

RETOURS D'EXPÉRIENCES SUR LE POTENTIEL D'UTILISATION DU ARA D'ECOROBOTIX

Depuis plusieurs années, le Centre wallon de recherches agronomiques (CRAW) teste des solutions de pulvérisation ultra-localisées afin de fournir aux agriculteurs et aux entrepreneurs agricoles des résultats observés dans le contexte de l'agriculture belge (projets InnovEau et PVBC, Centre pilote betteraves et chicorées). Ces efforts se sont amplifiés grâce au soutien de l'Union européenne, de la Région wallonne et de la Flandre occidentale, dans le cadre du projet AgRoboConnect (www.agroboconnect.eu). Celui-ci a pour objectif d'évaluer des solutions innovantes de désherbage automatisé dans un réseau d'essais en France, en Wallonie et en Flandre. Ce premier article présente quelques résultats obtenus avec le pulvérisateur ARA d'Ecorobotix.

DESCRIPTION DU ARA D'ECOROBOTIX

Le pulvérisateur ARA, développé par Ecorobotix, est une rampe de pulvérisation portée de 6 m de largeur, intégrée dans des capots de protection. À l'avant du tracteur sont installés un réservoir d'eau de 500 L ainsi qu'une cuve de 200 L destinée à la préparation de la bouillie.

Le système de pulvérisation est composé de 156 buses de type E, calibre 02, espacées de 4 cm sur l'ensemble de la rampe. Afin de garantir une qualité d'application optimale, les buses doivent être maintenues à une hauteur de 26 cm au-dessus de la culture. Cette hauteur est ajustée automatiquement grâce à une caméra de profondeur associée à une potence électrique, permettant de suivre les variations du couvert végétal.

Le pulvérisateur fonctionne à une pression constante de 3 bars. La dose appliquée n'est donc pas régulée proportionnellement à la vitesse d'avancement, mais dépend

directement de celle-ci. À la vitesse de travail couramment utilisée de 7,2 km/h, la dose appliquée est de 200 L/ha.

La technologie ARA de pulvérisation ultra-localisée repose sur l'apprentissage automatique supervisé, avec des algorithmes entraînés à partir d'une vaste base de données d'images de cultures acquises en conditions réelles. La pulvérisation fonctionne uniquement par reconnaissance, en application de postémersion avec des produits de contacts ou systémiques.

Le pulvérisateur est équipé de trois modules de deux mètres, contenant chacun deux blocs d'acquisition intégrant une caméra RGB haute résolution, une caméra de profondeur, une unité de calcul et deux spots LED. Pendant son fonctionnement, le ARA capture des images du champ en temps réel. Celles-ci sont traitées par son intelligence artificielle afin de classer chaque pixel en culture, sol ou adventice.

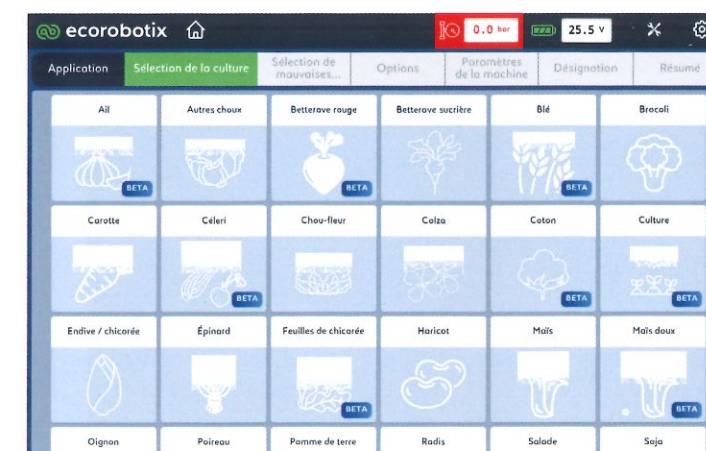
Le volume de mélange requis est ensuite calculé et synchronisé avec la commande des buses, ce qui réduit la zone de pulvérisation à un minimum de 6 cm x 6 cm sur la cible sélectionnée. La buse s'ouvrira plus ou moins tôt en fonction de la distance que le liquide doit parcourir entre la buse et la plante à pulvériser, distance estimée grâce au capteur de profondeur.

