

# Contrôle haute précision des adventices dans les cultures en lignes

Sarclage plus efficace avec systèmes de commande et de guidage par capteur et par satellite

Juin 2016

## Contenu

Aperçu de la technique	2
Études de la technique du procédé	3
Aspects économiques	4
Informations complémentaires	4
Bibliographie	4
Impressum	4



Photo: Garford

*Les systèmes de sarclage, équipés de commandes automatiques comme ce modèle avec châssis hydraulique à déport latéral guidé par caméra, réduisent le temps de travail.*

## Auteurs

Martin Holpp<sup>1</sup>

Thomas Anken<sup>1</sup>

Thomas Stehle<sup>2</sup>

Dimitri Martin<sup>3</sup>

Matthias Hatt<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Agroscope, Institut des sciences en durabilité agronomique IDU INH

<sup>2</sup> Université d'Hohenheim, Faculté des sciences agronomiques

<sup>3</sup> EPF Zurich, Département des sciences des systèmes environnementaux

Jusqu'à l'introduction des herbicides, le sarclage des cultures en lignes était une des méthodes standard de régulation des adventices. Cependant, pour des raisons liées au procédé technique et à l'organisation du travail, les sarcleuses ont disparu de la plupart des exploitations. Par rapport à l'application de produits phytosanitaires, la période disponible pour le travail du sol est plus restreinte, le rendement à la surface plus faible du fait des largeurs de travail moindres et du temps de travail requis, nettement plus élevé, surtout lorsqu'il nécessite un opérateur supplémentaire. Pendant longtemps, les exploitations biologiques étaient les seules à pratiquer encore le sarclage. Actuelle-

ment, le procédé reprend de l'importance du fait de la résistance des mauvaises herbes aux herbicides, de la restriction du nombre de substances actives autorisées et de la protection des eaux. Aujourd'hui, il existe des systèmes de commande et de guidage par capteur et par satellite qui permettent un travail efficace, peuvent augmenter le rendement du procédé et réduire les coûts. Le présent rapport donne un aperçu des technologies disponibles, montre les possibilités et les limites de leur utilisation et traite finalement des aspects économiques.





Fig. 1: La caméra détecte deux rangées de plantes et guide le châssis à déport latéral de manière dynamique. (Photo: Einböck GmbH)

## Aperçu de la technique

Le procédé idéal de sarclage permet d'avoir à la fois un travail de haute qualité et un bon rendement. Il peut être réalisé par une seule personne qui s'appuie sur la technique pour se décharger du guidage de l'outil. Il existe plusieurs sarcleuses qui répondent à ces exigences, elles sont guidées par caméra, satellite et ultrasons. Ces éléments sont généralement intégrés dans un châssis à déport latéral à articulation hydraulique, qui guide les outils de sarclage avec précision le long des lignes de plantes.

### Commandes par caméra

Pour les caméras, il existe aujourd'hui deux fabricants qui couvrent la majeure partie du marché. Tandis que le système Claas est distribué par les différents fournisseurs de sarcleuses, Garford propose également ses propres modèles de sarcleuses.

Les différents outils fonctionnent selon le même principe: la caméra a deux lignes de plantes dans son champ de vision, analyse leur tracé et guide le châssis à déport latéral. Les vitesses peuvent dépasser 10km/h (fig. 1). La qualité du réglage dépend en grande partie de la visibilité des lignes. Les plantes doivent avoir une taille minimale pour que les caméras puissent les identifier. Les longues zones lacunaires sur les lignes de plantes détectées, de même que la prolifération des adventices font que les rangées ne sont plus enregistrées de manière fiable. Un vent latéral et un faible éclairage peuvent également perturber la précision de réglage. Par conséquent, avec les commandes par caméra, il est important d'effectuer le travail à la bonne période.

Contrairement au guidage manuel, l'utilisation de plusieurs caméras permet de sarcler simultanément plusieurs largeurs de travail (fig. 2).



Fig. 2: Sarcleurs pilotés par des caméras individuelles pour le sarclage dans plusieurs écartements de semis. (Photo: Schmotzer)

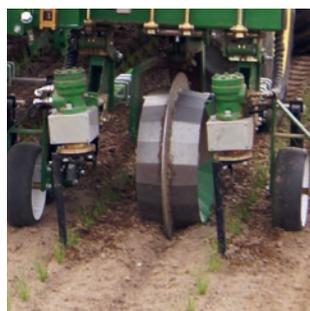


Fig. 3: Sarclage à l'intérieur des lignes. À gauche, le In-Row-Weeder de Garford, à droite le Robovator de Poulsen. (Photo à gauche: Garford, à droite: Poulsen)

### Utilisation spéciale de la caméra: sarclage à l'intérieur d'une ligne

Outre les commandes pour le sarclage classique entre les lignes de plantes, il existe également des outils pour le sarclage entre les plantes d'une même ligne. Ils sont surtout intéressants pour la production maraîchère où, dans les cultures comme les salades, il est important de contrôler les adventices à l'intérieur de la ligne (fig. 3).

