

Mise au point d'un arracheur mécanique des mauvaises herbes

03-BIO-40

Un projet réalisé dans le cadre du

**Programme de soutien au développement
de l'agriculture biologique**

Projet réalisé de juin 2004 à décembre 2005

Date de dépôt du rapport final : 2 décembre 2005

Requérant : FERME ETNA inc.

Rapport final préparé par Yvon Douville, agr., M.Sc.

Avec la collaboration du ministère de l'Agriculture,
des Pêcheries et de l'Alimentation

Table des matières

Résumé _____	3
Description du projet _____	4
Déroulement du projet _____	5
Résultats obtenus et difficultés techniques rencontrées _____	6
Regard sur l'avenir _____	11
Biens livrés _____	11
Annexe A : résultats obtenus en 2004 _____	12
Annexe B : résultats obtenus en 2005 _____	14
Annexe C : morphologie d'un plant de soya _____	18
Annexe D : croquis de l'arracheur _____	19

Résumé : Mise au point d'un arracheur mécanique des mauvaises herbes (03-BIO-40)

Le présent projet a été présenté par la ferme ETNA inc. de Ste-Anne-de-la-Pérade. Le projet s'est étalé de juin 2004 à décembre 2005 au coût total de 32 727\$, dont 20 952 \$ ont été fournis par le programme de soutien au développement de l'agriculture biologique et 11 775 \$ sont assumés par les agriculteurs eux-mêmes. La Ferme Martel de St-Stanislas et le professeur Mohamed Khelifi de l'Université Laval ont également participé au projet. Les objectifs du projet étaient de mettre au point un arracheur mécanique des mauvaises herbes, plus spécifiquement contre la moutarde dans la culture du soya biologique. La Ferme ETNA inc. a fabriqué artisanalement un appareil qui a pour fonction d'arracher les mauvaises herbes, un peu comme on le ferait à la main, mais en utilisant des roues qui en tournant empoignent la mauvaise herbe et la déterre du sol lorsque celle-ci dépasse la culture. L'arracheur de mauvaises herbes a été testé pendant deux années sur 2 fermes biologiques pour un total de 11 essais dans le soya KG41. Les essais ont consisté à évaluer les performances de l'arracheur pour le contrôle des mauvaises herbes, l'augmentation du rendement de soya et la rentabilité économique de l'arrachage. À cet effet, nous avons expérimenté diverses hauteurs de coupe dans plusieurs conditions de sols et mauvaises herbes. Un seul passage a été fait par essai. Chaque essai comportait un témoin sans passage de l'arracheur, mais dans lequel les activités normales de sarclage ont été réalisées (peigne, houe, sarcler à rangs). La hauteur optimale de passage de l'arracheur se situe entre 1 à 2 pouces sous l'extrémité du haut du plant de soya. Dans de telles conditions, l'arracheur procure un gain de rendement de 6 % en moyenne, réduit la biomasse de mauvaises herbes et la banque de graines de 41 % et génère un gain économique de 73 \$/ha. Pour une efficacité maximale de destruction des mauvaises herbes, les critères suivants doivent être réunis : un sol sableux, une population de mauvaises herbes qui dépassent de 12 pouces ou plus le soya, une population de mauvaises herbes qui arrivent à maturité ensemble (pour éviter que les mauvaises herbes plus petites échappent au traitement). L'efficacité obtenue lors du projet, probablement insuffisante pour une utilisation commerciale du prototype employé, n'en demeure pas moins suffisamment intéressante pour mériter de plus amples travaux qui auraient pour but d'en améliorer la performance avec un nouveau prototype. Pour de plus amples informations sur ce rapport technique, contactez la personne responsable du projet, soit Yvon Douville, agronome à yvon.douville@infoteck.qc.ca ou pour entrer en contact avec le concepteur de l'arracheur, faites le teseli@globetrotter.net.

1. DESCRIPTION DU PROJET

La ferme ETNA inc. de Sainte-Anne de la Pérade est une ferme biologique qui utilise le désherbage mécanique pour faire face aux mauvaises herbes. L'utilisation du peigne, de la houe rotative et du sarcléur à rangs, en conjonction avec des pratiques préventives, permet un bon niveau de contrôle 2 années sur 3 environ. Certaines années, les populations de mauvaises herbes et les conditions climatiques sont telles qu'on observe une perte de contrôle. C'est dans l'optique de ces années que la ferme ETNA inc. a désiré se sécuriser en développant une machine qui serait en mesure de réduire les populations de mauvaises herbes particulièrement grosses, donc qui dépassent le soya, ce qu'aucun appareil actuel connu n'est en mesure de faire. La Ferme ETNA inc. a fabriqué artisanalement un appareil qui a pour fonction d'arracher les mauvaises herbes qui dépassent la culture, un peu comme on le ferait à la main, mais en utilisant des roues qui en tournant empoignent la mauvaise herbe et la déterre du sol. C'est un appareil qui est connecté sur le 3 points du tracteur et qui vise à maîtriser les mauvaises herbes des cultures en rangées, comme le soya ou le maïs. Il s'agit d'un concept inédit en production biologique au Québec.

La ferme ETNA inc. a expérimenté ce prototype en conditions réelles pendant l'été 2003 dans la culture du soya dans le but de contrer la moutarde, la mauvaise herbe dominante de la ferme. L'appareil a révélé un potentiel intéressant de destruction des mauvaises herbes lors de cet essai au champ, étant en mesure d'arracher des mauvaises herbes de 30 à 60 cm de hauteur, ce qui est inégalé par aucun autre appareil. Cependant, plusieurs paramètres demeuraient à préciser pour sécuriser le producteur dans sa démarche :

- 1) Quel est l'impact réel de l'arracheur sur le soya? Y a-t-il endommagement des plants? Y a-t-il gain ou perte de rendement?
- 2) Quel est le stade optimal de passage de l'arracheur en fonction du stade des mauvaises herbes?
- 3) Est-ce que le type de sol et l'humidité de celui-ci influencent l'efficacité de l'arracheur?
- 4) Est-ce que l'arracheur permet d'abaisser la banque de graines?
- 5) Est-ce que l'arracheur est efficace pour contrer n'importe quel niveau d'infestation de moutarde?
- 6) Y a-t-il des éléments mécaniques à améliorer pour l'efficacité de l'arracheur? (forme des roues, positionnement des roues, vitesse d'avancement, etc. ?)