Les lampes LED, qui éclairent artificiellement l'intérieur du module, permettent de mieux contrôler les conditions de détection, d'éliminer les problèmes liés à l'ombrage et de travailler de nuit. Le module est également équipé de bâches de protection diminuant les risques de dérive de produits liés au vent.

Ara d'Ecorobotix (CRAW, 2022)



Détails sous un module de pulvérisation (CRAW, 2021)



Capture d'écran console ARA - Choix des cultures (CRAW, 2026)

Un point important lors de l'utilisation du pulvérisateur ARA est l'absence d'indication préalable concernant la réduction potentielle de la quantité de bouillie qui sera effectivement appliquée. Il est donc compliqué pour l'utilisateur d'estimer avec précision le volume de bouillie à préparer.

Pour limiter le risque de surplus en fin de traitement, l'utilisateur prépare une quantité réduite de bouillie dans la cuve de travail, correspondant à environ 10 % de la surface à traiter. Ensuite, en fonction de la consommation réelle observée lors de l'application (visible sur l'écran de contrôle), il peut préparer une nouvelle bouillie en utilisant l'eau disponible dans la cuve de réserve. Cette méthode permet d'adapter progressivement les volumes préparés aux besoins réels du traitement et de limiter les reliquats de bouillie.

Trois modes de pulvérisation sont disponibles. En application d'herbicides sélectifs, même les adventices les plus proches de la culture sont pulvérisées. En application d'herbicides non sélectifs, une zone de sécurité, préalablement définie par l'utilisateur, est appliquée autour de la culture, et les adventices situées dans cette zone ne sont pas pulvérisées afin de ne pas endommager la culture. En application d'insecticides ou de fongicides, seule la culture est pulvérisée.

Le ARA est utilisable aussi bien pour les cultures repiquées que semées, à divers stades de développement, à condition que les plantes présentent un diamètre minimal de 2 cm et une hauteur maximale de 50 cm.

Aujourd'hui, dix cultures sont disponibles et commercialisées, ainsi que les modes de détection « vert sur brun » et pulvérisation en fonction de la taille de la cible. Des algorithmes pour dix cultures supplémentaires sont en cours de développement (version BETA). Il existe également des algorithmes permettant de traiter certaines adventices : repousses de pommes de terre, mono- et dicotylées, ainsi que rumex et chardon traités ensemble ou séparément.

Le nombre de cultures commercialisées évolue au cours du temps, car la technologie ARA peut être transposée à n'importe quelle culture, dès lors qu'un ensemble de données d'apprentissage est disponible. De plus, si un utilisateur constate un problème majeur avec un algorithme ou souhaite développer une nouvelle application pour une culture, il peut prendre contact avec Ecorobotix afin de réaliser des prises d'images en conditions réelles.

QUELQUES EXEMPLES D'APPLICATIONS EN BELGIQUE

1. INTRODUCTION

Depuis 5 ans, le CRAW, en collaboration avec différents organismes (Agra Ost, Appligeer, IRBAB, RT, Beneo, Cosucra, agriculteurs), a testé cette technologie dans différentes situations : rumex en prairie, haricot, chicorée, betterave, maïs, pomme de terre, oignon, ainsi que sur chaumes après moisson ou en interculture. L'évaluation a porté sur le pourcentage de réduction de produit utilisé, la sélectivité, l'efficacité du désherbage et également l'efficacité de détection de l'algorithme utilisé (avec colorant).

