1,43	74074	22,77	0	0,00	22,77
1,48	74074	25,06	0	0,00	25,06
1,97	74074	20,79	0	0,00	20,79
2,15	74074	21,90	0	0,00	21,90
2,95	74074	17,53	0	0,00	17,53
Témoin enherbé	74074	3,9	0	0	3,90

Annexe – Tableau 2. Moyenne des données de rendement des oignons espagnols en 2005 – expérience de pyrodés herbage. Traitement à la flamme nue au stade 3-4 feuilles de la culture le 8 juin 2005.

Débit (g/m)	Peuplement commercialisable (no/ha)	Rendement commercialisable (T/ha)	Peuplement non-commercialisable (no/ha)	Rendement non-commercialisable (T/ha)	Rendement total (T/ha)
0	72222	25,43	1852	0,29	25,71
0,45	74074	23,11	0	0,00	23,11
0,54	74074	24,72	0	0,00	24,72
0,68	74074	22,84	0	0,00	22,84
0,72	70370	20,43	3704	0,70	21,13
0,86	74074	25,35	0	0,00	25,35
0,90	74074	26,46	0	0,00	26,46
0,98	72222	21,99	1852	0,22	22,21
1,08	72222	22,68	1852	0,60	23,28
1,18	74074	22,75	0	0,00	22,75
1,35	72222	24,20	1852	0,44	24,65
1,43	74074	23,45	0	0,00	23,45
1,48	70370	24,66	3704	0,77	25,43
1,97	70370	22,57	3704	0,64	23,21
2,15	74074	26,72	0	0,00	26,72
2,95	74074	21,19	0	0,00	21,19
Témoin enherbé	74074	3,9	0	0	3,90

Annexe – Tableau 3. Moyenne des données de rendement des oignons espagnols en 2005 – expérience de pyrodésherbage. Traitement à la flamme nue au stade 5-6 feuilles de la culture le 20 juin 2005.

Débit (g/m)	Peuplement commercialisable (no/ha)	Rendement commercialisable (T/ha)	Peuplement non-commercialisable (no/ha)	Rendement non-commercialisable (T/ha)	Rendement total (T/ha)
0	72222	25,43	1852	0,29	25,71
0,45	74074	21,59	0	0,00	21,59
0,54	74074	20,18	0	0,00	20,18
0,68	68519	23,68	5556	1,21	24,89
0,72	74074	23,34	0	0,00	23,34
0,86	70370	21,32	3704	0,91	22,23
0,90	72222	21,11	1852	0,26	21,37
0,98	74074	23,20	0	0,00	23,20
1,08	74074	22,50	0	0,00	22,50
1,18	74074	23,57	0	0,00	23,57
1,35	74074	24,63	0	0,00	24,63
1,43	74074	20,44	0	0,00	20,44
1,48	74074	22,89	0	0,00	22,89
1,97	72222	24,80	1852	0,80	25,60
2,15	74074	24,60	0	0,00	24,60
2,95	74074	20,44	0	0,00	20,44
Témoin enherbé	74074	3,9	0	0	3,90

Annexe – Tableau 4. Moyenne des données de rendement des oignons espagnols en 2005 – expérience de pyrodésherbage. Traitement à la flamme nue au stade 7 feuilles de la culture le 27 juin 2005.

Débit (g/m)	Peuplement commercialisable (no/ha)	Rendement commercialisable (T/ha)	Peuplement non-commercialisable (no/ha)	Rendement non-commercialisable (T/ha)	Rendement total (T/ha)
0	72222	25,43	1852	0,29	25,71
0,45	74074	21,06	0	0,00	21,06
0,54	74074	24,84	0	0,00	24,84
0,68	74074	24,13	0	0,00	24,13
0,72	70370	24,25	0	0,00	24,25
0,86	74074	22,93	0	0,00	22,93
0,90	74074	23,32	0	0,00	23,32
0,98	72222	23,79	1852	0,72	24,51
1,08	72222	24,37	1852	0,21	24,58
1,18	74074	25,97	0	0,00	25,97
1,35	72222	21,21	1852	0,57	21,78
1,43	74074	22,37	0	0,00	22,37
1,48	74074	22,19	0	0,00	22,19
1,97	74074	23,53	0	0,00	23,53
2,15	74074	23,16	0	0,00	23,16
2,95	72222	24,51	1852	0,57	25,07
Témoin enherbé	74074	3,9	0	0	3,90

Annexe – Tableau 5. Moyenne des données de rendement des oignons espagnols en 2005 – expérience de pyrodésherbage. Traitement à la flamme nue au stade 9-10 feuilles de la culture le 7 juillet 2005.

Débit (g/m)	Peuplement commercialisable (no/ha)	Rendement commercialisable (T/ha)	Peuplement non-commercialisable (no/ha)	Rendement non-commercialisable (T/ha)	Rendement total (T/ha)
0	72222	25,43	1852	0,29	25,71
0,45	74074	26,59	0	0,00	26,59
0,54	72222	20,87	1852	0,62	21,49
0,68	74074	21,64	0	0,00	21,64
0,72	74074	24,25	0	0,00	24,25
0,86	74074	21,87	0	0,00	21,87
0,90	74074	24,10	0	0,00	24,10
0,98	74074	21,13	0	0,00	21,13
1,08	74074	24,94	0	0,00	24,94
1,18	70370	21,38	3704	0,18	21,56
1,35	72222	24,74	1852	0,96	25,70
1,43	72222	25,71	1852	0,63	26,34
1,48	74074	21,30	0	0,00	21,30
1,97	74074	22,86	0	0,00	22,86
2,15	72222	22,39	1852	0,89	23,28
2,95	72222	24,43	1852	0,36	24,79
Témoin enherbé	74074	3,9	0	0	3,90

2006

Annexe – Tableau 6. Moyenne des données de rendement des oignons espagnols en 2006 – expérience de pyrodés herbage. Traitement à la flamme nue le 6 juin 2006.

Débit (g/m)	Peuplement commercialisable (no/ha)	Rendement commercialisable (T/ha)	Peuplement non-commercialisable (no/ha)	Rendement non-commercialisable (T/ha)	Rendement total (T/ha)
0	74074	28,46	0	0	28,46
0,54	68519	31,76	3704	0,76	32,52
0,68	74074	35,36	0	0,00	35,36
0,86	72222	30,72	1852	0,09	30,82
0,90	74074	28,51	0	0,00	28,51
1,08	74074	33,80	0	0,00	33,80
1,18	68519	26,96	5556	1,71	28,67
1,35	72222	25,29	1852	0,42	25,72
1,43	70370	28,44	3704	0,49	28,93
1,48	70370	29,01	3704	0,39	29,40
1,97	74074	28,95	0	0,00	28,95
2,15	74074	25,27	0	0,00	25,27
2,95	74074	24,93	0	0,00	24,93
Témoin enherbé	72222	1,15	0	0	1,15

Annexe – Tableau 7. Moyenne des données de rendement des oignons espagnols en 2006 – expérience de pyrodés herbage. Traitement à la flamme nue le 17 juin 2006.

Débit (g/m)	Peuplement commercialisable (no/ha)	Rendement commercialisable (T/ha)	Peuplement non-commercialisable (no/ha)	Rendement non-commercialisable (T/ha)	Rendement total (T/ha)
0	74074	28,46	0	0	28,46
0,54	72222	34,89	1852	0,65	35,54
0,68	72222	28,23	1852	0,72	28,95
0,86	74074	33,52	0	0,00	33,52
0,90	72222	34,87	1852	0,23	35,10
1,08	70370	30,34	3704	1,06	31,40
1,18	74074	30,08	0	0,00	30,08
1,35	72222	30,45	1852	0,84	31,29
1,43	72222	31,96	0	0,00	31,96
1,48	70370	31,52	3704	0,67	32,19
1,97	74074	32,15	0	0,00	32,15
2,15	74074	31,02	0	0,00	31,02
2,95	74074	31,18	0	0,00	31,18
Témoin enherbé	72222	1,15	0	0	1,15

Annexe – Tableau 8. Moyenne des données de rendement des oignons espagnols en 2006 – expérience de pyrodésherbage. Traitement à la flamme nue le 1^{er} juillet 2006.