Le projet qui se déroule sur deux ans visait à répondre à ces interrogations. Le présent rapport final détaille les deux années d'expérimentation réalisées en 2004 et en 2005. Ce rapport se veut davantage technique que scientifique. Il permet de fournir les pistes techniques nécessaires pour cerner l'efficacité actuelle de l'appareil.

2. DÉROULEMENT DU PROJET

Champs à l'essai : Les champs choisis sont gérés selon les principes de l'agriculture biologique. Le soya KG41 est utilisé dans tous les essais. Ce cultivar est caractérisé par son port non branchu. C'est dans cette optique que le présent rapport devra être interprété. Le soya est semé en rangs de 30 pouces d'espacement. Chaque essai permet de rencontrer diverses conditions de mauvaises herbes, de croissance du soya et de sol.

2004 :

Essai J1 sur la Ferme de Jacques Martel, St-Stanislas. Semis le 6 juin. Sol argileux.

Essai E1 sur la Ferme ETNA inc., La Pérade. Semis le 22 mai. Sol plutôt argileux.

Essai E2 sur la Ferme ETNA inc., La Pérade. Semis le 22 mai. Sol plutôt argileux.

Essai E3 sur la Ferme ETNA inc., La Pérade. Semis le 8 juin. Sol sableux.

Essai E4 sur la Ferme ETNA inc., La Pérade. Semis le 8 juin. Sol sableux.

2005

Essai J1 sur la Ferme de Jacques Martel, St-Stanislas. Semis le 20 mai. Sol argileux.

Essai E1 sur la Ferme ETNA inc., La Pérade. Semis le 25 mai. Sol plutôt argileux.

Essai E2 sur la Ferme ETNA inc., La Pérade. Semis le 25 mai. Sol plutôt argileux.

Essai E3 sur la Ferme ETNA inc., La Pérade. Semis le 1^e juin. Sol sableux.

Essai E4 sur la Ferme ETNA inc., La Pérade. Semis le 1^e juin. Sol sableux.

Dispositif expérimental : Chaque essai est constitué de 4 à 5 parcelles. Chaque parcelle mesure 3 rangs de largeur par 10 mètres de longueur. Une parcelle témoin enherbée sépare chaque traitement. Les traitements choisis varient selon les essais et visent à optimiser un ou plusieurs des facteurs suivants : hauteur de coupe, choix du moment de passage et vitesse de passage. Toutes les parcelles, passées à l'arracheur ou témoins, ont été sarclées avec les appareils de la ferme : peigne, houe, sarclours à rangs. Les parcelles à l'essai permettent donc de mesurer le bénéfice supplémentaire acquis par l'arracheur face au désherbage mécanique régulier de la ferme. Dans chaque parcelle, le rang central a été désherbé manuellement sur une longueur de 1 mètre immédiatement après passage de l'arracheur. C'est dans cette zone qu'est pris le rendement en octobre pour évaluer l'effet de l'arracheur sur le soya, sans tenir compte des mauvaises herbes. Juxtaposé à cette zone désherbée à la main, nous avons également pris des mesures sur une distance de 1 mètre dans la zone désherbée par l'arracheur pour évaluer son impact sur le soya en présence de mauvaises herbes.

Banque de graines : 20 échantillons pris le 5 juillet 2004 et en mai 2005 dans la zone de l'essai de chaque champ. Mise à germer la même journée dans une serre. Décompte et identification des mauvaises herbes 3 semaines plus tard.

Effet sur le soya : Décompte du nombre de plants coupés ou arrachés immédiatement après passage sur 1 mètre de rang dans le rang du centre en 2004. Étiquetage avant arrachage de certains plants pour voir l'effet sur le rendement en 2004 et 2005. Récolte du soya sur 1 mètre de longueur en octobre de chaque année.

Effet sur la mauvaise herbe : Décompte du nombre de plants coupés ou en fleurs immédiatement après passage sur 1 mètre de rang dans le rang du centre en 2004. Prise de la biomasse sèche des mauvaises herbes restantes dans la zone centrale sur 1 m de rang en août en 2004 et 2005.

3. RÉSULTATS OBTENUS et DIFFICULTÉS RENCONTRÉES

Conditions de mauvaises herbes

Les crucifères (moutardes et radis) dominaient les autres mauvaises herbes. Parmi les crucifères, il y avait de la moutarde sauvage, moutarde des oiseaux et radis sauvage.

En 2004, les fermes ETNA inc. et MARTEL avaient chacune une banque de graines de 64 moutardes par mètre carré. On peut estimer à 5 % la germination annuelle de la banque de graines, ce qui donnerait une densité au m² de 1280 moutardes par m² dans le sol. En 2005, la banque a été prise également, mais les essais ont été changés de champs ce qui entraîne que nous n'avons pas de résultats pour cette année.

Lors des essais, les mauvaises herbes ont causé une perte moyenne de rendement de 10 % (variation de 0 à 43 %), et cela en comparant un témoin enherbé avec un témoin désherbé. Concrètement, cela correspond à une perte financière potentielle d'environ 114 \$/ha (avec un rendement de 1630 kg/ha à 700 \$ la tonne) uniquement à cause des mauvaises herbes qui ont survécu aux sarclages de peigne, houe ou sarcleur à rangs. C'est justement la fonction de l'arracheur de pallier à ce manque de contrôle.