Tableau Synthèse des réductions d'utilisation des herbicides observées lors d'un passage pour différentes cultures

Culture	% réduction utilisation herbicides
Haricot	92% - 97%
Prairie	97%
Chaumes	74%
Chicorée	80% - 98%
Betterave	33% - 93%
Maïs	68% - 94%
Oignons	64% - 98%



Test de détection avec colorant sur betteraves (CRAW, 2025)

Les variations observées s'expliquent surtout par le taux de salissement de la parcelle et la qualité de l'algorithme lui-même influencé par les adventices présentes, leur stade de développement, ainsi que le stade de la culture. De plus, les essais ayant été réalisés sur plusieurs années, les modèles de reconnaissance ont évolué.

2. UTILISATION D'HERBICIDES NON SÉLECTIFS

L'utilisation du ARA rend possible l'emploi d'herbicides non sélectifs grâce à la création d'une zone de sécurité autour de la culture. Un essai en culture de chicorée, réalisé par le CRAW en 2025 (programme de vulgarisation betteraves chicorées), a permis de tester cette utilisation avec une zone de sécurité de 2 cm. Les produits sélectifs habituellement appliqués lors de 2 traitements de post émergences ont été remplacés par des herbicides non sélectifs utilisés en très faibles quantités grâce à la pulvérisation ultralocalisée (glyphosate et acide pélargonique, demande d'autorisation sur chicorée en cours).

Il a été mis en évidence que cette pratique présente, dans les deux cas, une très bonne sélectivité vis-à-vis de la chicorée, tout en maintenant une efficacité globale satisfaisante sur les adventices, équivalente à celle mesurée pour le traitement de référence. Cette approche s'inscrit dans une démarche visant à identifier des solutions alternatives de désherbage, dans un contexte où le nombre de substances actives homologuées tend à diminuer.

3. RATTRAPAGE CIBLÉ DANS LE CAS DE L'ÉCO-RÉGIME RÉDUCTION D'INTRANTS

L'utilisation du ARA peut également soutenir la mise en œuvre de l'éco-régime « réduction d'intrants » en Région wallonne. Cet éco-régime vise à proscrire l'usage de certaines matières actives, notamment celles présentes dans des herbicides. Ces matières actives sont reconnues comme « à

substituer » dans la réglementation européenne en raison de leurs risques pour la santé et/ou l'environnement. Si les conditions de l'éco-régime sont respectées, une aide moyenne de 80 €/ha est alors accordée sur les surfaces concernées. Cette aide pourrait permettre de soutenir économiquement l'utilisation d'innovations de pulvérisation ultra-localisée comme le ARA.

En 2025, un essai a été réalisé en culture de maïs afin de comparer un schéma de désherbage classique sans restriction dans le choix des produits et un schéma de désherbage répondant aux critères de l'éco-régime, et en intégrant le ARA pour le traitement de post-émergence.

Pour la modalité « éco-régime » avec le ARA, une économie de 88 % de bouillie pulvérisée sur la surface traitée a été réalisée, tout en atteignant, en fin de saison, une pression en adventices plus faible que le traitement de référence.

4. APPUI AU DÉSHERBAGE DES PETITES CULTURES

Les cultures de faible importance économique disposent souvent de peu, voire d'aucune solution herbicide homologuée. En effet, ces usages mineurs suscitent un intérêt limité de la part des entreprises phytopharmaceutiques, les coûts liés à la réalisation des essais d'homologation étant difficilement rentabilisables sur des marchés restreints. Cette situation peut freiner le développement de nouvelles cultures ainsi que celui des filières associées en Belgique. Le tournesol constitue un exemple représentatif de cette problématique.

En raison de sa faible implantation sur le territoire, aucun modèle de détection spécifique n'a été développé par Ecorobotix pour cette culture. Toutefois, il est possible d'utiliser le modèle de discrimination entre plantes cultivées et adventices sur la base de la taille. Le tournesol présentant un développement foliaire important, la stratégie retenue a consisté à détruire, au moyen d'une application ultra-localisée de glyphosate, toutes les plantes de tailles inférieures à celle de la culture.