### Commande par ultrasons

Avec ce système de Reichhardt, les capteurs à ultrasons s'orientent par rapport aux structures du champ, comme les lignes de plantes ou les buttes. Il existe des modèles qui peuvent être montés directement sur la sarcleuse ou qui peuvent guider la sarcleuse depuis un châssis à déport latéral de type universel (fig. 4). Les limites d'utilisation sont les mêmes que pour les systèmes de guidage par caméra, hormis les exigences relatives à l'éclairage.

### Commande par satellite

Lorsque le semis ou les plantations ont été effectués par un tracteur guidé par satellite, il est possible de suivre les lignes de semis déjà enregistrées pour le sarclage. Ces lignes de plantes bien droites permettent à la sarcleuse de faire nettement moins d'écart qu'en cas de semis à commande manuelle. Le réglage du châssis à déport latéral est équipé d'un récepteur satellite, qui veille à ce que la sarcleuse suive exactement la voie utilisée par le tracteur pour le semis. Ce concept est proposé par Reichhardt (fig. 4, à droite, en haut sur la photo), SBG et Geo-Konzept. Par rapport aux outils à commande par caméra et par ultrasons, les propriétés de la végétation n'exercent quasiment aucune influence sur ce procédé. Les zones lacunaires, la prolifération des adventices, les vents latéraux et l'éclairage ne jouent aucun rôle. Les opérations de semis et de sarclage sont néanmoins interdépendantes et doivent donc être coordonnées en conséquence.



Fig. 4: Système de régulation par ultrasons, à gauche sur la sarcleuse, à droite sur le châssis à déport latéral. (Photo: Reichhardt)

## Études de la technique du procédé

En 2014 et 2015, Agroscope a réalisé deux études sur le contrôle haute précision des adventices dans le maïs. L'une d'elle, effectuée en collaboration avec l'Uni d'Hohenheim, a permis de relever les limites d'utilisation d'un système de guidage de la sarleuse assisté par des caméras avec châssis à déport latéral. La seconde a été conduite en coopération avec l'EPF de Zurich. Il s'agissait de savoir s'il était également possible d'atteindre la précision de sarclage nécessaire sans châssis hydraulique à déport latéral, dans le cas où le semis et le sarclage étaient réalisés par un tracteur à commande par satellite et que la sarleuse suivait la voie de passage définie initialement lors du semis.

### Résultats d'essais de la commande par caméras

Les chercheurs ont étudié la précision de réglage d'un système de caméras Robocrop de Garford dans une parcelle d'essai, à des vitesses de 4, 8 et 12 km/h, avec des lacunes dans le couvert végétal et la présence d'adventices.

On n'a constaté aucune variation significative de la précision du travail avec les différentes vitesses, mais le système a eu tendance à fonctionner légèrement mieux à une vitesse supérieure. Les lacunes dans le couvert végétal exerçaient une influence hautement significative, se traduisant par une baisse de la qualité du travail avec des résultats moins bons dans la lutte contre les adventices et des dommages plus importants aux cultures. Le semis de moutarde, qui a servi à produire l'effet de concentration des mauvaises herbes pour la caméra, a également montré une influence significative sur la qualité du travail, ici aussi sous la forme de résultats moins bons dans la lutte contre les adventices.

Sur la base des résultats obtenus, les distances entre l'outil de sarclage et la ligne de plantes cultivées sont de 5 à 13 cm, en fonction des conditions sur le terrain. Les écarts par rapport aux indications des fabricants et aux résultats d'autres essais s'expliquent par les conditions insatisfaisantes de l'essai en ce qui concerne la période de sarclage et les conditions du sol. Bien qu'elles n'aient pas été idéales, ces conditions étaient probablement proches de la pratique, notamment en ce qui concerne la situation des adventices dans l'agriculture écologique.

En résumé, on a constaté que, lorsque les conditions d'utilisation étaient favorables, le guidage par caméra permettait une nette augmentation de la vitesse du véhicule à plus de 10 km/h et que ces vitesses élevées pouvaient être maintenues sur la durée en conservant un travail de haute qualité.