Fonctionnement de l'arracheur

Le but de l'arracheur est d'arracher la moutarde qui dépasse le soya. On abaisse les roues de l'arracheur au-dessus du soya de telle manière qu'en frottant elle arrache ou coupe les mauvaises herbes. Dans les faits, il les déracine ou il les coupe. L'effet déracinement est le plus recherché car il élimine la mauvaise herbe. Le déracinement dépend de la grosseur de la mauvaise herbe, de l'espèce et du type de sol.

Efficacité de contrôle des mauvaises herbes

L'arracheur a été confronté à des conditions variées de pressions de mauvaises herbes. La pression a été particulièrement forte en 2004 avec certaines parcelles qui ont subi des pertes de 43 % de rendement et des biomasses de mauvaises herbes de 800 à 1400 kg/ha. La pression était plus faible en 2005, avec des pertes potentielles de rendement de l'ordre de 10 % et une biomasse de mauvaises herbes variant entre 400 à 1000 kg/ha.

Le projet visait essentiellement le contrôle des moutardes. Cette mauvaise herbe a la particularité de s'élever momentanément au-dessus du soya au cours de sa croissance, soit lorsque le soya a environ 4 feuilles trifoliées, dans une plage de temps d'environ 1 semaine autour du 11 juillet.

L'efficacité de contrôle dépend de nombreux facteurs :

- 1) la sorte de moutarde. La moutarde des oiseaux est plus facile à arracher que la moutarde sauvage ou le radis sauvage;
- 2) le type de sol. Un sol sableux est presque essentiel pour faciliter l'arrachage. Nous n'avons jamais eu de bons résultats dans un sol argileux qui retient fortement la mauvaise herbe, surtout s'il est sec;
- 3) l'ajustement de l'arracheur. Les guides de l'arracheur doivent guider les mauvaises herbes vers le système d'arrachage. Ce n'était pas encore totalement au point dans ce projet, ce qui faisait qu'un certain nombre de mauvaises herbes échappaient sur les cotés. Le docteur Mohamed Khelifi de l'Université Laval a participé au projet et mentionne que l'ajustement et la configuration des guides est un élément-clé pour une bonne maîtrise des mauvaises herbes. D'autres facteurs d'importance sont la vitesse d'avancement qui doit être typiquement lente (moins de 2 km/h) et des roues qui frottent bien ensemble pour arracher sans couper;

- 4) le stade de croissance des mauvaises herbes. Idéalement, toute la population de moutarde doit être au-dessus du soya et ce, à une hauteur dépassant de 12 pouces le soya, sans que la moutarde ait dépassé le stade silique immature. Dans l'expérience E1 en 2004 par exemple, on a arraché 90 % des moutardes à la hauteur de coupe de 2 pouces alors qu'elles avaient de 14 à 36 pouces de hauteur et qu'elles étaient en fleurs (90 % dépassaient le soya). Six jours plus tard, on a refait l'expérience dans le même champ avec une hauteur de coupe de 2 pouces et le contrôle des mauvaises herbes était tombé à 70 %. La moutarde atteignait alors de 22 à 35 pouces de hauteur et on voyait des siliques immatures (100 % dépassaient le soya). Dans une autre expérience avec une hauteur de coupe de 3 pouces, le passage dans E3 en 2004 lorsque 100 % de la moutarde dépassait le soya avec 21 à 36 pouces de hauteur a permis de réduire les mauvaises herbes de 75 % alors que celles-ci avaient des siliques immatures. En comparaison, un passage dans J1 en 2004 lorsque que 70 % des mauvaises herbes dépassaient le soya avec une hauteur de 13 à 32 pouces et des siliques qui commençaient à gonfler a permis de contrôler seulement 37 % des mauvaises herbes en présence. Le timing est crucial!
- 5) Le nombre de mauvaises herbes lors de l'arrachage. Aussi étonnant que cela puisse sembler, il est plus facile de contrôler de plus fortes densités de mauvaises herbes que de plus faibles. En effet, si la population de mauvaises herbes est relativement faible comme en 2005, les mauvaises herbes non arrachées peuvent atteindre des dimensions considérables parce que la compétition a été enlevée. En 2004, l'arracheur a été plus efficace avec des populations de mauvaises herbes importantes. Cela fait dire au producteur Tessier : *il faut passer l'arracheur uniquement lorsqu'on est plus capable de distinguer les rangs à cause de la moutarde;*
- 6) La nécessité de tenir compte du soya. Comme nous le verrons au point suivant, celui-ci peut facilement être affecté par l'arracheur. De plus, les plants sont de hauteur variable dans un même champ, à peu de distance, ce qui complique l'ajustement de l'arracheur.

Les points précédents posent un défi de taille pour un contrôle efficace des moutardes, car tous ces facteurs doivent être optimaux simultanément pour espérer un contrôle efficace. Dans la réalité, cela arrive rarement. Cela s'est reflété dans le niveau de contrôle plutôt faible obtenu dans le projet. Globalement, l'arracheur a réduit la biomasse de mauvaises herbes de 41 % avec des variations importantes selon les années.

Effet sur le rendement du soya

Le minimum attendu de l'arracheur est de ne pas provoquer de perte de rendement ou mieux, l'augmenter. Nous avons constaté que ces objectifs sont généralement atteints si l'arracheur enlève 2 pouces ou moins de la tête de soya. On observe alors une variation de rendement de plus ou moins 10 % par rapport à un témoin. Des pertes importantes de rendement sont toujours observées si on enlève 4 pouces ou plus de la tête de soya (perte de 20 à 35 %). Le niveau 3 pouces penche parfois d'un côté, parfois de l'autre et représente donc un risque pour l'agriculteur.