Débit (g/m)	Peuplement commercialisable (no/ha)	Rendement commercialisable (T/ha)	Peuplement non-commercialisable (no/ha)	Rendement non-commercialisable (T/ha)	Rendement total (T/ha)
0	74074	28,46	0	0	28,46
0,54	74074	30,35	0	0,00	30,35
0,68	72222	25,37	1852	0,32	25,69
0,86	74074	28,56	0	0,00	28,56
0,90	74074	32,08	0	0,00	32,08
1,08	72222	29,43	1852	0,90	30,32
1,18	70370	27,62	3704	1,84	29,46
1,35	72222	30,81	1852	0,34	31,15
1,43	68519	28,98	3704	1,33	30,31
1,48	72222	27,64	1852	0,81	28,45
1,97	72222	29,64	1852	0,69	30,33
2,15	74074	26,41	0	0,00	26,41
2,95	74074	29,78	0	0,00	29,78
Témoin enherbé	72222	1,15	0	0	1,15

Annexe – Tableau 9. Moyenne des données de rendement des oignons espagnols en 2006 – expérience de pyrodésherbage. Traitement à la flamme nue le 18 juillet 2006.

Débit (g/m)	Peuplement commercialisable (no/ha)	Rendement commercialisable (T/ha)	Peuplement non-commercialisable (no/ha)	Rendement non-commercialisable (T/ha)	Rendement total (T/ha)
0	74074	28,46	0	0	28,46
0,54	72222	28,84	1852	0,86	29,70
0,68	74074	29,43	0	0,00	29,43
0,86	74074	30,23	0	0,00	30,23
0,90	74074	30,90	0	0,00	30,90
1,08	74074	26,81	0	0,00	26,81
1,18	64815	29,12	9259	2,16	31,28
1,35	74074	31,39	0	0,00	31,39
1,43	74074	32,95	0	0,00	32,95
1,48	72222	29,58	1852	0,44	30,02
1,97	72222	25,42	1852	0,53	25,95
2,15	72222	29,93	1852	0,74	30,68
2,95	70370	29,70	3704	0,63	30,33
Témoin enherbé	72222	1,15	0	0	1,15

Annexe – Tableau 10. Moyenne des données de rendement des oignons espagnols en 2006 – expérience de pyrodésherbage. Traitement à la flamme nue le 27 juillet 2006.

Débit (g/m)	Peuplement commercialisable (no/ha)	Rendement commercialisable (T/ha)	Peuplement non-commercialisable (no/ha)	Rendement non-commercialisable (T/ha)	Rendement total (T/ha)
0	74074	28,46	0	0	28,46
0,54	72222	28,92	1852	0,36	29,27
0,68	74074	31,57	0	0,00	31,57
0,86	72222	28,88	3704	0,55	29,44
0,90	72222	27,35	1852	0,36	27,72
1,08	74074	32,17	0	0,00	32,17
1,18	72222	26,39	1852	0,52	26,91
1,35	74074	34,65	0	0,00	34,65
1,43	74074	32,42	0	0,00	32,42
1,48	74074	30,77	0	0,00	30,77
1,97	74074	30,88	0	0,00	30,88
2,15	72222	31,23	1852	0,56	31,79
2,95	68519	28,91	5556	2,29	31,20
Témoin enherbé	72222	1,15	0	0	1,15

Dose-réponse des mauvaises herbes

Un des objectifs de ce projet était d'établir la dose-réponse des mauvaises herbes qui étaient présentes dans les parcelles des diverses expériences implantées dans le cadre de ce projet.

Cette section présente les informations qui ont été recueillies sur les mauvaises herbes dans les expériences sur les 4 cultures étudiées à Saint-Hyacinthe : betterave, brocoli, épinard et oignon pour établir la dose-réponse des mauvaises herbes.

La seconde moitié de la parcelle était une zone enherbée d'une longueur de 2,5 m. Cette zone recevait les mêmes traitements que l'ensemble de la parcelle (traitement avec le pyrodésherbeur et les sarcleurs d'entre-rangs) mais il n'y avait pas de désherbage manuel. Un quadrat permanent y était placé pour faire le suivi des mauvaises herbes, avant et après un pyrodésherbage. La densité et la biomasse des mauvaises herbes était aussi prise en fin de saison. La partie enherbée a été utilisée pour établir la dose-réponse de diverses espèces de mauvaises herbes à divers stades de leur développement.

2005

La densité et le stade de chacune des espèces de mauvaises herbes présentes dans les quadrats ont été prises immédiatement avant et immédiatement après le passage du pyrodésherbeur dans des quadrats permanents de 20 x 50 cm placés parallèlement au rang, sur le rang de la culture. Les espèces ont été notées et les stades suivants étaient recensés : cotylédon, 1 feuille, 2 feuilles, 3 feuilles, 4 feuilles, 5 feuilles et plus, 6 feuilles et plus (dépendamment des espèces). Les mauvaises herbes présentes dans les quadrats ont aussi été comptées et récoltées par espèces avant la récolte de la culture. Leur nombre a été noté et leur poids sec a été déterminé en les plaçant dans un séchoir à air forcé jusqu'à ce que leur poids sec soit constant.

Règle générale, la méthode utilisée en 2005 était très intensive en main d'œuvre pour échantillonner tous les quadrats avant et après le pyrodésherbage. Cette approche avait l'inconvénient de ne pas donner suffisamment d'échantillons pour certains stades et certaines espèces. Aussi, dépendamment de la densité du couvert de l'ensemble des mauvaises herbes, certains individus plus grands pouvaient protéger les plantules plus petites, faussant en partie la saisie de données. Il en a été tenu compte et des courbes de dose-réponse ont été compilées, mais elles étaient incomplètes.

La densité et la biomasse des mauvaises herbes présentes en fin de saison dans la partie enherbée ont été prises mais elles ne donnent pas de renseignements utiles sauf qu'un seul passage de pyrodésherbeur est insuffisant pour réprimer toutes les mauvaises herbes pendant toute la saison. Selon nos observations visuelles non-notées, certains traitements réussissaient à réprimer les mauvaises herbes pendant une bonne partie de la saison mais les mauvaises herbes qui émergeaient plus tard ré-infestaient les parcelles au détriment de la culture (dans la partie enherbée).

2006

Pour 2006, la décision a été prise de semer les espèces de mauvaises herbes pour lesquelles une dose-réponse serait établie. Le suivi avant et après un traitement, toujours dans la partie enherbée, a été assuré en identifiant 20 plantules de chaque espèce, pour chacun des stades de développement : de cotylédons à 5 ou 6 feuilles et plus, pour chacune des doses de propane pour 4 répétitions.

Les espèces de mauvaises herbes qui ont été ensemencées et suivies sont :

- chénopode blanc (*Chenopodium album*)
- amarante à racine rouge (*Amarantus retroflexus*)
- échinochloa pied-de-coq (*Echinochloa crusgalli*)
- sétaire glauque (*Setaria pumila*, autrefois *S glauca*)

Avant chaque passage du pyrodésherbeur, chacune des espèces de mauvaises herbes a été identifiée avec un trombone différent pour chacun des stades de développement. Immédiatement après le passage du pyrodésherbeur, la survie de chacun des plants identifié au préalable a été déterminée.

Analyses statistiques :

Des analyses de variance ont été effectuées pour déterminer si les doses de propane avaient un effet significatif sur les mauvaises herbes. Le cas échéant, des courbes de régression représentant les doses-réponses du % de mortalité par rapport au témoin enherbé étaient utilisées pour décrire les données observées. Ces dernières étant des régressions, tous les points sur la ligne sont conséquemment significativement différents les uns des autres. Pour cette raison, aucune analyse de variance n'a été effectuée pour comparer les moyennes de destruction des mauvaises herbes entre les diverses doses de propane.

