

## FICHE SYNTHÈSE

# Évaluation du robot Oz dans le maïs sucré biologique

## INTRODUCTION

La robotisation autonome du désherbage des cultures maraîchères est une nouvelle stratégie de lutte contre les mauvaises herbes qui est apparue récemment au Québec avec l'arrivée du robot Oz de la compagnie française Naïo technologies. Le robot fonctionne à l'aide de batteries rechargeables pouvant atteindre 8 h d'autonomie. Sa vitesse maximum de déplacement est 1,8 km/h. Il se déplace de façon autonome grâce à son système de guidage GPS RTK. Il suffit de générer une carte de navigation en fixant l'antenne du robot sur le semoir durant l'opération au champ. Une fois la carte créée, elle est transmise au robot qui l'utilisera tout au long de la saison pour s'orienter et désherber la culture.



De petite taille, Oz mesure 47 cm de large avec une hauteur de 83 cm, une longueur de 1,3 m (sans les outils de binage) et pèse 150 kg.

## OBJECTIFS

Le projet propose d'adapter cette nouvelle technologie dans le maïs sucré en contexte québécois d'agriculture biologique. Les objectifs spécifiques sont de tester le robot Oz et ses outils de sarclage et d'évaluer leurs impacts sur la répression des mauvaises herbes, le temps de désherbage et le rendement du maïs sucré ainsi que d'établir la performance économique du désherbage robotisé comparé à trois autres moyens pour désherber, soit avec la houe maraîchère, le tracteur ou manuellement.

## MÉTHODOLOGIE

Le désherbage dans le maïs sucré a été évalué pendant deux ans au site de la Plateforme d'innovation en agriculture biologique à Saint-Bruno-de-Montarville. En 2020, le type de sol était un sable loameux Aston (pH : 6,4; P : 508 kg/ha; K : 397 kg/ha; 4,1 % de matière organique) alors qu'en 2021, le sol était un loam sableux Massueville (pH : 6,8; P : 439 kg/ha; K : 322 kg/ha; 3,7 % de matière organique). Il a été fertilisé le 16 juin 2020 et le 8 juin 2021 avec respectivement, 3 500 et 3 723 kg/ha d'Acti-Sol (4,7-1,4-2,3) incorporés le même jour avec un vibroculteur. Le maïs, cv. Sweetness F1 NT (non traité), a été semé le 16 juin 2020 et le 9 juin 2021 aux taux respectifs de 74 342 et 82 236 graines/ha (en fonction du taux de germination) à une profondeur de 3,8 cm à l'aide d'un semoir à maïs John Deere MaxEmerge 2 7200 dont les rangs étaient espacés de 76 cm.



Houe maraîchère



Tracteur porte-outil

Avant de débiter les traitements de désherbage dans le maïs sucré, un passage hâtif de la houe rotative Yetter a été réalisé dans toutes les parcelles le 19 juin 2020 (stade allumette) à 15 km/h et le 18 juin 2021 (stade 1 feuille) à 10 km/h. Par la suite, le maïs sucré a été sarclé trois fois avec les outils en évaluation.

Le dispositif expérimental était en bloc aléatoire complet avec 4 traitements et 4 répétitions. Au total, il y avait 16 parcelles de 3 m x 10 m de long. Chacune des parcelles était composée de quatre rangs de culture. Les traitements incluaient l'évaluation de 3 porte-outils soit le robot Oz de Naïo, la houe maraîchère Terrateck et le tracteur porte-outils Mazzotti avec une barre d'outils K.U.L.T. et un témoin désherbé manuellement à l'aide d'un sarcloir oscillant ou d'une binette. À chaque désherbage, les outils de sarclage fixés sur le robot, la houe ou le sarcler tracté étaient similaires. Tous les désherbages mécaniques et manuels ont été chronométrés. Le tracteur roulait à 10 km/ha avec la herse étrille et à 5 km/h lors des passages avec les autres outils. Le robot se déplaçait à 1,4 km/h en 2020 et à 1,8 km/h en 2021. Les traitements de désherbage étaient déclenchés lorsque les mauvaises herbes avaient 2 feuilles et moins. Les dates et les outils de désherbage sont décrits au tableau 1. Afin de diminuer la pression des mauvaises herbes qui avaient nouvellement levé ou échappé aux traitements, un désherbage manuel a été réalisé dans l'ensemble des parcelles expérimentales le 31 juillet 2020 et le 13 juillet 2021.

