

ÉVOLUTIONS DU DÉSHERBAGE

LES NOUVELLES TECHNOLOGIES se font plus présentes

Le désherbage est de plus en plus assisté par les nouvelles technologies, que ce soit sur le pulvérisateur ou sur les outils de désherbage mécanique. Le guidage du tracteur optimise le désherbage mécanique. Les capteurs sont une aide au désherbage localisé. Le désherbage en plein n'est pas en reste avec l'arrivée de systèmes électriques ou thermiques. Des essais menés par Arvalis ont évalué la maturité des différentes technologies.

De nombreuses solutions de traitement localisé des adventices se développent. Toutes nécessitent la détection préalable des plantes. Pour ce faire, les mesures prises par un ou plusieurs capteurs fixés sur un vecteur (qui les déplace) sont traitées afin de localiser une adventice et, éventuellement, d'identifier son espèce. Un capteur transforme une grandeur physique (lumière, pression, température...) en un signal électrique. Ceux qui détectent les adventices sont sensibles à la lumière et à la distance les séparant de la plante. Le capteur multispectral mesure la réflectance de la lumière dans différentes plages de longueurs d'onde (4 à 6 bandes, indice NDVI); c'est le capteur utilisé pour déterminer le statut azoté d'une culture. L'appareil photo ou la caméra fournit, quant à lui, des images RVB (rouge/vert/bleu). Le vecteur (humain, tracteur, drone, avion, ULM,

satellite...) conditionne la fréquence d'acquisition. Même si toutes les combinaisons entre vecteurs et capteurs sont possibles, il faut trouver la bonne association pour une détection optimale : la taille du pixel doit être suffisamment petite par rapport à la taille des adventices, et les passages suffisamment fréquents pour observer les adventices au bon stade.

Adventice ou culture ?

Distinguer le sol nu de la végétation est assez simple, du fait du fort contraste de couleurs. En revanche, la séparation entre la culture et les adventices est plus complexe. Avec les images d'un appareil photo, cette différenciation repose sur la détection des rangs de la culture, qui sont des structures régulières donc facilement identifiables : les pixels de l'image contenant de la végétation et situés en dehors des rangs sont associés à des adventices. Ces images contiennent des pixels de petites tailles et sont donc lourdes. Par conséquent, il n'est pas possible de les utiliser pour des applications en temps réel car leur analyse prend du temps.

Sur ces images, il est aussi possible d'analyser la forme et/ou la texture des adventices

Dans les images multispectrales, la taille des pixels est plus grande : de 1 à 10 cm. Un pixel contient donc souvent un mélange de végétation et de sol, ou de culture et d'adventice. Ce type d'image est difficile à utiliser pour localiser des adventices. De plus, il n'est pas possible de différencier le vert des adventices du vert de la culture.

L'analyse des images permet de positionner toutes les adventices dans la parcelle. Pour appliquer un herbicide seulement là où des adventices sont présentes, une carte de préconisation est à construire (figure 1). Elle dépend de paramètres agronomiques



Il est possible de biner une céréale à faible écartement sans assistance sur la bineuse, uniquement avec un autoguidage hydraulique RTK sur le tracteur.

Le Robocrop-in-row désherbe mécaniquement des betteraves sur quatre rangs à la fois, sur l'inter-rang mais aussi sur le rang, grâce à des caméras RVB qui identifient individuellement les plantes.



(des règles de décision pour, par exemple, inclure ou exclure les plantes isolées de la pulvérisation) et de critères techniques tels que la largeur des tronçons du pulvérisateur et le délai pour que le produit arrive aux buses lorsque l'ordre de pulvériser est donné par la carte de préconisation. Ces critères définissent la zone minimale de l'application nécessaire pour ne pas « rater » l'adventice.

La détection et l'application en temps différé est possible mais délicate

Pulvériser après la détection exige une précision de positionnement extrême. Les deux vecteurs, lors de la détection et lors de la pulvérisation, doivent avoir la même référence spatiale pour que la buse ou le tronçon du pulvérisateur s'ouvre au bon moment. Plus l'incertitude sur la position est importante, plus la zone à traiter autour de l'adventice doit être grande pour ne pas la rater. C'est l'un des problèmes rencontrés lors de tests réalisés sur maïs à partir d'images obtenues par drone. De nombreuses images sont prises lors du vol et doivent être associées selon une mosaïque. Or, même avec la présence de cibles au sol, les erreurs de positionnement peuvent dépasser 50 cm, soit la largeur de travail d'une buse.

Les coupures de tronçons assistées par GPS répondent à une carte de préconisation en ouverture-fermeture : le ou les tronçons concernés s'ouvrent pour pulvériser à l'endroit souhaité. Aujourd'hui, les tronçons mesurent de 2 à 5 m de large, mais ils évoluent jusqu'à 50 cm pour gérer

une seule buse. Néanmoins les coupures à la buse sont, pour l'instant, peu présentes sur le marché français.