Au cours du projet, nous avons cherché à comprendre plus exactement comment l'arracheur influençait le rendement de soya. Nous présentons un croquis d'un plant typique de soya lors de l'arrachage à l'annexe C. Il a 15 pouces de hauteur, 4 feuilles trifoliées et un point de croissance à 2 ou 3 pouces de l'extrémité du soya. La feuille supérieure dépasse le point de croissance et la 2^e feuille trifoliée est sensiblement au même niveau que celui-ci.

Nous avons commencé à étiqueter individuellement des plants en 2004 et avons amplifié l'étiquetage en 2005. L'étiquetage est fait juste avant l'arrachage et le plant étiqueté est examiné par la suite. Nous avons constaté que le nombre de feuilles (folioles) arrachées avait un impact majeur sur le rendement, mais non pas la destruction du point de croissance par l'arracheur. Pour des plants avec 4 ou 5 feuilles trifoliées, tout arrachage qui détruit plus de 1 feuille réduira sensiblement le rendement de soya (de 35 à 50 %). Un simple effleurement du soya (aucun arrachage mais les roues frottent sur les plants) ne provoque aucune baisse de rendement. Plus étonnant encore, nous avons observé deux années de suite que l'arrachage de 1 foliole à 1 feuille trifolié de soya entraînait une augmentation de rendement de l'ordre de 38 %. On sait que le soya a une forte capacité de compensation. En désherbage mécanique avec la houe rotative, il est prouvé que le soya peut perdre 10 % de sa population sans subir de perte de rendement. Les plants survivants compensent les plants manquants. Dans l'orge, un passage de peigne ou de rouleau au tallage provoque souvent un léger gain de rendement. Peut-être que le stress de la feuille enlevée stimule la croissance du soya mais cela devra être confirmée par des études scientifiques plus poussées.

Toutes les données précédentes nous montrent bien l'importance de l'intensité de l'arrachage sur le rendement du soya. Arracher 1 feuille comparé à 2 feuilles représente en effet une différence de rendement de 70 %, soit une perte de 35 % avec 2 feuilles et un gain de 35 % avec 1 feuille. Malheureusement, les plants dans un champ ne sont pas tous égaux quant à leur nombre de feuille, leur hauteur, leur vigueur. Il y aura inévitablement des plants qui seront plus arrachés et d'autres qui ne seront même pas touchés par l'arracheur. C'est un élément difficilement contrôlable par le producteur et le peu qu'il puisse faire est d'assurer la meilleure qualité de semis possible pour diminuer les variations de croissance. Il doit aussi s'assurer de la plus grande uniformité possible des conditions de croissance du champ.

Efficacité globale de l'arracheur à l'optimum

La prochaine discussion tient compte seulement des passages optimaux de l'arracheur. Nous avons défini dans ce projet que l'optimal se situait à une hauteur de coupe de 1-2 pouces, c'est à dire que l'arracheur enlevait entre 1 à 2 pouces de la partie supérieure de soya. Six essais répondaient à ce critère (4 en 2004 et 2 en 2005). Le tableau 1 résume l'efficacité de l'arracheur dans ces conditions optimales.

Tableau 1. Efficacité de l'arracheur. Basé sur les 6 essais optimaux sur le soya (1-2 pouces d'arrachage) en 2004 et 2005.

Paramètre	Témoin enherbé	Arracheur (1-2 pouces arrachés)
Rendement (kg/ha)	1630	1730
Biomasse mauvaises herbes (kg/ha)	935	546
Graines mauvaises herbes produites par ha	9 millions	5 millions
Valeur récolte (700 \$/tonne)	1141	1211
Coût passage (\$/ha)	0	68
Perte l'an prochain dû à l'augmentation de la banque de graines (\$/ha)	62	26
Valeur associée à une récolte plus facile (20 \$/tonne)	0	35
Rentabilité (\$/ha)	1079	1152

Globalement, l'arracheur a permis d'augmenter le rendement de 6 % par rapport à un témoin enherbé. Il est important de comprendre que le témoin enherbé est en tout point identique aux parcelles de l'arracheur, dans le sens qu'elle a reçu les mêmes sarclages (peigne, houe, sarcleur à rangs) que la parcelle d'arracheur. Le gain de rendement réel de l'arracheur est donc de 6 % ou de 100 kg/ha. Voilà un point positif, quoique modeste.

L'arracheur a également permis de réduire de 41 % en moyenne la biomasse des mauvaises herbes. Le niveau de contrôle est cependant très variable selon les années, atteignant 66 % en 2004 (plus de population de mauvaises herbes) et de 0 % en 2005 (moins de population de mauvaises herbes). Il en résulte que l'arracheur sera un outil d'appoint et d'urgence, qui sera utilisé que certaines années. À mon avis, le niveau de contrôle devrait atteindre 75 % pour avoir un impact significatif.

Même si ce paramètre est difficile à déterminer, nous estimons que 4 millions de graines de moutardes de moins par année et par hectare ont été produites dans les parcelles de l'arracheur. Cela correspond à l'assomption que chaque moutarde produit 100 graines et qu'il y a environ 7 plants de moutarde par mètre linéaire dans le témoin. Pour estimer l'impact sur le rendement sur l'année suivante, nous avons utilisé les approximations suivantes :

- 1) Si on estime une banque de graines initiales de 1280 graines de moutarde par m² et qu'il y a une germination de 5 % des graines à chaque année, on évalue qu'il y avait une germination de 64 graines de moutardes par année par m² au début du projet.
- 2) Un an plus tard, en supposant l'apport de la biomasse nouvelle des mauvaises herbes, la germination aurait été de 105 graines/m² dans le témoin et de 85 graines/m² avec l'arracheur.