Doses-réponses

Les doses-réponses sont présentées ci-dessous :

Chénopode blanc :

Dose-réponse du *Chenopodium album* au pyrodés herbage

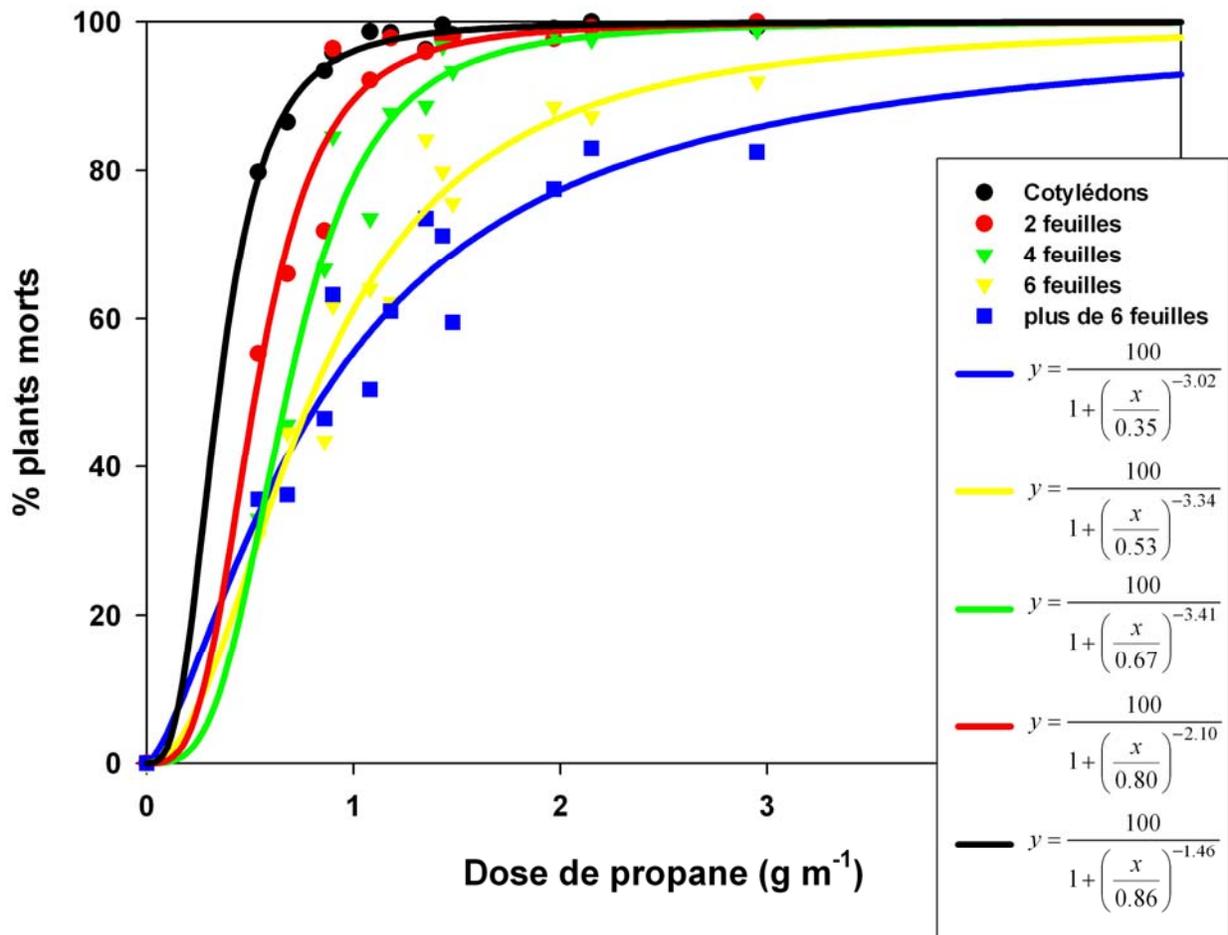


Figure 1. Dose-réponse du chénopode blanc.

Le chénopode montre une réponse type à la dose de propane. Le chénopode montre aussi une moins grande sensibilité au pyrodés herbage avec la progression de ses stades de développement. Selon ce graphique, il semblerait que la répression du chénopode soit excellente jusqu'au stade de 4 feuilles mais qu'à partir du stade de 6 feuilles, même une forte dose ne soit pas garante d'un niveau acceptable de répression.

Amarante à racine rouge :

Dose-réponse de l'*Amaranthus retroflexus* au pyrodés herbage

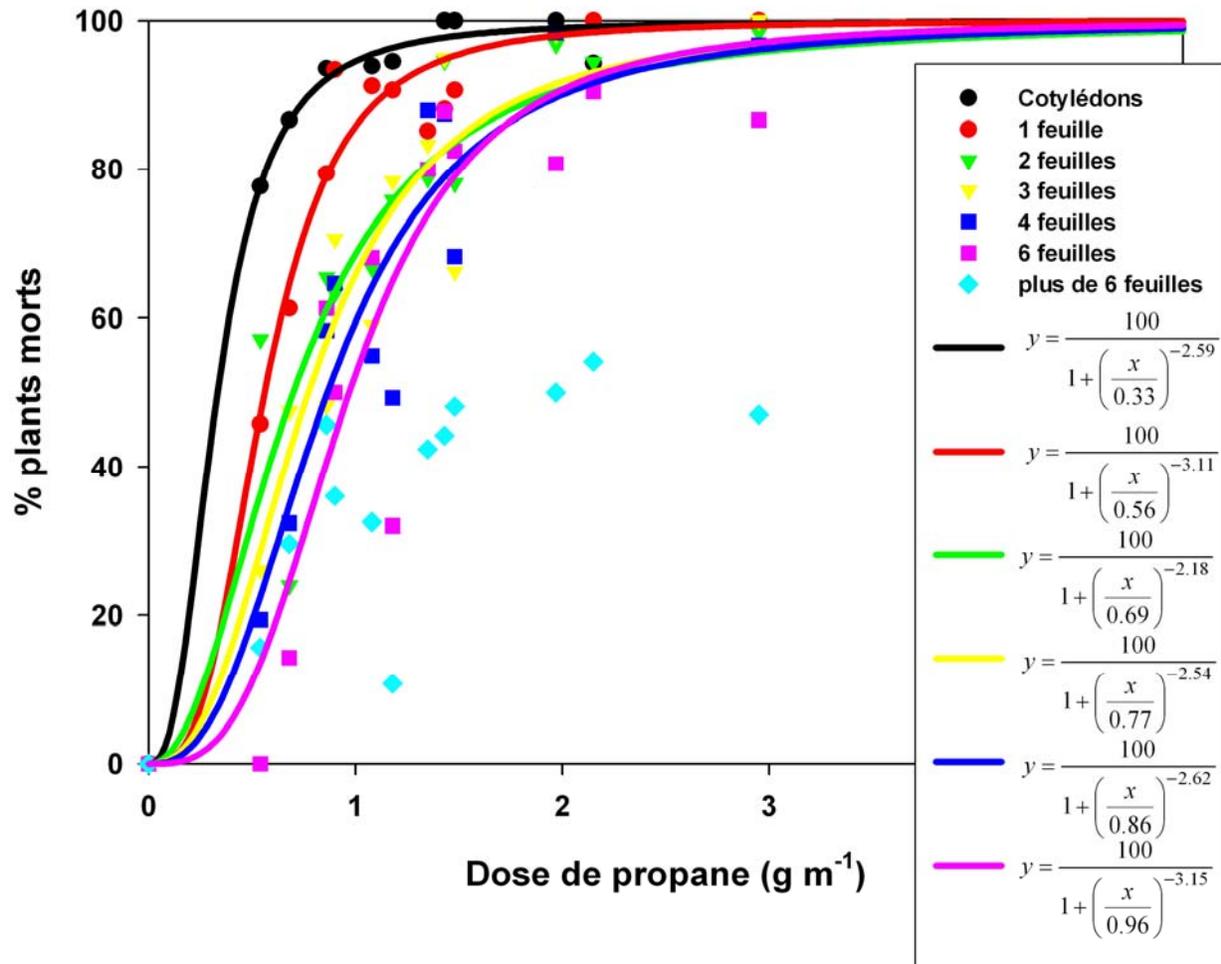


Figure 2. Dose-réponse de l'amarante à racine rouge.