Fig. 5: À gauche, lacunes dans le peuplement végétal d'une parcelle. Les plantes ont été éliminées sur une longueur de 2 m sur les deux lignes qui ont été enregistrées par la caméra. À droite, une parcelle avec semis de moutarde pour simuler la prolifération des adventices. (Photos: Thomas Stehle, Université d'Hohenheim)

### Résultats d'essais de guidage du tracteur par satellite

Pour le test du guidage de tracteur par satellite, le sarclage a eu lieu le long des lignes de semis. Dans la première partie des travaux, les chercheurs ont étudié, lors du premier et du deuxième passage de sarclage, avec quel type d'attelage aux bras inférieurs du tracteur, la sarleuse suivait avec le plus de précision la voie de passage du semis mis en place avec des bras inférieurs du semoir bloqués. Les voies de semis ont été tracées avec un tracteur équipé d'un système de guidage d'un degré de précision maximum ( $\pm 2,5$  cm) et un semoir monograine. Comme l'essai a eu lieu en dehors de la saison de culture du maïs, il n'y a pas eu de mise en place des graines et des piquets de marquage ont été placés dans les voies de semis pour simuler les plants de maïs. Au premier passage, sur une surface plane et un sol rassis, le blocage des bras inférieurs était avantageux pour le guidage des outils de sarclage. Au deuxième passage, les outils de sarclage s'orientaient par rapport aux légères buttes formées lors du premier passage et les bras inférieurs débloqués ont atténué les corrections de guidage du tracteur.

La deuxième partie des travaux a consisté à tester différentes vitesses de sarclage: 6, 8 et 10 km/h. La distance prescrite entre les outils de la sarleuse étoile était de 25 cm. Pour une ligne de semis de 5 cm de large, il restait donc 10 cm de chaque côté de la rangée de plantes, entre les plantes et les outils de sarclage. Avec toutes les combinaisons étudiées, les outils de sarclage évoluaient dans une zone de  $\pm 5$  cm autour de la ligne idéale (écart-type). Aucun piquet n'a été arraché, le guidage est donc très fiable.

En résumé, on a constaté qu'il était également possible de sarcler sans châssis à déport latéral et commande indépendante, uniquement sur la base d'un système de guidage du tracteur par satellite. La seule condition, c'est que les cultures permettent aux outils de sarclage de passer à environ 10 cm des plantes, ce qui est réalisable pour le maïs, les betteraves sucrières et probablement d'autres cultures.

D'autre part, par rapport à un châssis à déport latéral dirigé par des capteurs, les systèmes de guidage des tracteurs par satellite ont un avantage: ils peuvent être employés pour d'autres opérations, pour le semis, l'entretien et la récolte, ce qui permet une meilleure exploitation du système et un soulagement du conducteur.



Fig. 6: Avec les 25 cm prévus par la machine entre les outils de sarclage, les piquets de marquage sont tous restés debout, aucun n'a été arraché. (Photos: Martin Dimitri, EPF Zurich)

## Aspects économiques

Dans le cadre de l'étude de la sarleuse commandée par caméra, l'organisation du travail a également fait l'objet de relevés. Le modèle de calcul de l'organisation du travail utilisé par Agroscope a pour nom PROOF. Les données déjà enregistrées dans ce modèle sur les procédés de sarclage ont été complétées par les temps de préparation des systèmes de guidage par caméra.

Vitesse en km/h	Rendement à la surface en ha/h	
	Commande manuelle	Commande par caméra
4	0,38	0,36
8	0,57	0,52
12	0,68	0,61

Tab. 1: Rendements théoriques à la surface des engins de sarclage avec une largeur de travail de 3 m et commande manuelle ou par caméra en fonction de la vitesse sur la base d'une surface d'un hectare.

Le tableau 1 indique les rendements théoriques à la surface issus de la simulation pour le sarclage avec une largeur de travail de 3 m, en cas de commande manuelle et de commande par caméra, pour une surface d'un hectare. Les rendements à la surface légèrement inférieurs en cas de guidage par caméra viennent des temps de préparation sur la parcelle. Le guidage par caméra doit démarrer sur la parcelle et être orienté sur les lignes de plantes. Lorsque la surface à travailler augmente, le rapport bascule en faveur du guidage par caméra. En ce qui concerne la charge de travail et la sécurité, les vitesses de 8–12 km/h sont critiques en cas de guidage manuel. Par conséquent, les rendements à la surface de 0,57 ha/h et 0,68 ha/h sont exclusivement de nature théorique. C'est pourquoi, les deux variantes ne sont comparées qu'à l'échelle de 4 km/h.

La figure 7 indique le temps de travail et les heures de machines nécessaires pour la sarleuse à guidage manuelle à une vitesse de 4 km/h. On constate de manière très nette que le temps de travail est presque deux fois plus élevé que les heures de machines du fait de la deuxième unité de main-d'œuvre. Enfin, une dégression apparaît autant en termes de temps de travail qu'en termes d'heures de machines, plus la surface augmente. Le temps de travail nécessaire tombe de 7,1 MOh/ha (3,4 Mh/ha) pour une surface de 0,5 ha à 3,8 MOh/ha (1,9 Mh/ha) pour une surface de 10 ha.