- 3) Si 64 graines/m² ont produit 935 kg de mauvaises herbes par ha dans le témoin, il y en aura 1533 kg avec 105 graines/m². Dans l'arracheur, si 64 graines/m² ont produit 546 kg de mauvaises herbes par ha dans le témoin, il y en aura 725 kg avec 85 graines/m².
- 4) A partir des données de ce projet, on peut supposer que 935 kg de mauvaises herbes causent une perte de 10 % du rendement. On peut s'attendre à une perte de rendement de 16,4 % l'année suivante dans le témoin, et de 7,8 % avec l'arracheur. Cela nous donne des pertes de rendement de 89 kg/ha dans le témoin enherbé et de 37 kg/ha avec l'arracheur. Il y aurait donc un gain économique de 36 \$/ha l'année suivante en utilisant l'arracheur.

Le coût de passage est estimé à 68 \$/ha. Cela correspond à des coûts variables de 65 \$/ha et des coûts fixes de 3 \$/ha pour un sarcler de 3 rangs. Détails du calcul : l'arracheur à 3 rangs était passé à 1,8 km/h, soit une durée de 2,42 heures pour sarcler 1 hectare. Si on évalue le temps de travail à 12 \$/h et à 15 \$/h pour le tracteur, on arrive à 65,34 \$ pour sarcler 1 hectare. Si le coût du sarcler est de 3000 \$ fait maison et que sa durée de vie est de 1000 ha, le passage revient à 3 \$ de l'hectare.

Finalement, on estime un certain gain économique en raison de la facilité de la récolte. Un soya déclassé subit une décote de 100 \$ la tonne. Si cela survient à tous les 5 ans, cela revient à une perte annuelle de 20 \$/tonne.

Globalement, l'arracheur a donc permis un gain de rentabilité de 73 \$/ha par rapport à un témoin enherbé. C'est bien entendu une somme approximative mais qui est plausiblement assez réaliste.

4. REGARD SUR L'AVENIR

La version expérimentale de l'arracheur permet un gain économique de 73 \$/ha, un rendement accru de 6 % et 41 % moins de mauvaises herbes lorsque utilisé de façon optimale, c'est-à-dire lorsqu'il arrache entre 1 à 2 pouces de soya. Voilà, je pense, des chiffres assez éloquentes pour poursuivre les essais entourant ce principe de contrôle biologique. Il faudrait améliorer l'arracheur pour obtenir une destruction minimale de 75 % des mauvaises herbes. Cela réduirait peut-être à zéro l'effet sur la banque de graines l'année suivante et augmenterait l'impact sur le rendement l'année en cours.

Après discussion avec les agriculteurs Tessier et Martel, le professeur Mohamed Khelifi et l'agronome Yvon Douville, les pistes d'amélioration les plus plausibles pourraient être les suivantes :

- 1) exploiter le fait que l'arracheur augmente le rendement lorsqu'il arrache moins de 1 feuille trifoliée;
- 2) augmenter la vitesse de passage et/ou la largeur de l'appareil;
- 3) augmenter la performance des guides;
- 4) améliorer les roues arracheuses;
- 5) empêcher les mauvaises herbes de pencher avant d'entrer dans les roues arracheuses.

5. BIENS LIVRÉS

Janvier 2005 : rapport d'étape

Mars 2005 : conférence de vulgarisation prononcée devant des agriculteurs et conseillers

Décembre 2005 : rapport final

Décembre 2005 : distribution du croquis de l'arracheur sur AGRI-RÉSEAU (le croquis a été aimablement réalisé par les élèves du professeur Khelifi de l'Université Laval)

6. RAPPORT FINANCIER DU PROJET

Dépenses au 15 décembre 2005 de l'aide accordée

<i>Poste</i>	<i>Budgété</i>	<i>Réel</i>
<i>Honoraires professionnels</i>	<i>16 250</i>	<i>16250</i>
<i>Déplacements</i>	<i>3402</i>	<i>3402</i>
<i>Analyse et matériels</i>	<i>1300</i>	<i>1300</i>
	<i>20952</i>	<i>20952</i>

Les producteurs ont fourni une somme de 11 775 \$ en temps, machinerie, soudage, parcelles dans la réalisation du projet, ce qui correspond à ce qui avait été budgété.

ANNEXE A : Résultats obtenus en 2004

2004 : Rendement et niveau de contrôle des mauvaises herbes.

Le tableau qui suit exprime l'efficacité agronomique de l'arracheur selon différentes hauteurs de coupe. Une coupe à zéro pouce indique que le point de contact des roues d'arrachage était situé à l'extrémité supérieure du plant de soya. Une coupe à 6 pouces indique que le point de contact des roues d'arrachage était situé 6 pouces plus bas que l'extrémité supérieure du plant de soya (6 pouces du plant était théoriquement arrachés ou coupés).

			Hauteur du soya arraché (en pouces)					
		Témoin	0	1	2	3	4	6
E1	Rendement (kg/1mètre linéaire)	0,09	0,07		0,09	0,12		
	Biomasse mauvaises herbes (kg sur 1 mètre linéaire)	0,09	0,08		0,01	0,01		
E2	Rendement (kg/1 mètre linéaire)	0,08		0,07	0,06			
	Biomasse mauvaises herbes (kg sur 1 mètre linéaire)	0,065		0,07	0,02			
E3	Rendement (kg/1 mètre linéaire)	0,22			0,25	0,18		
	Biomasse mauvaises herbes (kg sur 1 mètre linéaire)	0,065			0,0	0,01		
E4	Rendement (kg/1 mètre linéaire)	0,25	0,19				0,18	0,14
	Biomasse mauvaises herbes (kg sur 1 mètre linéaire)	0,07	0,04				0,04	0,0
J1	Rendement (kg/1 mètre linéaire)	0,16				0,16	0,13	0,09
	Biomasse mauvaises herbes (kg sur 1 mètre linéaire)	0,11				0,07	0,10	0,08