L'amarante montre aussi une réponse type à la dose de propane. L'amarante montre aussi une moins grande sensibilité au pyrodés herbage avec la progression de ses stades de développement. Selon ce graphique, il semblerait que la répression de l'amarante soit excellente jusqu'au stade de 6 feuilles mais qu'à partir du stade de plus de 6 feuilles, même une forte dose ne soit pas garante d'un niveau acceptable de répression.

Échinochloa pied-de-coq :

Dose-réponse de *Echinochloa crusgalli* au pyrodés herbage

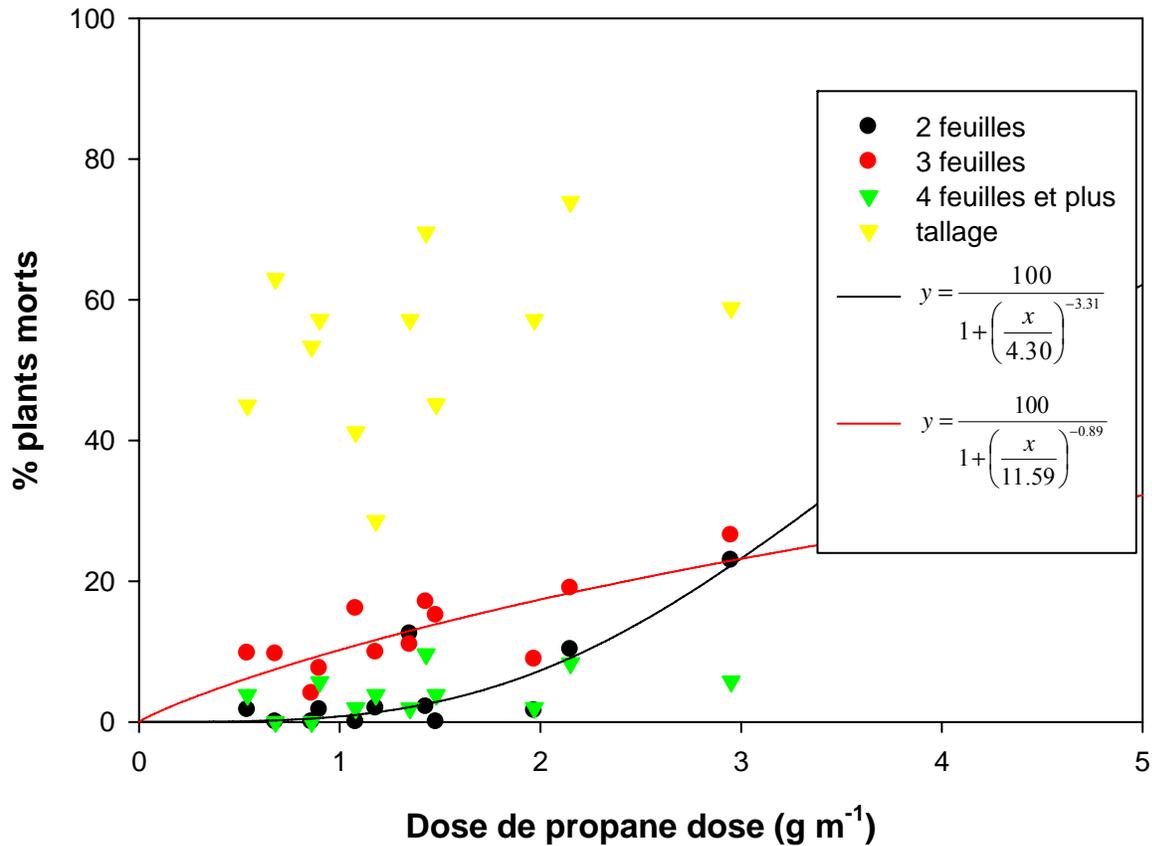


Figure 3. Dose-réponse de l'échinochloa pied-de-coq.

L'échinochloa pied-de-coq est très peu thermosensible au pyrodés herbage aux doses utilisées dans le cadre de ce projet. Seuls les stades de 2 et 3 feuilles ont montré une certaine sensibilité mais le niveau de mortalité des plants n'a jamais dépassé 30 %. Ce manque de réponse au pyrodés herbage pourrait être attribué, en partie, au fait que le point de croissance de la plante est sous le niveau du sol pendant un certain temps au début de la saison de croissance. La sensibilité du stade de tallage (30 à 75 % de mortalité) appuie cet argument car le point de croissance de la plante est alors émergé du sol. Cependant, à ce stade, il n'y avait pas de réponse au niveau de la dose de propane.

Sétaire glauque :

Dose-réponse de *Setaria pumila* au pyrodés herbage

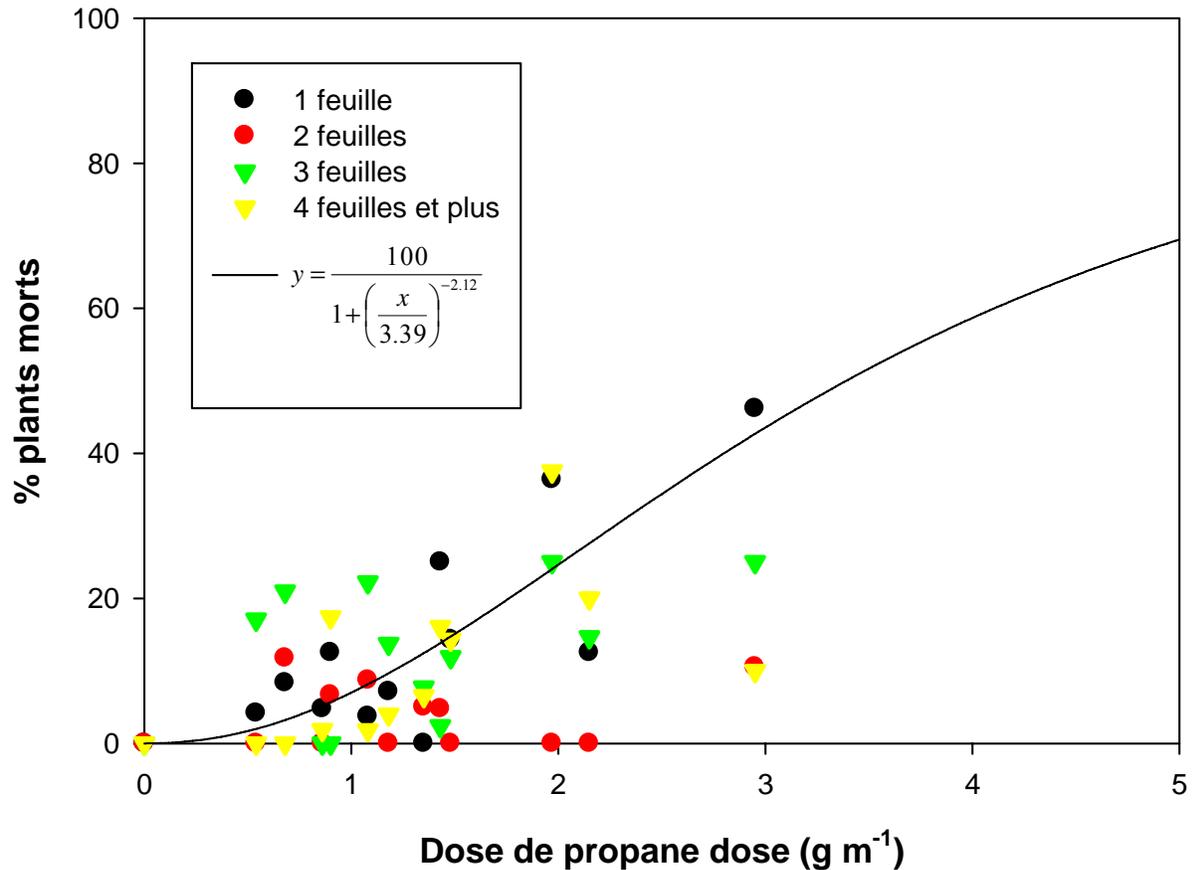


Figure 4. Dose-réponse de la sétaire glauque.

