

Désherbage : de quoi sera fait demain ?

Jean-Albert Fougereux

Chacun est bien conscient que le désherbage des cultures devra apprendre à se passer plus ou moins, à plus ou moins brève échéance, de produits herbicides. Petit exercice de prospective : compte-tenu de ce que l'on sait aujourd'hui, comment imaginer le désherbage de demain ?

Depuis l'après-guerre, la lutte contre les mauvaises herbes dans les pays industrialisés s'est principalement appuyée sur l'utilisation des herbicides, en raison de leur efficacité, leur simplicité d'utilisation et leur avantage économique.

Au cours des quinze dernières années, la montée en puissance des craintes en matière d'impact sur l'environnement et la santé, l'augmentation des populations de mauvaises herbes résistantes aux herbicides, la disponibilité limitée en substances actives pour les cultures mineures et l'essor de l'agriculture biologique ont stimulé le développement d'autres méthodes de désherbage, non chimiques.

Or ces méthodes alternatives sont loin de procurer une performance technique et économique comparable à celle des herbicides. Passons en revue les différentes approches qui font actuellement l'objet de recherches, pour tenter



Le robot DINO de NAÏO TECHNOLOGIES à l'oeuvre sur salades lors de DÉSHERB'EXPO, au Centre technique de la FNAMS, en Anjou.

d'imaginer les techniques de désherbage dans un futur proche ou plus lointain.

Le désherbage chimique, quel avenir ?

Les herbicides, comme tous les produits phytosanitaires, font actuellement l'objet d'un rejet de la société, qui, attisée par quelques environnementalistes très déterminés, redoute, à tort ou à raison, un fort impact sur l'environnement et la santé.

Face à cette crainte, les pouvoirs publics se sont lancés dans une vaste campagne pour la réduction de l'utilisation de ces produits. Le gouvernement français actuel, qui se veut pionnier en la matière, parle de « plan de sortie des pesticides ». Une sorte de fuite en avant, parfaitement illustrée par « l'affaire glyphosate » ou encore l'interdiction des néonicotinoïdes, des décisions parfois guère convaincantes en matière de fondement scientifique, et qui laissent un goût pour le moins amer dans le secteur agricole.

Pourtant, de nombreux produits

considérés comme les plus dangereux ont déjà été retirés du marché, laissant au passage certaines cultures en situation critique. A titre d'illustration, les agriculteurs disposaient de 133 substances actives herbicides en France en 2008, pour 98 seulement en 2018, soit 26 % de moins en dix ans (Figure 1).

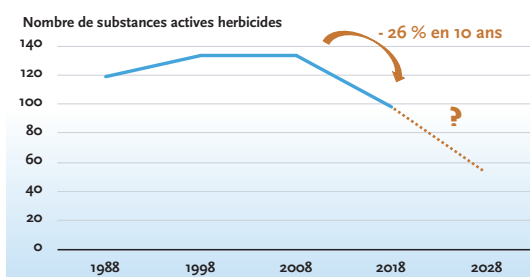
Au-delà de la question d'acceptabilité sociétale, l'avenir des herbicides sur le long terme est conditionné par un autre phénomène, non moins déterminant : celui de la résistance des adventices.

Le phénomène de résistance

Les experts considèrent que 15 nouveaux cas d'adventices résistantes apparaissent chaque année à l'échelle de la planète. Or, il n'existe actuellement qu'une trentaine de modes d'action parmi les herbicides commercialisés. Et, fait inquiétant, aucun nouveau mode d'action n'a été développé depuis les années quatre-vingt (Figure 2).

A cela trois raisons principales. La première est liée aux critères

Figure 1 - Evolution du nombre de substances actives herbicides autorisées en France entre 1988 et 2018



d'évaluation pour l'accès au marché qui sont devenus drastiques et engendrent des coûts extrêmement élevés. La seconde, qui découle de la première, est que seulement une dizaine d'entreprises sur la planète sont capables d'investir suffisamment pour découvrir et mettre sur le marché un nouveau mode d'action.