L'efficacité de chaque désherbage a été déterminée en dénombrant les espèces de mauvaises herbes et leurs stades avant et après chaque passage des outils, dans deux quadrats permanents délimités par des drapeaux et placés



Herse étrille

Doigts de binage

Brosse de buttage

aléatoirement sur un des deux rangs du milieu et entre ces deux rangs. Les mauvaises herbes des deux quadrats ont été échantillonnées le 28 juillet 2020 et le 19 juillet 2021. Toutes les plantules ont été identifiées, comptées, coupées au ras le sol, déposées dans des sacs identifiés, mises au séchoir à 90°C jusqu'à l'obtention d'un poids constant et pesées pour déterminer leur biomasse sèche.

La récolte du maïs sucré a été réalisée le 17 août 2020 et le 16 août 2021 sur 8 m linéaires incluant les deux rangs du centre (2 x 4 m) et laissant un rang de garde de chaque côté et au moins 1 m à chaque extrémité de la parcelle. Le peuplement du maïs a également été dénombré dans ces zones. Tous les épis dans les zones de récolte ont été prélevés. Ceux de moins de 3 cm de diamètre ont été exclus. Tous les autres épis ont été épluchés, comptés et pesés par catégorie commercialisable ou non commercialisable (immature, mauvaise pollinisation, présence de charbon, présence de dégâts d'insectes ou de malformations). Dix épis vendables par parcelle ont été prélevés aléatoirement afin de mesurer leur longueur ainsi que leur diamètre.

Au niveau statistique, les données ont été soumises à une analyse de variance en utilisant le logiciel SAS. Les traitements ont été comparés à l'aide du test de la plus petite différence significative (LSD) au seuil de 0,05.

Tableau 1. Description des traitements de désherbage en 2020 et 2021.

TRAITEMENTS	ZONE DÉSHÉRBEÉ DU RANG	DÉSHÉRBAGES DU MAÏS SUCRÉ					
		HERSE ÉTRILLE		DOIGTS DE BINAGE		RENCHAUSSAGE	
		2 JUILLET 2020	22 JUIN 2021	9 JUILLET 2020	30 JUIN 2021	15 JUILLET 2020	19 JUILLET 2021
		4 feuilles	3 feuilles	6-7 feuilles	5 feuilles	7-8 f. élévation	8-9 f. élévation
HOUE	SUR	Herse étrille Two Bad Cat	Herse étrille Terrateck	Doigts de binage + lames en L Terrateck	Doigts de binage + préci-disques Terrateck	Soc butteur de 20 cm Terrateck chaque côté du rang	
	ENTRE			Lame en T de 30 cm Terrateck (2 <sup>e</sup> passage)		Lame en T de 30 cm Terrateck (2 <sup>e</sup> passage)	
ROBOT	SUR	Herse étrille haute Naïo (2 rangées de 3 tiges)		Doigts de binage de 25 cm K.U.L.T.		2 brosses de buttage + 2 dents droites à l'avant Naïo	
	ENTRE	3 socs à patte d'oie Naïo	2 herses étrilles basses Naïo (9 tiges)	3 socs à patte d'oie Naïo		1 soc à patte d'oie Naïo	
TRACTEUR	SUR	Herse étrille Hatzenbichler		Doigts de binage de 29 cm K.U.L.T.		Disques de 25 cm K.U.L.T.	
	ENTRE			Lames à angle + socs à patte d'oie K.U.L.T.		Lames à angle + socs patte d'oie K.U.L.T.	
TÉMOIN MANUEL	SUR	Sarcloir oscillant		Sarcloir oscillant		Binette pour renchausser	
	ENTRE						