La sétaire glauque est peu thermosensible au pyrodés herbage aux doses utilisées dans le cadre de ce projet. Seul le stade de 1 feuille a montré une certaine sensibilité mais le niveau de mortalité des plants n'a jamais atteint 50 %. Ce manque de réponse au pyrodés herbage pourrait être attribué, en partie, au fait que le point de croissance de la plante est sous le niveau du sol pendant un certain temps au début de la saison de croissance.

Aspects économiques

Le coût des équipements est d'abord présenté pour un rang de culture et ensuite un tableau comparatif compare les coûts pour l'équipement pour 4 rangs. Ensuite le coût des intrants (herbicides et propane) est présenté. Finalement, le temps de désherbage manuel requis pour compléter le désherbage des cultures est présenté. Étant donné que ce projet n'avait pas de témoin conventionnel avec herbicides, il n'est pas possible de comparer directement le coût des différentes techniques.

Coûts pour le pyrodésherbeur à flamme couverte :

Cet appareil utilisait une torche en phase gazeuse (modèle VT 3-30 C Red Dragon (500,000 BTU) de Flame Engineering. Le montage et la fabrication d'une boîte pour couvrir la flamme ont requis des frais d'atelier. Cet appareil traite un rang de culture à la fois.

Tableau 1. Détail des coûts pour le pyrodésherbeur à flamme couverte.

Description	Coûts
Torche VT 3-30	\$ 130
Frais d'ateliers	\$ 500
Coûts d'achat des bonbonnes de gaz propane (2 de type pour barbecue)	\$ 40
Total	\$ 670

Tableau 2. Détail des coûts pour le propane utilisé par le pyrodésherbeur à flamme couverte.

Description	Coûts
Coûts de remplissage de deux bonbonnes	\$ 26
Total	\$ 26

Coûts pour le pyrodésherbeur à flamme nue :

Ce genre de torche utilise le propane en phase liquide est vendu en trousse pour 2, 4, 6 ou 8 rangs. Le modèle que nous avons utilisé dans le cadre de ce projet est monté avec des patins et utilise le modèle de torche suivant, soit le modèle LT 1½ X 6 Liquid Torch; 220,000 BTU de Flame Engineering.

Tableau 3. Détail des coûts pour le pyrodéssherbeur à flamme nue.

Description	Coûts
Trousse pour 2 rangs, modèle LT 1½ X 6 Liquid Torch; 220,000 BTU	\$ 4000
Coûts d'achat des bonbonnes de gaz propane (2 de 15 kg (genre chariot élévateur))	\$ 500
Total	\$ 4500

Tableau 4. Détail des coûts pour le propane utilisé par le pyrodéssherbeur à flamme nue.

Description	Coûts
Coûts de remplissage de deux bonbonnes	\$ 40
Total	\$ 40

Coûts pour le Torsion Weeder de Bezzerides :

Tableau 5. Détail des coûts pour le Torsion Weeder de Bezzerides.

Description	Coûts
Torsion Weeder de Bezzerides, coûts pour une unité pouvant traiter un rang avec la barre porte outil et les supports requis	\$ 150
Total	\$ 150

Coûts pour le Finger Weeder de Buddingh :

Tableau 6. Détail des coûts pour le Finger Weeder de Buddingh.

Description	Coûts
Finger Weeder de Buddingh, coûts pour une unité pouvant traiter un rang avec la barre porte outil et les supports requis	\$ 1000
Total	\$ 1000

Comparaison entre les coûts des équipements et des fournitures pour le pyrodésherbage, le sarclage mécanique et le désherbage avec herbicides :

Pour fin de comparaison, les coûts sont considérés pour traiter un minimum de 4 rangs.

Tableau 7. Comparaison entre les coûts des équipements pour le pyrodésherbage, le sarclage mécanique et le désherbage avec herbicides.

Description	Coûts pour 4 rangs
Pyrodésherbeur à flamme couverte	\$ 2680
Pyrodésherbeur à flamme nue	\$ 9000
Torsion Weeder de Bezzerides	\$ 600
Finger Weeder de Buddingh	\$ 4000
Pulvérisateur conventionnel pour les herbicides (8 m de largeur)	\$ 4000

Tableau 8. Comparaison entre les coûts des intrants pour traiter un hectare une seule fois avec le pyrodésherbeur ou à l'herbicide.

Culture	Herbicide	Coûts à l'hectare ^a
Brocoli	Dual	\$ 72
	Excel	\$ 41
	Devrinol	\$ 35
	Poast	\$ 191
	Treflan	\$ 38
	Venture	\$ 65
	Lontrel	\$ 101
Betterave	Pyramin	\$ 467
Oignon	Excel	\$ 41
	Frontier	\$ 88
	Sélect	\$ 81
	Goal	\$ 37
	Prowl	\$ 45
Propane	Dose élevée 2 g/m ou 22,2 kg/ha Pour une culture avec des rangs espacés de 90 cm	\$ 30

^a Ces coûts proviennent des références économiques du CRAAQ

Temps de désherbage manuel requis :

Le temps de désherbage manuel requis dans les différentes cultures a été compilé ci-dessous.

Tableau 9. Détail du temps de désherbage manuel requis dans chacune des cultures a été compilé ci-dessous.

Culture	Pyrodésherbage (nombre de fois)	Sarcléur utilisé	Nombre de sarclages	Temps de désherbage (heures/ha) ^a
Betterave de jardin	1	Bezzeries	3	190
	2	Bezzeries	2	211
	3	Bezzeries	1	222
	4		0	243
		Bezzeries	3	247
		Buddingh	3	219
		Témoin enherbé		485
Brocoli	1	Buddingh	3	92
	2	Buddingh	2	135
	3	Buddingh	1	132
	4	Buddingh	0	180
	1	Bezzeries	3	60
	2	Bezzeries	2	108
	3	Bezzeries	1	131
		Bezzeries	3	167
		Buddingh	3	192
		Témoin enherbé		490
Épinard	1	Bezzeries	3	67
	2	Bezzeries	2	81
	3	Bezzeries	1	87
	4		0	115
		Bezzeries	3	85
		Buddingh	3	72
		Témoin enherbé		139
Oignon espagnol	1	Bezzeries	4	305
	2	Bezzeries	3	293
	3	Bezzeries	2	273
	4	Bezzeries	1	273
	5			288
		Bezzeries	5	420
		Buddingh	5	407
		Témoin enherbé		603

^a Le temps de désherbage est discuté dans chaque section.

Tableau 10. Tableau comparatif des coûts de désherbage pour un passage ou une pulvérisation sur un hectare. Le temps requis pour désherber manuellement est la moyenne observée dans nos parcelles.

Désherbage manuel ^a	Désherbage manuel lorsque sarclé 1 x ^b	Désherbage manuel lorsque sarclé et pyrodésherbé 1 x ^c	Sarclage mécanique	Pyro-désherbage	Herbicides ^g
\$ 4300	\$ 2288	\$ 1740	\$ 28 ^d	\$ 48 ^e	\$ 168 ^f

^a 430 heures de désherbage manuel à \$10/heure

^b 226 heures de désherbage manuel plus 1 passage de machinerie, à \$10/heure

^c 174 heures de désherbage manuel plus 2 passages de machinerie, à \$10/heure

^d Temps de passage de l'équipement à 4 km/h dans des rangs espacés de 90 cm. Payé à \$10/hé

^e Le coûts est celui pour un passage à une dose moyenne de propane (15 kg/ha) et le temps de passage de l'équipement à 4 km/h dans des rangs espacés de 90 cm. Payé à \$10/h.

^f Le coût est celui pour un passage à un prix moyen pour 2 herbicides (anti-cotylédones et anti-dicotylédones) et le temps de passage de l'équipement à 4 km/h dans des rangs espacés de 90 cm. Payé à \$10/h.