Comparée à la seule solution disponible en post-levée contre les dicotylées annuelles en culture de tournesol (situation réglementaire en 2025), cette approche a permis d'améliorer significativement l'efficacité du désherbage. Par ailleurs, grâce au caractère ciblé de l'application, environ 60% de la superficie totale de la parcelle n'a pas été pulvérisée. Ces résultats mettent en évidence le potentiel des technologies de pulvérisation de précision pour sécuriser la conduite des cultures mineures, tout en réduisant significativement les quantités de produits phytopharmaceutiques appliquées.



Essai ARA sur culture de tournesol, un colorant a été utilisé pour évaluer la qualité de détection, CRAW 2025

Afin d'élargir les possibilités de désherbage dans d'autres cultures, une nouvelle application est en cours de développement en 2026. Celle-ci vise à détecter automatiquement les lignes de semis afin de permettre un désherbage ciblé de l'interligne. Cette approche devrait offrir une plus grande gamme d'utilisation de la pulvérisation de précision avec le ARA.

5. OBSERVATIONS SUR LA QUALITÉ DE DÉTECTION DES ALGORITHMES

La qualité de détection de l'algorithme peut être influencée à la fois par le stade de développement de la culture et des adventices, mais également par leur aspect morphologique. Un essai réalisé en 2025 en culture de betterave permet d'illustrer ce phénomène. Lorsque les betteraves sont peu développées (stade cotylédonaire), leur différenciation vis-à-vis des adventices est plus difficile. En l'absence de zone de sécurité paramétrée, le ARA peut alors décider de pulvériser ces plants de betterave. À mesure que la culture se développe, l'algorithme gagne en fiabilité dans la reconnaissance.

Tableau : Confusion entre les adventices la betterave en fonction du stade de cette dernière (CRAW, 2025)

Stade des betteraves	Pourcentage moyen de betteraves pulvérisées
Cotylédon	38%
Cotylédon – 2 feuilles	15%
2 – 4 feuilles	6%
2 – 10 feuilles	0%

Dans ce même essai, les renouées persicaires peu développées et de coloration violacée étaient que peu détectées par le ARA.

Les altérations de la culture (grêle, ravageurs, malformations...) ou les similitudes morphologiques entre culture et adventices (par exemple petite chicorée et laituron) peuvent également conduire à des erreurs de détection. Ces différentes situations mettent en évidence les limites actuelles des modèles de détection et constituent encore des défis importants à relever pour fiabiliser pleinement la pulvérisation ultra-localisée.

PERSPECTIVES

Le ARA est une solution déjà déployée dans nos conditions et qui permet de réduire significativement les quantités d'herbicides utilisées, comme l'ont montré les essais.

Néanmoins, plusieurs défis restent à relever :

- l'amélioration du débit de chantier, actuellement 4 à 8 fois inférieur à celui d'un pulvérisateur classique, ce qui impacte la rentabilité des interventions ;
- l'adaptation des stratégies de désherbage à la pulvérisation ultra-localisée : éviter les phénomènes de surdosages localisés, identifier les traitements les plus pertinents à réaliser avec le ARA et explorer le potentiel de matières actives non sélectives ;
- l'amélioration des modèles existants et le développement de nouvelles applications pour des cultures d'intérêt en Belgique (telles que les céréales).

Par ailleurs, un autre avantage de la pulvérisation ultra-localisée, observé visuellement au champ sur certaines cultures sensibles aux herbicides est la réduction de la phytotoxicité. Cet effet reste toutefois à quantifier au travers d'essais, notamment en termes d'impact sur le rendement.

Au-delà du désherbage, le ARA présente également un potentiel pour la localisation des traitements insecticides et fongicides. Ces applications n'ont cependant pas encore été évaluées dans nos conditions.

Dans le cadre du projet AgRoboConnect, le ARA est testé par l'ensemble des partenaires : en Flandre (Inagro) en cultures de carotte et d'oignon ; en France, par la Chambre d'agriculture de la Somme en cultures de haricot et de betterave, ainsi que par Arvalis en maïs et en prairie. Pour en savoir plus sur les résultats, n'hésitez pas à consulter le site agrobconnect.eu ou à nous suivre sur LinkedIn (@AgRoboConnect).