ACADÉMIE d'AGRICULTURE de FRANCE

**Encyclopédie : *Question sur***

*Les erreurs passent, il n'y a que le vrai qui reste* (Diderot)

# Les nouvelles technologies de désherbage (partie 2) : solutions mécaniques pour limiter les herbicides, point en juin 2025

**Fiche *QUESTIONS SUR…* n° 09.04.Q06** **juin 2025**

**Hubert DEFRANCQ, Michel MOREL et Guy WAKSMAN, membres de l'AAF**

**Mots clés : matériel désherbage, herbicide, pulvérisation, drone, robot**

**La fiche *09.04.Q05* a décrit les moyens technologiques, disponibles en 2025, pour limiter les quantités de produits phytosanitaires utilisés et leur impact environnemental.**

**Dans cette seconde fiche sont présentés les moyens technologiques développés, à ce jour, pour réaliser un désherbage sans recours aux produits phytosanitaires. Rien de bien simple ni de bon marché, mais possible. Cette fiche analyse aussi ce qui justifie le recours à des solutions autonomes ou robotiques.**

Le couple *pulvérisateurs/produits phytosanitaires* présente l'avantage d'une grande productivité (vitesse-largeur de travail) et d'une bonne souplesse (il suffit de changer de produits suivant le type d'adventices à détruire et selon le type de culture). À l'inverse, les alternatives présentent une spécialisation relative et une faible adaptabilité, d'où une offre multiple qui rend le choix difficile et l'utilisation plus complexe, chaque équipement ayant ses spécificités.

Ces solutions alternatives se répartissent entre les non sélectives et les sélectives. Aucune ne permet un niveau de productivité équivalent à celui des substances chimiques actives ; toutefois ces alternatives présentent, outre l'absence des effets négatifs associés aux substances actives, trois bénéfices majeurs :

- absence de résistance,
- absence de phytotoxicité susceptible de nuire au rendement des cultures,
- absence d'accumulation résiduelle dans l'environnement.

Mais il a de possibles inconvénients : effets sur la culture, problèmes de conditions d'usage, coûts.

## Les solutions mécaniques non sélectives

Ces solutions varient en fonction :

- des surfaces à couvrir,
- de la compatibilité avec les types de sols et le niveau de développement des cultures,
- de l'efficacité selon le développement des adventices annuelles et selon l'impact sur la culture,
- de la polyvalence sur différentes cultures.

Elles ont pour avantage de ne pas être sensibles au vent (contrairement à la pulvérisation), ni directement aux contraintes hygrométriques. Mais elles ne sont pas très adaptées aux vivaces aussi bien en touffes (comme le rumex) que rhizomateuses (comme le chiendent), ni aux chardons ou aux liserons. Et leurs interventions ne peuvent être efficaces que dans des fenêtres sans pluie, difficiles à trouver au nord de la France, en particulier pour les cultures d'hiver dans le Nord-Est.

Il en résulte de multiples solutions dont le choix dépendra du poids relatif des critères retenus et du niveau de productivité permis.

Parmi celles qui ne reposent pas sur une action mécanique (labour, déchaumage…), certaines présentent l'avantage de ne pas stimuler la germination d'adventices et sont moins sensibles à l'état du sol au moment de l'intervention.

A contrario, celles qui reposent sur une interaction avec le sol permettent de le reconditionner (suppression de la croûte de battance), de l'aérer (si intérêt pour favoriser la minéralisation des fertilisants) ou d'incorporer des fertilisants, tout en assurant la fonction de désherbage et éventuellement le buttage (retenu parfois selon le développement des cultures).


Reproduction autorisée sous réserve d'en citer la provenance

Paillage plastique empêchant la pousse sous le plastique, perforé là où la culture est positionnée (sce : H. Defrancq)

Destruction thermique par brûlage dirigé (sce : 2ELBAM)

Électrocution détruisant les adventices (sce : XPOWER)

Herse étrille pour arracher les adventices (principalement des dicotylédones) au stade jeune de certaines cultures, avec un dommage limité sur des semis bien implantés (source : TREFFLER)

Houe rotative travaillant selon un principe similaire à la herse étrille, mais avec une agressivité supérieure permettant d'intervenir sur des adventices à un stade plus avancé. Cependant, elle produit plus de dommages sur la culture en place et sa polyvalence est limitée (source : AGRONOMIC)

La bineuse entre rangs pour éliminer des adventices bien développées. Elle nécessite un guidage précis pour ne pas endommager la culture, donc réservée à des cultures avec un écartement suffisants (betterave, maïs, colza). Associée à des systèmes de guidage actifs (vision, GPS, ultrasons), elle permet d'approcher au plus près pour limiter la largeur non désherbée et de gagner en productivité par augmentation de la vitesse, sans endommager la culture (sce : H. Defrancq)