2004 : Étude sur le nombre de feuilles restantes et les caractéristiques de rendement

L'impact sur le rendement dépend du nombre de feuilles qui restent après le passage de l'arracheur. L'essai E4 est l'essai principal pour répondre à cette question. L'arracheur est passé le 22 juillet 2004 lorsque le soya a 18 pouces de hauteur et qu'il a 5 feuilles trifoliées. Il est en fleurs à ce moment. L'appareil est passé à une hauteur de coupe de 12 pouces, c'est-à-dire qu'il enlève en théorie 6 pouces de croissance du soya. Nous avons étiqueté plusieurs plants en comptant le nombre de feuilles qui restaient sur le plant le 22 juillet. Puis nous avons évalué ces plants le 13 octobre. Dans la réalité, les plants de soya sont diversement affectés par l'arracheur : parfois il ne reste plus aucune feuille, parfois il en reste 4.

Un passage qui ne laisse aucune feuille sur le plant en juillet réduit le rendement de 100 % par rapport à un témoin en octobre.

Un passage qui laisse de 2 à 3 feuilles sur le plant en juillet diminue le rendement d'environ 50 % par rapport à un témoin en octobre. La perte de rendement est causée par des pois plus petits, plus légers, moins nombreux et moins de gousses.

Nous avons eu la surprise de constater un gain de rendement de 100 % avec le plant qui avait 4 feuilles après le passage de l'arracheur. Ce gain est causé par un nombre de gousses deux fois plus grand que le témoin et plus de pois par gousse.

Il faut noter qu'il est difficile d'ajuster l'arracheur afin d'obtenir un nombre précis de feuilles arrachées. Dans la même parcelle de E4, un passage de l'arracheur à une hauteur de 12 pouces dans du soya de 18 pouces a laissé entre 0 à 5 feuilles sur le plant, mais avec une moyenne de 2 feuilles. Il a donc entraîné une perte de rendement de 50 % en moyenne.

Essai E4. Toutes les mesures sont prises le 13 octobre 2004

Nombre de feuilles restantes après passage le 22 juillet	Hauteur du plant (pouces)	Nombre gousses	Nombre de branches	Nombre de pois	Masse des pois (g)	Nombre de pois par gousse	Poids d'un pois (mg)
0	10	3	1	3	0	1	0
2	18	13	2 à 3	34	6	2,6	176
3	23	14	1	33	5	2,4	151
4	25	32	2	88	20	2,8	227
Plants témoins sans passage de l'arracheur	32	17	1	35	10	2,0	285

ANNEXE B : résultats obtenus en 2005

Résultats plants étiquetés

Après la première année d'essais en 2004, il avait été décidé avec les producteurs d'augmenter le nombre de plants portant une étiquette permanente. Cela nous permet de suivre chaque plant individuellement. À cet effet, nous avons étiqueté au-delà de 125 plants en 2005.

Bien que l'étiquetage présente une avenue intéressante, la nature même de l'expérience, qui entraîne une coupe de plants de formes et de grandeurs différentes, complique l'obtention d'un nombre élevé de réplicats présentant les mêmes caractéristiques. Ainsi, par exemple, sur 10 plants de soya avec 4 feuilles avant passage, 4 peuvent avoir 3 feuilles après passage, 3 avoir 2 feuilles, 3 avec 1 feuille et 1 avec aucune feuille. Cela représente une simplification, car il y d'autres ramifications : le point de croissance peut être arraché ou non et le nombre de feuilles se subdivise en nombre de folioles restantes.

Pour les fins de discussion, j'ai décidé d'utiliser un principe à deux vitesses basé sur la qualité de l'évidence. La meilleure évidence sera considérée dans ce rapport comme étant un essai comportant un témoin désherbé avec 4 feuilles de soya et un traitement comportant après passage au moins 3 plants présentant des caractéristiques semblables. 4 essais répondent à ce critère. Par la suite, j'utiliserai tous les autres résultats pour contre-vérifier les résultats obtenus selon le principe de la meilleure évidence. Par exemple, des essais sans témoin désherbé, avec moins de 3 plants semblables ou qui présentent un nombre de feuilles différent de 4 avant passage de la machine, seront considérés comme une évidence de seconde main.

2005 : Meilleures évidences des effets de l'arracheur sur les plants de soya étiquetés.

<i>Essai</i>	<i>Témoin désherbé à la main sans aucun passage de l'arracheur</i>	<i>Arracheur : effet sur le nombre de feuilles</i>	<i>Arracheur : effet sur point croissance</i>	<i>Gain ou perte de rendement de l'arracheur par rapport au témoin</i>
<i>E1 - A</i>	<i>4 feuilles</i>	<i>N'arrache aucune feuille</i>	<i>Intact</i>	<i>Perte de 2 %</i>
<i>E1 - B</i>	<i>4 feuilles</i>	<i>Arrache 1 à 3 folioles</i>	<i>Intact</i>	<i>Gain de 38 %</i>
<i>E4</i>	<i>4 feuilles</i>	<i>Arrache de 1 à 2 feuilles</i>	<i>Intact</i>	<i>Perte de 42 %</i>
<i>E2 - A</i>	<i>4 feuilles</i>	<i>Arrache 2 feuilles</i>	<i>mort</i>	<i>Perte de 36 %</i>

Ce tableau est très important pour comprendre les effets de l'arracheur sur les plants de soya. On y apprend que :

- 1) le simple fait de passer l'arracheur sur les plants sans les défolier ne provoque aucune perte de rendement (moins de 2 %). Cette information est importante car des feuilles peuvent passer dans l'appareil sans être arrachées dans les roues arracheuses, étant potentiellement meurtries, sans cependant que le plant en subisse une perte de rendement. En contrepartie, l'information de seconde main de E4 indique une perte de 18 % dans les mêmes conditions.