# RÉSULTATS

**Répression des mauvaises herbes.** En 2020, lors du premier désherbage à l'aide de herse étrilles, le robot a réprimé entre les rangs 85 % des mauvaises herbes, une répression significativement plus élevée que celle mesurée avec la houe maraîchère et le tracteur (tableau 2). Sur le rang, le robot a significativement mieux réprimé les mauvaises herbes que la houe maraîchère. En 2021, la répression des mauvaises herbes entre les rangs du maïs sucré était similaire pour la houe, le robot et le tracteur alors que sur le rang, la houe a significativement moins bien performé que les autres traitements. Au deuxième désherbage en 2020, la répression des mauvaises herbes entre les rangs avec le robot était semblable à celle avec le tracteur, mais plus faible qu'avec la houe maraîchère bien que les différences ne soient significatives. Aucune différence significative n'a été notée sur le rang entre la répression des mauvaises herbes par les doigts de binage de la houe, du robot et du tracteur. En 2021, la répression était similaire entre les traitements. Cependant, la houe avait tendance à moins bien désherber sur le rang que les autres outils. Au troisième désherbage en 2020, le robot a réprimé plus de 90 % des mauvaises herbes entre les rangs, une répression légèrement plus faible que les autres traitements. La répression sur les rangs avec les outils de renchaussage était similaire entre les traitements. Cependant, la répression avec la houe était significativement plus faible que le témoin manuel. En 2021, le robot a significativement moins bien performé que les autres traitements.

Tableau 2. Répression des mauvaises herbes en 2020 et 2021.

Date	Zone évaluée	Traitements <sup>1</sup>	Désherbages							
			1 <sup>er</sup>		2 <sup>e</sup>		3 <sup>e</sup>			
			LSD <sup>2</sup>	±SE <sup>3</sup>	LSD	±SE	LSD	±SE		
							% de répression			
3 JUIL 2020	ENTRE	HOUE	25,1 c	5,7	95,6 a	1,6	98,8 a	1,2		
		ROBOT	85,2 a	6,6	74,7 ab	10,2	90,7 b	4,0		
		TRACTEUR	50,9 b	5,3	68,1 b	7,0	98,0 a	0,7		
		TM	98,6 a	0,8	93,8 a	6,3	99,5 a	0,5		
		Anova <sup>4</sup>	**		*		*			
	SUR	HOUE	10,7 c	10,7	40,4 b	12,2	84,1 b	5,5		
		ROBOT	47,4 ab	9,7	38,5 b	14,5	87,0 ab	5,2		
		TRACTEUR	32,5 bc	13,6	38,5 b	14,5	93,1 ab	4,3		
		TM	85,4 a	8,6	95,0 a	5,0	97,8 a	1,3		
		Anova	**		**		ns			
22 JUIN 2021	ENTRE	HOUE	68,3 b	10,6	89,5	1,8	100,0 a	0		
		ROBOT	61,5 b	5,5	87,9	4,1	59,9 c	4,2		
		TRACTEUR	73,0 b	6,6	94,5	3,2	80,0 b	10,7		
		TM	98,6 a	0,9	93,6	1,0	99,2 a	0,8		
		Anova	*		ns		***			
	SUR	HOUE	46,7 b	10,9	45,2	9,2	100,0	0		
		ROBOT	74,3 a	4,7	78,1	5,8	59,0	11,6		
		TRACTEUR	76,2 a	5,4	81,1	16,1	100,0	0		
		TM	96,0 a	4,0	86,7	8,2	83,3	16,7		
		Anova	**		ns		ns			

<sup>1</sup> TM : témoin désherbé manuellement.  
<sup>2</sup> Les moyennes ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test LSD au seuil de 5 %.  
<sup>3</sup> SE : erreur-type. <sup>4</sup> ns : non significatif; \* : significatif à 0,05; \*\* : significatif à 0,01; \*\*\* : significatif à 0,001.

**Temps de désherbage.** En 2020 et 2021, la durée du désherbage avec la houe maraîchère ou le tracteur était significativement plus faible que celle avec le robot Oz à l'exception du renchaussage en 2021 où le temps chronométré du passage de la houe n'était pas significativement différent de celui du robot (tableau 3). La mise à zéro manuelle des mauvaises herbes indique que la présence de celles-ci était légèrement plus importante dans le traitement avec le robot en 2020, mais similaire à la houe maraîchère en 2021. Toutefois, le robot Oz a été deux fois plus rapide que le témoin désherbé manuellement sans le besoin de ressources humaines.

Tableau 3. Temps de désherbage en 2020 et 2021.