Désherbage thermique

Mise au point

Daniel Cloutier, PhD, Institut de malherbologie

*Maryse Leblanc, PhD, Institut de recherche et de développement en agroenvironnement
3300, rue Sicotte, C.P. 480, Saint-Hyacinthe, Qc J2S 7B8*

Tél. : 450-778-6522 Poste : 250 Fax : 450-778-6539 Courriel : maryse.leblanc@irda.qc.ca

Plusieurs personnes ont soulevé des questions qui viennent naturellement à l'esprit lorsqu'on discute de désherbage thermique par rapport aux méthodes chimiques ou mécanique de désherbage.

Historiquement :

Le pyrodésherbage était fréquemment utilisé avant la fin des années 60. La venue des herbicides de synthèse a réduit sa demande mais la technique a continué à évoluer et à se développer. Présentement, il est estimé que plus de 90% des 143,000 fermes biologiques en Europe possèdent un ou plusieurs pyrodésherbeurs.

Combustible pour les pyrodésherbeurs :

Les pyrodésherbeurs commercialisés peuvent utiliser le propane soit sous la forme gazeuse (système similaire au barbecue domestique) ou sous la forme liquide retirée à partir du fond du réservoir (comme pour les chariots élévateurs). La dimension des bonbonnes varie beaucoup. Il est possible aussi de mettre en série une ou plusieurs bonbonnes de type barbecue de 9 kg ou de type chariot élévateur de 15 kg.

Pourquoi étudier le pyrodésherbage ici :

L'efficacité du pyrodésherbage a été maintes fois démontrée et c'est une méthode reconnue. Cependant, ces techniques ont surtout été développées ailleurs et leur utilisation requiert une adaptation technique qui reste à faire sous nos conditions et nos systèmes de production. D'ailleurs, suite à notre participation à une conférence sur le sujet en Norvège, nous constatons que cette expertise n'existe pas en ce moment au Québec et que les producteurs sont laissés à eux-mêmes pour utiliser ces techniques, ce qui signifie que ceux-ci ne sont pas prêts de les utiliser dans leurs cultures.

Risques pour les utilisateurs :

En général, les risques sont du même niveau que ceux encourus lors de l'utilisation d'un barbecue lorsque les bombonnes de gaz propane sont du même volume que celle utilisée pour celui-ci.

Y a-t-il des besoins de formation spéciale :

Selon les règlements officiels en cours au Québec, une formation spéciale est requise pour effectuer des modifications aux systèmes au gaz et des techniciens compétents sont disponibles dans la plupart des villes pour effectuer des changements au besoin et à des coûts raisonnables. Aussi, les brûleurs au gaz propane tels ceux manufacturés par Red Dragon sont disponibles commercialement et ne nécessitent aucune modification pour être utilisés par les producteurs. De plus, ceux-ci sont approuvés CSA International pour utilisation au Canada et aux États-Unis. Les bonbonnes de barbecue et les autres ne devraient pas être transportées à l'intérieur d'un véhicule (à moins qu'il ne soit ventilé à l'extérieur) mais plutôt dans la boîte arrière d'un camion. Il est aussi interdit à un véhicule routier transportant plus de deux bouteilles de propane de circuler dans les tunnels où le panneau de signalisation l'indique. Et seules les bouteilles ayant une capacité en eau de 46 litres ou moins (ce qui correspond aux bouteilles de propane de 18,2 kg et moins) peuvent y passer.

Disponibilité des équipements :

Des brûleurs utilisant les deux formes de gaz propane sont actuellement disponibles auprès de distributeurs québécois et ne nécessitent aucune modification pour être utilisés par les producteurs. Des pyrodésherbeurs de diverses dimensions existent et sont adaptables à plusieurs cultures.

Pollution par le gaz :

Ces gaz sont considérés comme étant propres et leurs produits de combustion sont surtout du CO₂ et de l'eau. Un litre (0,5 kg) de propane produit 1,5 kg de CO₂. Un litre d'essence produit 2,6 kg de CO₂. Combien de litres d'essences utilisons-nous en une année? Un humain produit 1 kg CO₂ par jour.

Quantité de gaz utilisée :

Les quantités de gaz utilisées varient de 5 à 30 kg/ha pour les traitements sur les rangs.

Comparaisons avec les herbicides :

Litre pour litre : Du point de vue énergétique, les gaz sont énergétiquement moins efficaces que les herbicides. Cependant, la quantité d'énergie requise pour enlever les herbicides de la nappe phréatique et de nos rivières est difficile à calculer mais rendrait probablement les gaz plus efficaces du point de vue énergétique.

Comparaison avec les pulvérisateurs :

Le nombre de passage au champ pour utiliser les pyrodésherbeurs est approximativement le même que pour l'utilisation des herbicides et les réservoirs sont comparables en poids si on utilise le gaz liquide.

Conditions agro-météorologiques

Les données météorologique sont présentées dans cette section de même que les données recueillies la journée du pyrodésherbage. Règle générale, plus de chaleur est requise pour détruire les plantes lorsque le sol et le feuillage sont mouillés. Aussi, la perte de chaleur par diffusion augmente avec la vitesse du vent lorsqu'une torche à flamme nue est utilisée.

Tableau 1. Conditions climatiques prévalentes la journée où un traitement de pyrodésherbage a été effectué en 2005.

Date	Culture	Stade de la culture	Température	Vitesse du vent	Humidité relative (%)	Humidité du sol (%) ^a
6/2/2005	Oignon	1	27	ND ^b	35	4,6
6/7/2005	Épinard	1	23	31	ND	6,5
6/7/2005	Betterave	1	23	31	ND	11,9
6/8/2005	Oignon	2	17	ND	78	7,2
6/8/2005	Brocoli	1	16	ND	81	7,0
6/20/2005	Oignon	3	24	0	56	5,5
6/20/2005	Brocoli	2	24	30	ND	8,3
6/22/2005	Épinard	2	22	24	38	5,5
6/27/2005	Oignon	4	28	4	62	2,3
6/27/2005	Brocoli	3	28	4	62	2,1
6/27/2005	Betterave	2	28	4	62	3,0
6/28/2005	Épinard	3	31	20	63	2,4
6/30/2005	Betterave	3	26	0	65	3,2
7/5/2005	Brocoli	4	25	13	79	10,4
7/7/2005	Oignon	5	16	17	77	6,7
7/13/2005	Brocoli	5	27	13	62	4,6

^a Pourcentage d'humidité du sol dans les premiers 2 cm lorsque le pyrodésherbage a été effectué.

^b Non disponible.

Tableau 2. Conditions climatiques prévalentes la journée où un traitement de pyrodésherbage a été effectué en 2006.

Date	Culture	Stade de la culture	Température	Vitesse du vent	Humidité relative	Humidité du sol (%) ^a
5/11/2006	Épinard	1	22	15	61	4,6
6/5/2006	Épinard	2	28	9	37	ND
6/6/2006	Oignon	1	28	9	37	ND
6/9/2006	Brocoli	1	16	6	82	ND
6/13/06	Betterave	2	21	9	53	8,3
6/13/06	Épinard	3	21	9	53	ND
6/17/06	Oignon	2	21	15	73	ND
6/19/2006	Épinard	4	22	17	78	ND
6/19/2006	Brocoli	2	22	17	78	ND
6/21/2006	Betterave	3	22	6	41	ND
6/29/2006	Brocoli	3	27	ND ^b	66	11,8
7/1/2006	Oignon	3	21	26	73	15,4
7/10/2006	Brocoli	4	29	ND	48	3,8
7/18/2006	Oignon	4	27	ND	58	7,8
7/19/2006	Brocoli	5	28	11	42	4,2
7/27/2006	Oignon	5	29	24	66	6,4
5/14/2006	Betterave	1	22	ND	37	ND

^a Pourcentage d'humidité du sol dans les premiers 2 cm lorsque le pyrodésherbage a été effectué.

^b Non disponible.