Le fauchage entre rangs est une solution pour aider à la gestion des couverts, présents en agriculture de conservation des sols par exemple, afin de limiter la compétition avec la culture en place. On y retrouve les mêmes contraintes de guidage pour éviter de créer des dommages (sce : ZURN Harvesting GMBH)

Il faut aussi considérer les solutions mécaniques pour extraire ou faucher les adventices qui émergent au-dessus de la culture. Ici, une écimeuse fauche les adventices qui émergent au-dessus de la culture afin d'éviter la production de graines qui renouvelleraient le stock semencier du sol. C'est plus un moyen de prophylaxie que de limitation de l'impact des adventices sur la culture (source : H. Defrancq)

## Solutions mécaniques sélectives

On retrouve, dans les solutions sélectives de désherbage, la différenciation entre les systèmes qui sont en contact avec le sol et les systèmes qui ne perturbent pas ce dernier. Les premiers cultivateurs de Mésopotamie effectuaient déjà ce que nous appellerions aujourd'hui un contrôle manuel sélectif des adventices, effectué à la main ou à l'aide d'une binette.

De nos jours, les moyens faisant appel à l'intervention manuelle directe sont limités, par la disponibilité et le coût de la main d'œuvre, et plus encore par la pénibilité et le faible niveau de productivité instantanée.

Hormis les moyens faisant appel à l'intervention manuelle, les solutions sélectives nécessitent soit une géolocalisation précise des plantes pour permettre une intervention sur le rang de la culture, soit une reconnaissance efficace et différenciante des plantes à détruire sans atteindre la culture.

Il convient de noter que :

- en matière de géolocalisation, le degré de résolution du positionnement (précision du signal et précision de dépose des graines) conditionne le niveau d'efficacité ;

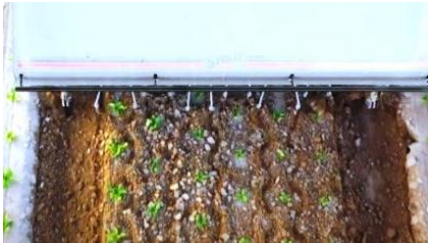

Reproduction autorisée sous réserve d'en citer la provenance

- en matière de reconnaissance, il reste des interrogations sur la capacité à identifier les adventices cachées par le feuillage de la culture.

Ces systèmes se traduisent par des coûts très élevés d'acquisition et de maintenance des moyens permettant la sélectivité. De plus, leur vitesse de déplacement est limitée (0,1 à 0,6 m/s), car il faut permettre d'une part le traitement de données, d'autre part l'action différenciée, avec un haut degré de résolution sur les adventices sans impacter la culture.

Arrachage mécanique des adventices émergeant au-dessus de la culture (ex : betteraves montées) (source : BIONALAN

Porteur diminuant la pénibilité, (petites surfaces et cultures à haute valeur ajoutée, telles les légumières). La position allongée des personnes effectuant le désherbage à la main est inconfortable (source : ELATEC)



Bineuse de précision sur le rang (source : STOUT)

Jet d'eau à haute pression pour destruction des adventices, après identification (sce : TIEFGRÜN)

Laser pour destruction des adventices après leur identification. (sce : H. Defrancq)

## Pourquoi avoir recours à des solutions autonomes ou robotisées

À travers les exemples ci-dessus, on constate que les systèmes de précision à action sélective, sont confrontés à trois enjeux majeurs :

- la faible vitesse de déplacement,
- la taille maximum des adventices pouvant être détruites,
- le niveau de résolution pour le contrôle des adventices, sans endommager la culture, d'où une faible productivité instantanée et un besoin d'intervenir fréquemment dans les cultures.

La faible vitesse d'avancement requise pour travailler est toutefois bien adaptée aux limitations de vitesse de déplacement imposées aux véhicules autonomes, robots légers ou tracteurs lourds robotisés.

Dans ces conditions, la nécessité de travailler longtemps et d'assurer plusieurs passages justifie le recours aux systèmes autonomes, en particulier pour les opérations sur des surfaces limitées et sur des cultures à haute valeur ajoutée. À noter que les outils de désherbage opérés par des véhicules autonomes ne nécessitent pas de réapprovisionnement régulier (gaz de brûlage, produit de pulvérisation), ce qui simplifie la logistique associée à leur déploiement.