Pour aller plus loin dans l'application différée, une carte de préconisation prévoyant différents produits et/ou différentes doses en fonction des adventices ou de leur stade est imaginable. La technique d'injection directe, associée à un GPS, permet a priori de mettre en œuvre ce type de carte car les produits sont présents dans des cuves séparées et sont injectés dans le circuit de bouillie en direction des rampes du pulvérisateur. Différents systèmes sont testés depuis quelques années par Arvalis : le SPID de SprayConcept, et le SideKick Pro de Raven Industries. Tous ces systèmes fonctionnent et permettent d'appliquer une carte de préconisation. Cependant ils présentent des délais de réponse à la dose qui varient de 60 à 80 s ; ces délais doivent être anticipés sur la carte pour appliquer les produits au bon endroit.

De nouveaux matériels sont en développement et laissent présager des délais d'anticipation significativement réduits, de l'ordre de la seconde. Dans ces conditions, cette technologie retrouverait son intérêt pour des applications localisées.

La détection et l'application en temps réel restent à atteindre

L'autre stratégie consiste à réaliser la détection en même temps que le désherbage, grâce à un traitement des données du capteur réalisé en temps réel, qui déclenche l'ouverture ou la fermeture de la buse pour appliquer le produit là où le capteur a détecté l'adventice. Il faut alors multiplier les capteurs pour observer simultanément plusieurs rangs et inter-rangs. De plus, l'outil de désherbage doit avoir une vitesse de traitement et une réactivité très élevée pour prendre en compte la mesure réalisée lors du même passage.

Actuellement, certains capteurs multi-spectraux (tel le Weed Seeker de Trimble) ou de fluorescence (l'AmaSpot d'Amazone) sont capables de localiser des plantes sur chaumes ou sol nu sans distinction de nature : tout ce qui est vert est à désherber. La détection de la végétation provoque l'ouverture



Certains systèmes (ici l'AmaSpot d'Amazone) distinguent une plante sur des chaumes ou un sol nu. La détection de ce « vert » provoque l'ouverture simultanée de la buse.

LES PREMIERS RÉSULTATS DE DINO DANS DU BLÉ



Le robot autonome Dino a biné du blé en 2018 sur la Digifirme de Saint-Hilaire-en-Woëvre, dans la Meuse.

© Pascaline Person - ARVALIS-Institut du végétal

Commercialisé en maraîchage, le robot Dino n'est pas encore adapté aux grandes cultures en raison de son faible débit de chantier, mais il semblait intéressant de le tester pour étudier le principe même de la robotique. Arvalis l'a donc expérimenté sur du blé sur la Digifirme de Saint-Hilaire-en-Woëvre en 2018. Dino était uniquement guidé par le GPS RTK, le guidage de l'outil n'étant pas paramétré pour la culture. Il a biné du blé à 30 cm d'écartement avec des dents de 16 cm de large. La flore à détruire se composait essentiellement de jeunes repousses de colza, d'orge de printemps et de vulpins.

Le robot est passé toutes les semaines à partir du 11 octobre, dès la levée du blé, jusqu'au 20/11. La qualité du désherbage a été notée après chaque passage. Malgré l'absence de guidage d'outil, le robot a réussi à biner le blé. Dans les conditions sèches des trois premiers passages, l'efficacité du binage s'avère plutôt satisfaisante sur des adventices

développées (colzas, orge de printemps) mais moindre sur des vulpins pointants. Les inter-rangs étaient globalement plus propres à partir du quatrième passage du robot. Plus le nombre de passages a été important, mieux les adventices ont été contrôlées. Les passages réalisés après les pluies ont permis de mieux gérer la relevée des adventices.

100

le nombre de robots commercialisés en maraîchage en France a dépassé cette barre symbolique.

consiste à placer une caméra sur la bineuse pour détecter la position d'un rang de la culture afin d'ajuster la position de la bineuse grâce à une interface. Cette technologie fonctionne sur la différence de hauteur ou de couleur entre la culture et le sol. De ce fait, son utilisation devient difficile dès qu'il y a des adventices développées, de la poussière, des manques importants sur le rang ou une culture versée. De plus, la largeur de la bineuse doit être identique à celle du semoir. Cependant, en conditions optimales, elle reste simple d'utilisation. Les robots sont de plus en plus annoncés. Ils ont été conçus pour désherber l'inter-rang des productions maraîchères ou des cultures à fortes valeurs ajoutées : le robot Anatis de Carré, Dino de Naïo (*encadré*) ou Pumagri de SITIA. Le guidage du robot est généralement assuré par un GPS RTK. Les rangs sont détectés grâce à une caméra RVB qui optimise le placement de l'outil, à condition que la culture soit paramétrée. Les débits de chantier restent cependant faibles en raison de leur largeur (2 m environ) et de leur vitesse d'avancement (4 km/h au maximum). Certains outils tels l'IC Weeder de Steketee, le Robocrop-in-row de Gardford ou le Robovator