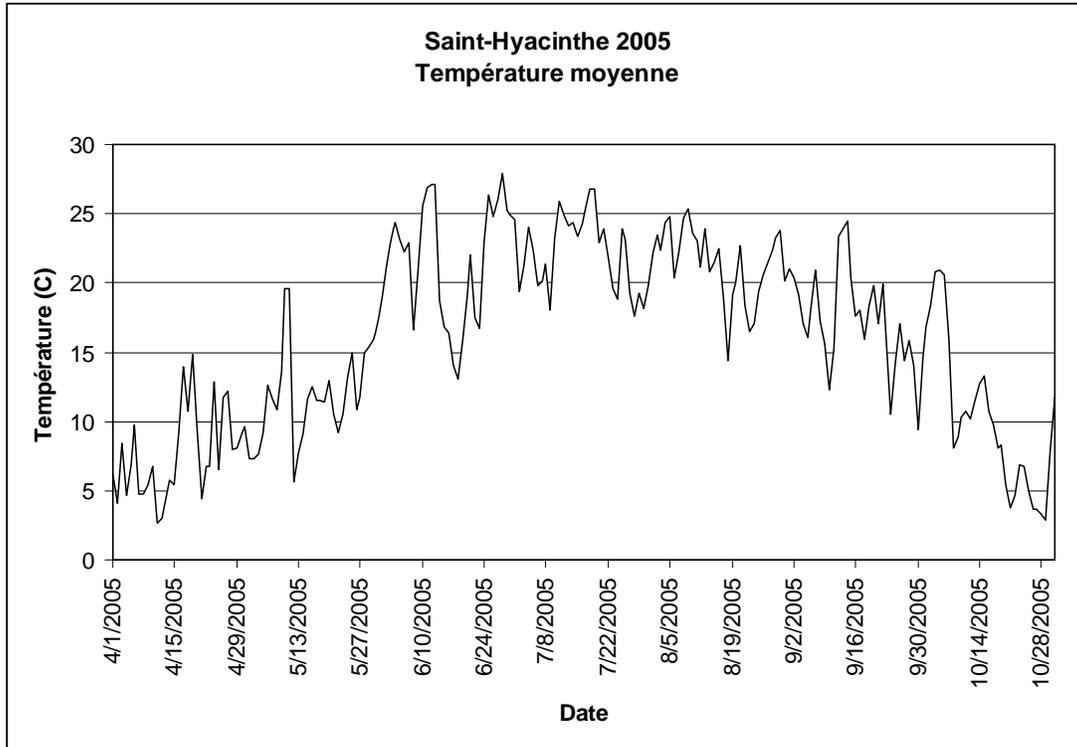


Figure 1. Température moyenne à Saint-Hyacinthe en 2005.

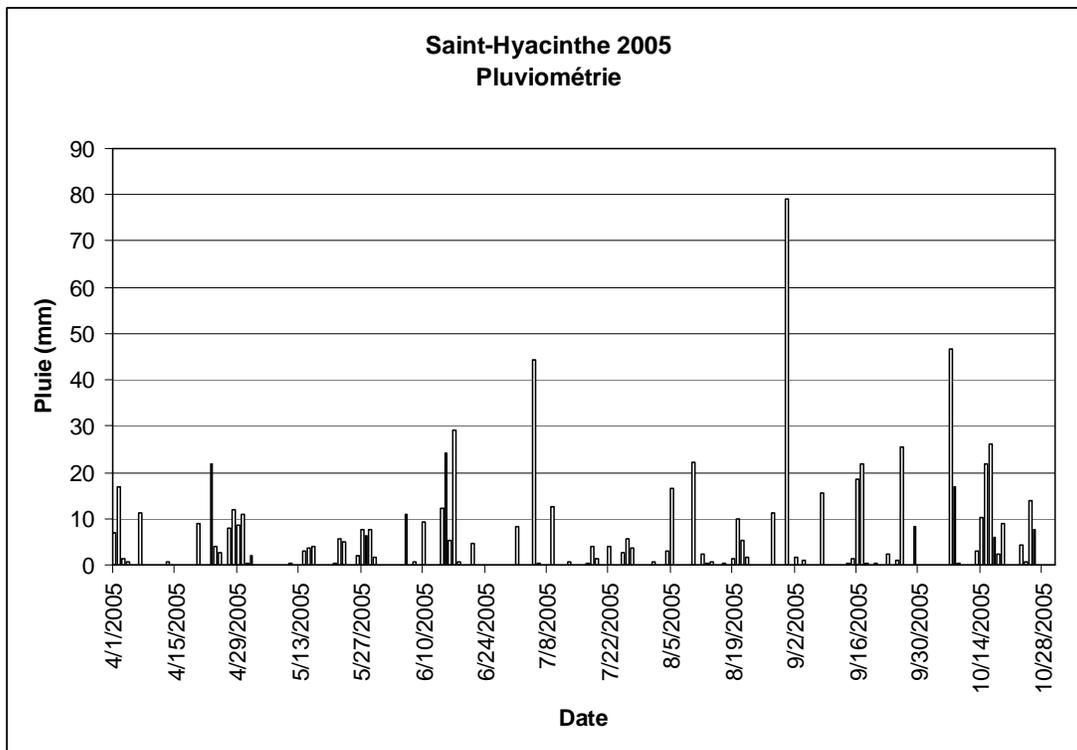


Figure 2. Pluviométrie à Saint-Hyacinthe en 2005.

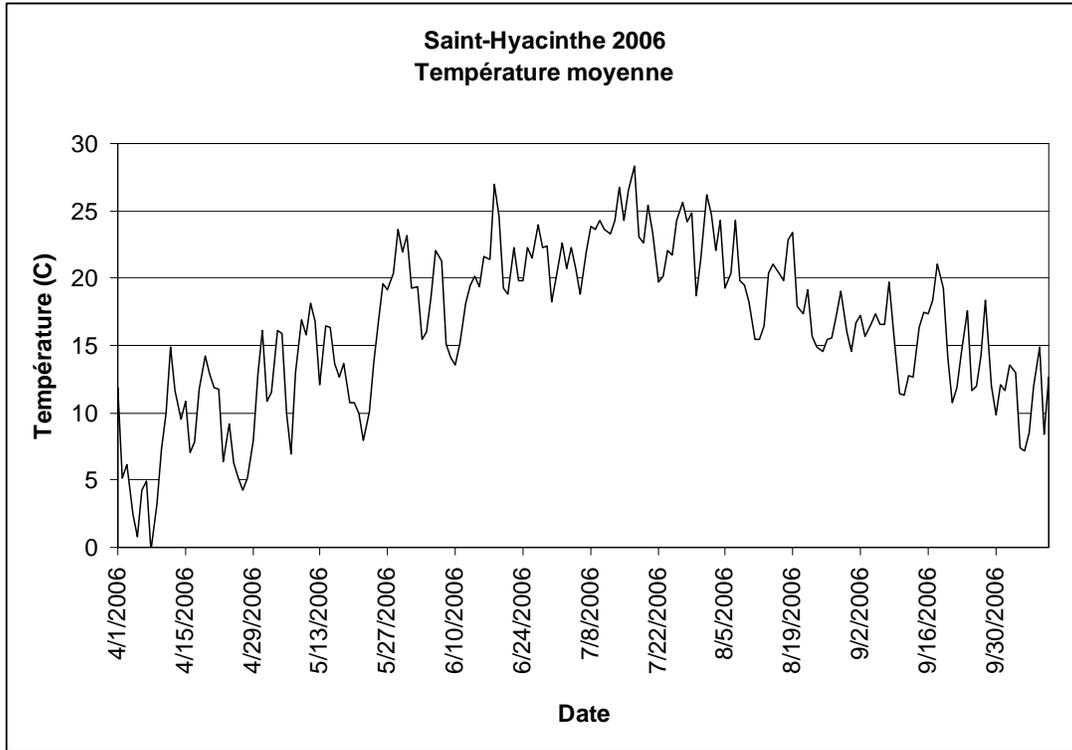


Figure 3. Température moyenne à Saint-Hyacinthe en 2006.