- 2) Il y a un gain de rendement observé si l'arrachage des feuilles est léger (1 à 3 folioles) et que le point de croissance n'est pas enlevé. Ce gain était de 38 % dans l'essai E1-B. Rien n'indique la raison d'une telle réaction. Certaines plantes cultivées réagissent positivement à une action apparemment destructrice, comme le blé qui est sarclé ou roulé. Si on considère l'évidence de seconde main, l'essai J1 indique également un gain de 19 % dans les mêmes conditions, alors que E4 indique une perte de 5 %.
- 3) Il y a une perte de 36 à 42 % dès que l'arracheur arrache de 1,33 à 2 feuilles. L'ampleur de la perte est sensiblement la même, que le point de croissance soit ou non détruit par l'arracheur. L'évidence de seconde main de E1-B indique une perte de 13 % dans les mêmes conditions. E2 – B indique pour sa part une réduction de 37 %.
- 4) Finalement, un certain nombre de plants donnent une indication de l'impact sur le rendement d'un arrachage encore plus sévère. Si l'arracheur arrache 2 à 3 feuilles, la perte de rendement est de 13 % pour E1-B, de 44 % pour E2-B et de 73 % pour E4, pour une moyenne de 43 %. Le point de croissance a peu d'impact sur les résultats.

Cette portion du projet est très importante car elle situe assez précisément le niveau de sécurité de passage de la machine en regard du soja. En voici un tableau résumé en considérant un passage dans un soja KG41 qui a 4 feuilles trifoliées:

<i>Passage</i>	<i>Perte de rendement plausible</i>	<i>Perte extrême</i>	<i>Caractérisation du passage</i>
<i>N'arrache aucune feuille</i>	<i>2%</i>	<i>19%</i>	<i>sécuritaire</i>
<i>Arrache 1 feuille ou moins</i>	<i>Gain de 38 %</i>	<i>5%</i>	<i>optimale</i>
<i>Arrache 1,33 à 2 feuilles</i>	<i>37%</i>	<i>42%</i>	<i>destructeur</i>
<i>Arrache 2,33 à 3 feuilles</i>	<i>inconnu</i>	<i>13 à 73 %</i>	<i>destructeur</i>

Il est à noter que le point de croissance n'est probablement pas d'une considération aussi importante qu'on l'avait cru au premier abord.

2005 : Résultats parcelles

<i>Essai</i>	<i>Traitement</i>	<i>Ajustement arracheur</i>	<i>Soya lors de l'arrachage</i>	<i>Moutarde lors de l'arrachage</i>	<i>Biomasse moutardes (mi-août) kg/ha</i>	<i>Rendement soya kg/ha</i>
E1 - A	<i>Témoin enherbé</i>				442	1585
	<i>Témoin dés herbé</i>					1729
	<i>Arracheur enherbé</i>	<i>Coupe à 12 po 12 juillet (coupe 0 po)</i>	<i>4 feuilles, 12 po</i>	<i>20 po. Fleurs, siliques immatures</i>	982	1900
	<i>Arracheur dés herbé</i>					2292
E2 - A	<i>Témoin enherbé</i>				982	Absent
	<i>Témoin dés herbé</i>					2056
	<i>Arracheur enherbé</i>	<i>Coupe à 10 po 12 juillet (coupe 4 po)</i>	<i>4 feuilles, 14 po</i>	<i>20 po Fleurs, siliques immatures</i>	786	1218
	<i>Arracheur dés herbé</i>					1637
E1 - B	<i>Témoin enherbé</i>				982	1736
	<i>Témoin dés herbé</i>					1873
	<i>Arracheur enherbé</i>	<i>Coupe à 13 po 12 juillet (coupe 2 po)</i>	<i>4 feuilles, 15 po</i>	<i>20 po Fleurs, siliques immatures</i>	1179	1552
	<i>Arracheur dés herbé</i>					1729
E2 - B	<i>Témoin enherbé</i>				851	absent
	<i>Témoin dés herbé</i>					2056
	<i>Arracheur enherbé</i>	<i>Coupe à 12 po 12 juillet (coupe 2 po)</i>	<i>4 feuilles, 15 po</i>	<i>20 po Fleurs, siliques immatures</i>	786	1218
	<i>Arracheur dés herbé</i>					1441
E3	<i>Témoin enherbé</i>				884	1873
	<i>Témoin dés herbé</i>					2659
	<i>Arracheur enherbé</i>	<i>Coupe à 15 po 14 juillet (coupe 2 po)</i>	<i>4 feuilles, 17 po</i>	<i>24 po Fleurs, siliques immatures</i>	786	2659
	<i>Arracheur dés herbé</i>					2659

<i>Essai</i>	<i>Traitement</i>	<i>Ajustement arracheur</i>	<i>Soya lors de l'arrachage</i>	<i>Moutarde lors de l'arrachage</i>	<i>Biomasse moutardes (mi-août) kg/ha</i>	<i>Rendement soya kg/ha</i>
E4	Témoin enherbé				884	Résultats aberrants
	Témoin dés herbé					2620
	Arracheur enherbé	Coupe à 17 po 14 juillet (coupe 0 po)	4 feuilles, 17 po	24 po Fleurs, siliques immatures	884	2567
	Arracheur dés herbé					2004

2005 : Discussion

En 2005, nous avons réalisé 7 essais comparatifs de rendement et d'effet sur les mauvaises herbes. Les 6 essais réalisés sur la ferme ETNA inc. sont reportés dans le tableau qui suit. L'essai réalisé sur la ferme Jacques Martel a dû être annulé pour deux raisons : 1) absence de mauvaises herbes et 2) récolte accidentelle des parcelles avant échantillonnage. Chez ETNA inc., deux parcelles ont été moissonnées par erreur et une autre parcelle montrait des résultats aberrants.