An	Traitements <sup>1</sup>	Désherbages									
		1. HERSE ÉTRILLE		2. DOIGTS DE BINAGE		3. RENCHAUSSAGE		MISE À ZÉRO MANUELLE		TOTAL	
		LSD <sup>2</sup>	±SE <sup>3</sup>	LSD	±SE	LSD	±SE	LSD	±SE	LSD	±SE
sec/m <sup>2</sup>											
2020	HOUE	1,30 c	0,05	7,58 c	0,08	7,29 c	0,08	32,10 b	2,49	48,27 c	2,39
	ROBOT	11,47 b	0,12	11,90 b	0,14	12,41 b	0,22	39,08 a	2,48	74,87 b	2,30
	TRACTEUR	0,19 c	0,00	0,28 d	0,02	0,45 d	0,06	31,62 b	1,93	32,55 d	1,87
	TM	26,46 a	0,69	28,28 a	0,30	24,06 a	1,14	26,34 c	0,86	105,15 a	1,85
	Anova <sup>4</sup>	***		***		***		***		***	
2021	HOUE	1,63 c	0,07	6,46 c	0,13	11,71 b	0,60	40,87 ab	7,67	60,67 c	7,58
	ROBOT	10,65 b	0,05	10,62 b	0,37	12,94 b	1,14	48,42 ab	7,27	82,62 b	6,63
	TRACTEUR	0,25 d	0,01	0,29 d	0,02	0,49 c	0,03	29,16 b	4,77	30,19 d	4,76
	TM	23,47 a	0,75	20,72 a	0,91	33,93 a	3,63	35,94 a	3,60	114,06 a	5,21
	Anova	***		***		***		*		***	

<sup>1</sup> TM : témoin désherbé manuellement.  
<sup>2</sup> Les moyennes ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test LSD au seuil de 5 %.  
<sup>3</sup> SE : erreur-type.  
<sup>4</sup> \* : significatif à 0,05; \*\*\* : significatif à 0,001.

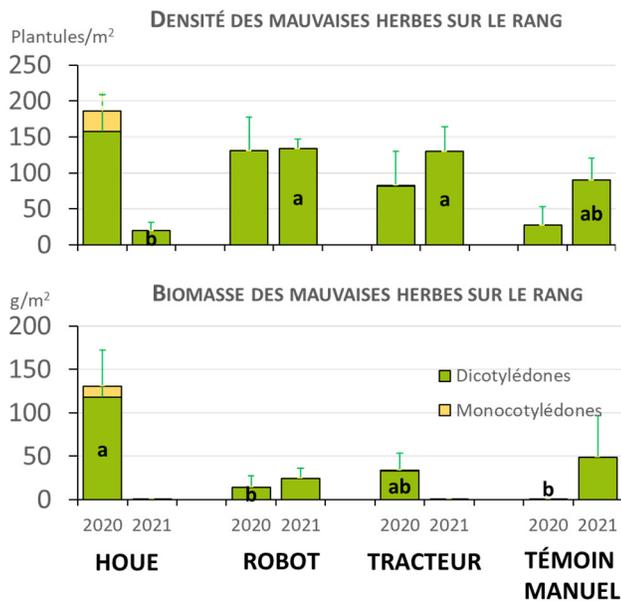
L'augmentation de la vitesse du robot de 1,4 (2020) à 1,8 (2021) km/h a été équivalente lors d'un passage simple à une réduction du temps de désherbage de 1,05 sec/m<sup>2</sup>, c.-à-d. 2,9 h/ha. L'utilisation du robot Oz a réduit de 20 et 60 % le coût du désherbage relié aux ressources humaines comparé respectivement à l'utilisation de la houe et au témoin désherbé manuellement (tableau 4).

Tableau 4. Coût du désherbage relié à l'utilisation de ressources humaines en 2020 et 2021.

An	Traitements <sup>1</sup>	Temps/personne <sup>2</sup>		Coût total <sup>3</sup>	
		h/ha		\$/ha	
2020	HOUE	134,08		2681,67	
	ROBOT	108,56		2171,11	
	TRACTEUR	90,42		1808,33	
	TM	292,08		5841,67	
2021	HOUE	168,53		3370,56	
	ROBOT	134,50		2690,00	
	TRACTEUR	83,86		1677,22	
	TM	316,83		6336,67	

<sup>1</sup> TM : témoin désherbé manuellement.  
<sup>2</sup> Temps pour la mise à zéro des mauvaises herbes et celui de l'opérateur de la houe ou du tracteur. <sup>3</sup> Salaire : 20 \$/h.