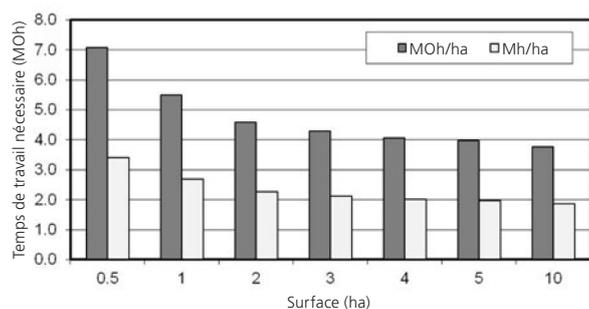


Fig. 7: Temps de travail nécessaire (MOh) et heures de machines (Mh) par hectare (ha) pour une sarleuse à commande manuelle, avec une largeur de travail de 3 m et une vitesse de 4 km/h.

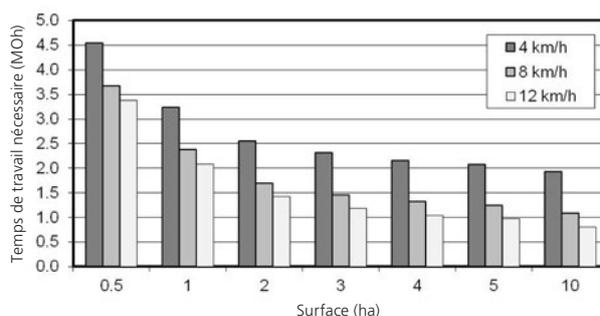


Fig. 8: Comparaison du temps de travail nécessaire des sarleuses commandées par caméra avec une largeur de travail de 3 m pour différentes vitesses.

La figure 8 indique le temps de travail de la sarleuse avec guidage par caméra pour trois vitesses différentes et des tailles de parcelles allant de 0,5 à 10 ha. On observe une dégression avec l'augmentation de la taille des parcelles pour les trois vitesses différentes. De plus, la réduction du temps de travail nécessaire est plus importante entre les vitesses 4 et 8 km/h qu'entre les vitesses 8 et 12 km/h. Plus la taille des parcelles augmente, plus l'effet en termes de temps économisé diminue entre les trois vitesses.

En résumé, il s'avère qu'un guidage par caméra est surtout intéressant pour l'organisation du travail lorsqu'il permet de réduire le temps de travail en économisant une unité de main-d'œuvre et qu'il permet de réaliser de meilleurs rendements à la surface grâce à des vitesses supérieures. Ces conclusions valent aussi pour les tracteurs équipés de systèmes de guidage par satellite, où la sarleuse suit les voies de passage du semoir.

Les coûts d'achat des commandes par capteur pour les sarleuses sont compris entre Fr. 10 000.– et Fr. 30 000.– en fonction du degré d'équipement. Les systèmes de guidage haute précision par satellite coûtent entre Fr. 15 000.– et Fr. 25 000.–, auxquels il faut encore ajouter des coûts supplémentaires pour les signaux de correction.

## Informations complémentaires

[www.bioaktuell.ch](http://www.bioaktuell.ch) > Cultures > Agriculture précision

## Bibliographie

- Stehle T., 2015. Kameragesteuertes Hacken; Betrachtung von Einflussfaktoren, Verfahrenstechnik und Arbeitswirtschaft. Masterarbeit, Uni Hohenheim.
- Martin D., 2015. Utilisation d'un tracteur équipé d'un système d'autoguidage haute précision par satellite avec une sarleuse non dirigée. Travail de bachelor, ETH Zurich.

## Impressum

Éditeur	Agroscope, Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, <a href="http://www.agroscope.ch">www.agroscope.ch</a>
Renseignements	Thomas Anken, e-mail: <a href="mailto:thomas.anken@agroscope.admin.ch">thomas.anken@agroscope.admin.ch</a>
Traduction	Service de traduction Agroscope
Mise en page et impression	Sonderegger Publish AG, Weinfelden
Download	<a href="http://www.agroscope.ch/transfer/fr">www.agroscope.ch/transfer/fr</a>
Copyright	© Agroscope 2016
Changements d'adresse	Office fédéral des constructions et de la logistique OFCL, Berne E-mail: <a href="mailto:verkauf.zivil@bbl.admin.ch">verkauf.zivil@bbl.admin.ch</a> (veuillez indiquer le numéro d'abonnement qui figure sur l'étiquette d'adresse, s. v. p.)
ISSN	2296-7222 (print), 2296-7230 (online)