Observons également que les systèmes autonomes sont :

- soit des équipements standards reconvertis, au fonctionnement autonome, sans conducteur ;
- soit des robots très allégés, miniaturisés, peu puissants, réservés à des déplacements à faible vitesse, déployés sur des surfaces relativement modestes, en maraîchage généralement ; cet allègement procure des bénéfices annexes :
  - augmentation de fenêtres d'intervention en ayant un plus faible impact sur le tassement et la structure du sol,
  - réduction de l'énergie nécessaire pour la mise en mouvement,
  - possibilité de travailler avec des outils de faible largeur sans surcharger les coûts de main d'œuvre associée.


Reproduction autorisée sous réserve d'en citer la provenance

## Toute une gamme de robots de désherbage

Les exemples ci-après témoignent de l'existence d'une vraie gamme de robots de désherbage, qui toutefois nécessitent une surveillance rapprochée : redémarrage après arrêts inopinés, franchissement d'obstacles, maintenance, déplacements.

### *Oz 440*, un petit robot de maraîchage : désherbage et transports de charges

Le robot de maraîchage *Oz 440*, développé par la société *Naïo Technologies*, est un outil autonome agricole, alliant robustesse et écologie, capable d'assister les maraîchers dans les tâches les plus pénibles comme le transport de charges lors des récoltes et le désherbage mécanique à l'aide d'un outil de binage (cf. upsti.fr).

### Le robot *Farmdroid*, alimenté par ses panneaux solaires disposés horizontalement

Beaucoup plus large que *Oz 440*, le robot *Farmdroid* est relativement léger, et nécessite donc un sol plat et très soigné ; il est donc plutôt utilisable en maraîchage ou en cultures florales. Sur des sols agricoles plus rudes, l'outil de désherbage doit être soit plus lourd et robuste comme le *Robotti d'AgroIntelli* (société danoise), soit porté par un tracteur.

### Le robot de désherbage en vigne *Bakus L* de *Vitibot*, offrirait "*une précision de travail fabuleuse*"[1].

La *CUMA la Vigneronne*, près de Narbonne, a acheté son robot *Bakus L* en 2023 (202 000 €, dont 20 000 € d'outils inter-ceps), avec une subvention de 50 %. À ce chiffre s'ajoute le coût du mapping, 300 €/ha (600 €/ha en prestation complète par *Vitibot*). Une étape indispensable au fonctionnement du robot est de définir les zones de travail (position des pieds de vigne, zones de dégagement, etc.). "*Cela va assez vite, il faut compter environ 1,5 heure par hectare selon la forme des parcelles. Ensuite, Vitibot valide la qualité des données et les maps définies seront utilisables également pour les robots suivants. Il suffit ensuite de suivre le robot lors de son premier passage dans la parcelle*" (cf. vidéo et entraid.com)

### Autonomisation de véhicule standard dont le fonctionnement est piloté par l'outil de désherbage

C'est le cas du système de pilotage de tracteur développé par *Carbon Robotic* qui, outre les fonctions de conduite autonome, adapte automatiquement la vitesse de déplacement du tracteur au niveau d'infestation des adventices à éliminer. Cette approche permet de s'appuyer sur des éléments de propulsion largement fiabilisés et d'autoriser l'installation d'un kit pour la conduite autonome des unités motrices déjà présentes sur l'exploitation.

**Ce qu'il faut retenir :**

Dans la lutte contre les adventices, existent des alternatives mécaniques aux herbicides. La diversité des techniques illustre – paradoxalement – la flexibilité et l'efficacité permises par le recours aux herbicides chimiques.

La gamme des alternatives est large, avec des moyens de destruction divers : mécaniques, électriques, thermiques. Leurs possibilités, souvent liées aux modes de cultures et aux stades de développement au moment de l'intervention, et soufrant d'un manque d'universalité, rendent le choix compliqué. D'autant que le niveau de précision/performance atteignable exige un niveau élevé de rigueur dans la mise en œuvre.

La multiplication de solutions spécialisées a des conséquences diverses, à prendre en compte pour évaluer leur potentiel de déploiement :

- difficultés d'abaisser le coût de fabrication d'équipements spécialisés ;
- difficultés pour les agriculteurs à maîtriser des systèmes multiples, diversifiés, dont les architectures et interfaces de commande/contrôle ne sont pas harmonisées ;
- risque d'obsolescence technique ou commerciale, car les fournisseurs spécialisés sont souvent fragiles, tandis que nombre de solutions sont encore émergentes,
- incertaine capacité des fournisseurs à offrir les supports pour diffusion, formation et maintenance.

[1] Matthieu Freulon, 16 janvier 2025, in *entraid.com*

 Fiche consultable sur le site internet www.academie-agriculture.fr onglet "***Publications***" puis "***Table des matières des documents de l'Encyclopédie***".
Reproduction autorisée sous réserve d'en citer la provenance