Pour les 6 essais de la Ferme ETNA inc., la pression exercée par les diverses moutardes peut être qualifiée de moyenne à élevée (442 à 982 kg par ha). Globalement, les mauvaises herbes ont fait perdre 10 % de rendement cette année si aucune mesure de contrôle n'était effectuée. Les mauvaises herbes étaient typiquement en fleurs et portaient des siliques immatures lors des passages.

Les essais se distinguent de la manière suivante :

- 1) E2 a une hauteur de coupe de 3 pouces en comparaison de E1 qui a un différentiel de 0 à 2 pouces. L'essai se fait en sol sableux.
- 2) E3 a une hauteur de coupe de 2 pouces en comparaison de E4 avec 0 pouce. L'essai se fait en sol argileux.

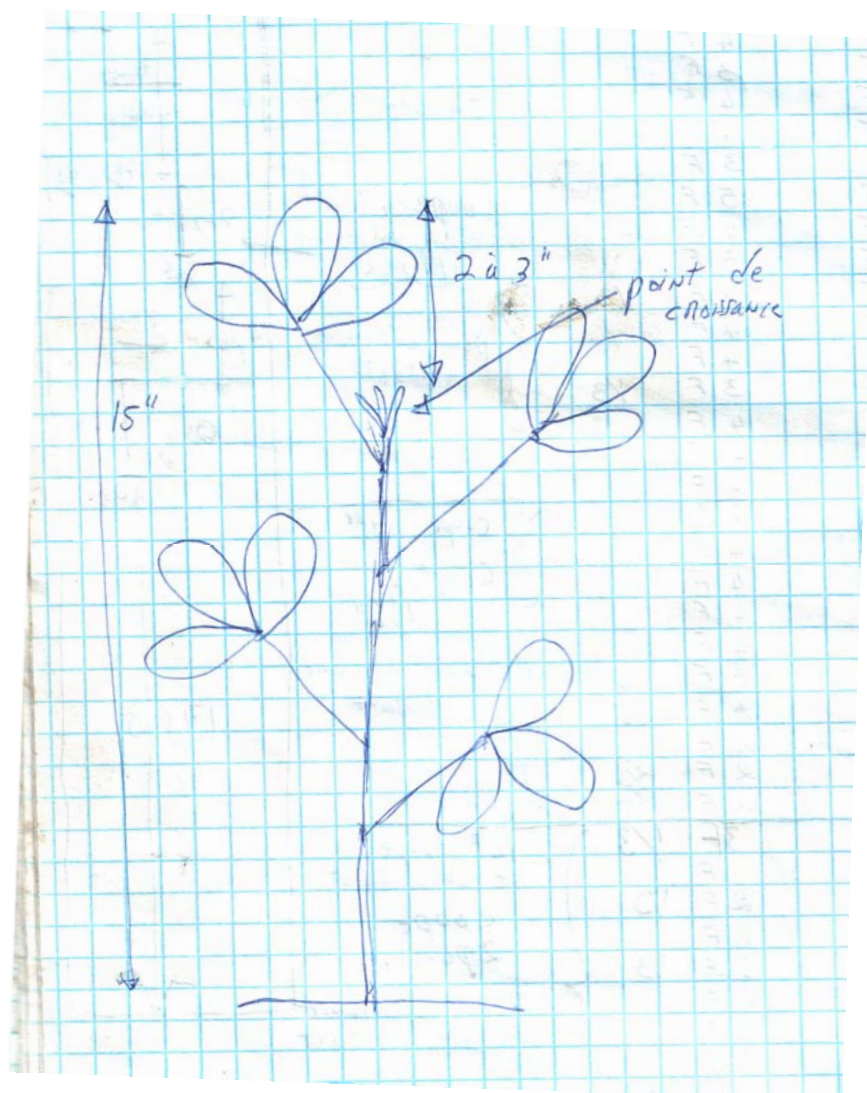
En 2005, l'arracheur n'a pas permis de réduire de façon marquée la biomasse des mauvaises herbes en août, et ce, dans tous les essais. Cela surprend au premier abord car il était évident lors des passages en mi-juillet que beaucoup de mauvaises herbes étaient arrachées. Cela étonne d'autant plus que certains passages comme E2 étaient très agressifs. Il semble que les mauvaises herbes qui ont survécu ont repris le terrain perdu en à peine 1 mois.

Si on examine le rendement maintenant, une comparaison intéressante à faire est celle entre le témoin enherbé et l'arracheur enherbé. Cette comparaison nous donne la performance globale de la machine (tenant compte de l'impact de la machine sur les mauvaises herbes et le soya) en la contrastant avec une parcelle qui n'aurait reçu aucun passage de la machine. On constate un gain de 20 % de rendement à une coupe de 0 po. (E1 – A), un gain de 42 % à une coupe de 2 po. (E3) et une perte de 10 % avec un différentiel 3 (E2 – A).

Une autre comparaison consiste à comparer le traitement machine dés herbée à la main avec un témoin dés herbé à la main qui n'a pas reçu de passage. Ici, seul l'impact de l'arracheur sur le soya est pris en compte, les parcelles étant dés herbé à la main. Les résultats sont très variables : perte de 23 % (E4) à gain de 33 % pour différentiel 0, perte de 0 % (E4) à 20 % (E1 - B) à différentiel 2 et perte de 8 (E2 – A) à 30 % (E2-B) à coupe de 3 po.

ANNEXE C : morphologie d'un plant de soya

Le croquis qui suit a été réalisé par Yvon Douville, agronome. Il schématise un plant typique de soya lors du passage de l'arracheur.



ANNEXE D : Croquis de l'arracheur