« La difficulté à distinguer suffisamment vite les adventices des cultures freine le désherbage localisé et automatisé en grandes cultures. »

de Kult, fortement automatisés mais qui restent tirés par un tracteur, sont capables de travailler dans l'inter-rang mais également sur le rang. Les plants de la culture sont détectés individuellement grâce à des caméras RVB disposées au-dessus de chaque rang. Le temps nécessaire à l'analyse des images limite le débit de chantier. De plus, le coût induit par la multiplication des capteurs est très important et explique son développement sur les cultures à forte valeur ajoutée, même si la technologie pourrait être utilisée sur les cultures de plein champ à grand écartement.

Le désherbage électrique a été testé par Arvalis sur la station expérimentale de Saint-Hilaire, avec seize applicateurs de courant à l'avant du tracteur.



© Damien Brun - ARVALIS-Institut du végétal

Des avancées dans le désherbage en interculture

Des solutions alternatives se développent comme le désherbage électrique. Proposé par Zasso, il consiste à envoyer un courant électrique sur les plantes de manière à détruire le feuillage et le système racinaire. Actuellement en test sur différentes espèces végétales, cet outil pourrait servir d'alternatives au glyphosate dans des cas bien particuliers ne permettant pas un passage d'outil de déchaumage. Les premiers résultats obtenus sur la Digiferme de Saint-Hilaire-en-Woëvre devraient arriver prochainement.

Des systèmes de désherbage par vapeur d'eau chaude ou par flamme existent dans le domaine des Zones Non Agricoles et en maraîchage. Ces innovations commencent à explorer le monde des grandes cultures. La principale difficulté de ces systèmes est aujourd'hui leur coût de mise en œuvre. On peut supposer que le développement d'outils spécialement dédiés aux grandes cultures permettra de réduire ces coûts et d'optimiser les passages.

Caroline Desbourdes - c.desbourdes@arvalis.fr
Benjamin Perriot, Damien Brun
ARVALIS - Institut de végétal

PULVÉRISATION CIBLÉE EN COLZA

Une étude préliminaire a expérimenté la possibilité de cartographier par drone les zones envahies par des adventices dans un colza à large écartement.

Terres Inovia a collaboré avec Air Inov à une étude exploratoire destinée à vérifier l'intérêt et l'efficacité d'un désherbage chimique ciblé sur les zones infestées d'adventices qu'un drone a préalablement cartographiées, ainsi que la faisabilité de la chaîne logistique (acquisition et traitement des images, pulvérisation localisée au champ). L'étude s'inscrit dans le projet européen H2020 « IWM PRAISE ».

Pour évaluer la faisabilité de cette technique, l'ensemble de cette chaîne a été suivie au cours de l'automne 2018 sur un colza semé à large écartement (60 cm). Pour juger de la pertinence du service, les résultats obtenus par drone ont été confrontés à des relevés de flore sur des placettes dédiées et l'efficacité du désherbage a été évaluée.

Le traitement ciblé des adventices a pu être réalisé

Cet essai a montré qu'un traitement localisé à partir de données obtenues par drone est envisageable dans cette situation. Toute la chaîne logistique a été déployée : à partir des données multispectrales acquises par les deux caméras du drone, les adventices présentes sur l'inter-rang ont bien été détectées, mais la précision de leur localisation

est améliorable, notamment pour les plus petites adventices. Les zones de la parcelle devant faire l'objet d'un traitement herbicide ont pu être cartographiées en tenant compte des caractéristiques du matériel de l'agriculteur ; cette traduction de la carte de détection en carte de préconisation est toutefois perfectible.

La carte de préconisations ainsi produite a été introduite dans la console du pulvérisateur équipé de coupures de tronçons, et l'herbicide appliqué. Il faut noter que le temps entre la prise de vue par le drone et le traitement herbicide doit rester réduit afin que la carte de détection établie soit toujours valide le jour de l'application.

Le champ à désherber présentait une infestation importante et plutôt homogène d'adventices. De ce fait, la quantité d'herbicide utilisée n'a pas été réduite à la hauteur des espérances. Ceci souligne que cette technique présente un intérêt avant tout pour les répartitions hétérogènes d'adventices.

Fanny Vuillemin - f.vuillemin@terresinovia.fr
Jean-Louis Lucas
TERRES INOVIA



En cartographiant les zones infestées par les adventices à l'aide d'un drone, il est possible de réduire la surface de champ traitée, et donc les quantités d'herbicides utilisées.