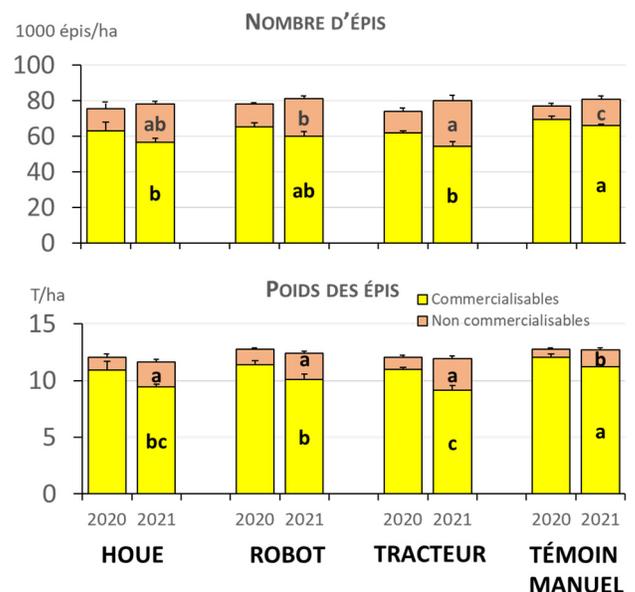
**Échantillonnage des mauvaises herbes.** En 2020, il n'y avait pas de différence significative entre les traitements concernant la densité totale des mauvaises herbes à la suite des trois opérations de désherbage, que ce soit entre ou sur les rangs (figure 1). La biomasse des mauvaises herbes était très faible entre les rangs alors que sur les rangs, le traitement avec le robot a eu la plus petite biomasse, statistiquement semblable au témoin manuel. En 2021, aucune différence significative n'a été décelée entre les traitements au niveau de la densité ou de la biomasse des mauvaises herbes entre les rangs du maïs sucré. Sur le rang, le traitement avec la houe maraîchère affichait une densité significativement moins élevée qu'avec le robot et le tracteur. La biomasse était faible indiquant que les mauvaises herbes étaient très petites.



\* Pour chaque année, les moyennes avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test LSD au seuil de 5%. Les barres verticales indiquent l'erreur-type.

Figure 1. Densité et biomasse des mauvaises herbes en 2020 et 2021.

**Rendement.** En 2020, aucune différence significative n'a été décelée entre les rendements de maïs sucré des différents traitements de désherbage bien que le traitement avec le robot eût tendance à produire plus de rendement qu'avec la houe maraîchère et le tracteur (figure 2). En 2021, le nombre commercialisable d'épis du traitement avec le robot était similaire au témoin manuel alors que son poids commercialisable était significativement plus élevé que celui du traitement avec le tracteur. Le diamètre des épis du témoin manuel (4,1 cm) était légèrement plus élevé que les autres traitements (4,0 cm). Il n'y avait pas de différence significative au niveau de la longueur de l'épi qui en moyenne, était 18,4 et 19,4 cm, respectivement en 2020 et 2021. Le nombre et le poids des épis non commercialisables étaient plus faibles dans le témoin manuel.



\* Pour chaque année, les moyennes avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes selon le test LSD au seuil de 5%. Les barres verticales indiquent l'erreur-type.

Figure 2. Rendement du maïs sucré en 2020 et 2021.

## CONCLUSION

L'efficacité du robot à réprimer les mauvaises herbes dans le maïs sucré était généralement similaire à celle des autres moyens de désherbage. L'augmentation de la vitesse du robot de 1,4 à 1,8 km/h a permis de réduire le temps de désherbage de 2,9 h/ha. Le robot était plus lent que les autres équipements en évaluation, mais deux fois plus rapide que le désherbage manuel et sans le besoin de ressources humaines. En somme, l'utilisation du robot pourrait réduire les dépenses liées aux ressources humaines de 20 % par rapport à l'utilisation de la houe maraîchère et de 60 % comparé à du désherbage uniquement manuel et même plus, si les pauses et les repas pris par les opérateurs d'équipement sont pris en considération.

Ce projet a été financé par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation dans le cadre du volet 3 du programme Prime Vert et est lié à la Stratégie phytosanitaire québécoise en agriculture 2011-2021.

Québec



### Une réalisation de

Maryse L. Leblanc, chercheure  
Justin Ouellette, technicien

### Des questions ?

450 653-7368 p. 320  
maryse.leblanc@irda.qc.ca

Merci à Maxime Lefebvre, aux étudiants et ouvriers pour leur aide technique.