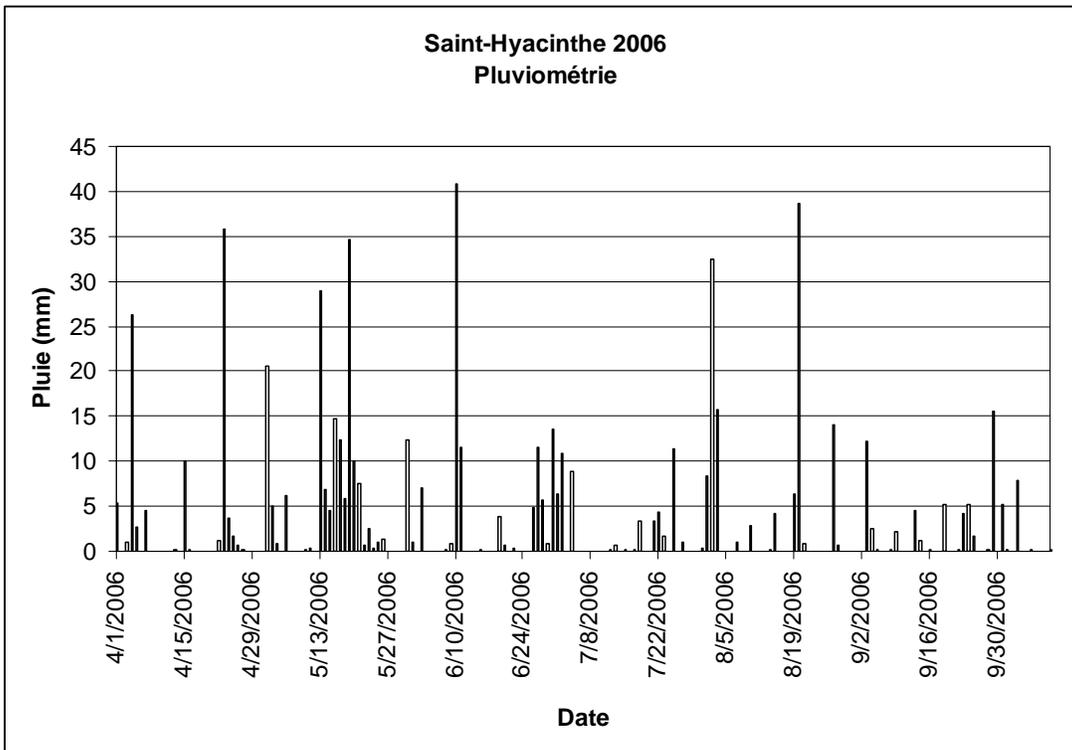


Figure 4. Pluviométrie à Saint-Hyacinthe en 2006.

Activités de diffusion, transfert et formation

Plusieurs activités de diffusion, transfert et formation ont été effectuées au cours de ce projet.

Activités de diffusion et de transfert aux utilisateurs

L'information dans la section «Renseignements sur le propane et le pyrodés herbage» a été soumise à AgriRéseau en 2005 et a été diffusée à toutes les journées de champs auxquelles Maryse Leblanc ou Daniel Cloutier ont participé.

Maryse Leblanc et Evan Sivesind. 2005. Présentation du pyrodés herbeur Red Dragon (brûleur au propane) + quatre expériences sur son utilisation : le pyrodés herbage dans la culture d'oignon espagnol, de brocoli, de betterave de jardin et d'épinard (combiné à du sarclage mécanique). Présentation de 9 :00 à 12 :00, le 26 juillet 2005. Portes ouvertes à l'IRDA, Saint-Hyacinthe – production maraîchère. Pages 4-11, du Cahier de présentation, nos travaux en lutte intégrée des cultures, Institut de recherche et développement en agroenvironnement, Saint-Hyacinthe, Québec.

Victor Larivière. Article rédigé par M. Larivière sur le pyrodés herbage suite à des entrevues téléphoniques avec Daniel Cloutier et Maryse Leblanc. Paru dans le BioTerre, supplément à la Terre de Chez Nous, été 2006.

Leblanc, Maryse L., Daniel C. Cloutier, Evan Sivesind, Katrine Stewart, and Philippe Séguin. 2006. Pyrodés herbage de cultures maraîchères en sol minéral. Fiche imprimée et posté sur le site web de l'IRDA depuis le 26 novembre 2006.

Leblanc, Maryse L., Daniel C. Cloutier, Evan Sivesind, Katrine Stewart, and Philippe Séguin. 2007. Flaming in spanish onion. Présentation des nos résultats sur l'oignon espagnol au 26th Annual Organic Agriculture Conference and The Organic Agriculture Centre of Canada, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada, January 26, 2007 ou plus de 2000 personnes participent (surtout des producteurs et des vulgarisateurs).

Daniel Cloutier. La lutte physique aux mauvaises herbes. Présentation faite à la journée organisée pour les producteurs abonnés aux services de Prisme, Sherrington, 21 février 2007.

Maryse Leblanc. La haute technologie au service de la lutte physique aux mauvaises herbes. Présentation faite à des producteurs inscrits dans un cours de perfectionnement sur le dés herbage co-ordonné par Denis Lafrance, CEGEP de Victoriaville, printemps 2007.

Jacques Blain et Maryse Leblanc. 30 août 2007. Le dés herbage au propane (pyrodés herbage) – démonstration de deux types de dés herbeurs en pré et postlevée. Présentation à la Demi-journée phytprotection en production maraîchère biologique, Les Vallons Maraîchers, Compton, 30 août 2007

Activités de transfert scientifique

Présentations :

Leblanc, Maryse L., Daniel C. Cloutier, Evan Sivesind, Katrine Stewart, and Philippe Séguin. 2005. Flaming in spanish onion. Présentation faite à la réunion annuelle de la Canadian Weed Science Society – Société canadienne de malherbologie à Niagara Falls, 29 novembre 2005.

Maryse Leblanc. 2006. La haute technologie au service de la lutte aux mauvaises herbes. Conférence prononcée à la 98^{ième} Assemblée annuelle de la société de protection des plantes du Québec le 15 juin 2006.

Leblanc, Maryse L., Daniel C. Cloutier, Evan Sivesind, Katrine Stewart, and Philippe Séguin. 2006. Flaming in beets. Présentation faite à la réunion annuelle de la Canadian Weed Science Society – Société canadienne de malherbologie à Victoria, Colombie Britannique, 28 novembre 2006.

Evan Sivesind, Maryse L. Leblanc, Daniel C. Cloutier, Katrine Stewart, and Philippe Séguin. 2006. Flame cultivation in vegetable crops. Présentation faite à la réunion annuelle de la Canadian Weed Science Society – Société canadienne de malherbologie à Victoria, Colombie Britannique, 28 novembre 2006.

Articles :

Leblanc, M.L. et D.C. Cloutier. 2006. La haute technologie au service de la lutte physique aux mauvaises herbes dans un contexte d'agriculture biologique. *Phytoprotection* 87 (2): 77-81.

Leblanc, Maryse L., Daniel C. Cloutier, Evan Sivesind, Katrine Stewart, and Philippe Séguin. 2007. Physical weeding in beets. In: Cloutier, D.C. (ed). *EWRS Proceedings 7th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control*, Salem, Germany. pp. 20.

Activités de formation d'étudiants

Étudiants d'été: Douze étudiants d'été ont travaillé dans les diverses expériences de ce projet à l'IRDA à Saint-Hyacinthe et au Centre de Recherche Horticole sur le Campus Macdonald de l'université McGill en 2005 et 2006. Ces étudiants ont été impliqués dans ce projet et ont été formé à l'utilisation de la technique du pyrodés herbage comme méthode de lutte aux mauvaises herbes.

Étudiant au doctorat : Evan Sivesind est un étudiant qui effectue un doctorat dans le cadre de ce projet. Il est inscrit au PhD à l'Université McGill. Le titre du mémoire est «Flame Cultivation in Vegetables: Efficacy as Weed Control and Crop Physiologic Response». Le dépôt du mémoire se réalisera au printemps 2008.