Enfin, la troisième raison tient à la difficulté même de découvrir un nouveau mode d'action. Certains experts s'interrogent sur l'existence de modes d'action non découverts à ce jour. Dans ce contexte, il se pourrait que les résistances se développent à tel point que les herbicides ne présentent plus d'intérêt en quelques décennies. La question de la durabilité de l'efficacité des herbicides se pose en effet sur le long terme. Cependant, l'avènement de techniques de pulvérisation de haute précision, avec le concept de désherbage ciblé (aucun herbicide appliqué à la culture, aucun au sol, seulement sur les mauvaises herbes, avec une baisse drastique des quantités appliquées, jusqu'à -95 %), pourrait, dans un futur relativement proche, redonner ses lettres de noblesse au désherbage chimique. A condition toutefois que certains herbicides restent autorisés...

Des leviers mobilisables à court terme

La généralisation de l'utilisation des herbicides au cours des 50 dernières années a eu comme effet de voir plus ou moins délaissées, au fil des ans, diverses pratiques autrefois largement mises en œuvre par les agriculteurs, et qui permettent de limiter significativement la présence d'adventices dans les cultures, sans pour autant les maîtriser suffisamment.

Il s'agit du travail du sol (labour, faux-semis), du désherbage mécanique (bineuse, herse étrille, houe rotative...), et des divers leviers agronomiques tels que l'optimisa-

tion des successions culturales, dates de semis, intercultures, cultures associées... Nous ne développerons pas ici ces différentes pratiques qui sont bien décrites par exemple sur le site *ecophytopic.fr*.

Il est plus que jamais indispensable que chacun se réapproprie ces approches, qui constituent le socle d'une approche intégrée du désherbage. Facile à dire, mais pas toujours simple à mettre en œuvre; il n'y a pas de recette universelle en ce domaine, et chaque exploitation - voire chaque parcelle - nécessite une approche particulière...

Qu'attendre de la génétique ?

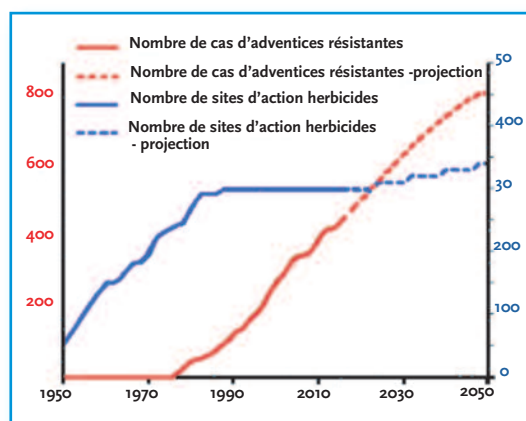
Au sein d'une même espèce, il existe une certaine variabilité en termes de capacité à concurrencer les adventices. Par exemple, le pouvoir couvrant des céréales à paille est un critère mesuré dans les essais variétaux du réseau de post-inscription ARVALIS-ITAB. Dans le cadre d'un programme de recherche ITAB-INRA-ARVALIS (projet Fsov 2007-2010), il a été clairement établi que les variétés de blé les plus couvrantes réduisent significativement le développement d'adventices, avec un effet marqué sur le rendement.

C'est un levier avec lequel il faudra compter pour les cultures très couvrantes (céréales à paille, fourragères...), mais qui restera d'un intérêt limité pour les cultures nécessitant de forts écartements entre plantes.

La recherche s'intéresse aux bio-herbicides

Les bio-herbicides sont des produits de bio-contrôle, c'est-à-dire issus de substances naturelles, qui possèdent des propriétés herbicides. On dénombre actuellement 13 substances commercialisées pour cet usage dans le monde (Cordeau et al., 2016). Parmi elles, 12 sont extraites de micro-organismes, 9 issues de champignons et 3 de bactéries. Le

Figure 2 - Evolution du nombre de cas d'adventives résistantes et du nombre de sites d'actions des substances herbicides commercialisées, à l'échelle mondiale (d'après Fennimore et al., 2018)



13e est un extrait de plante : l'acide pélargonique, seule substance autorisée en France et en Europe (produit BELOUKHA par exemple). Globalement, ces produits restent encore d'un intérêt limité. Par exemple, SMOULDER est un produit à base d'*Alternaria destruens*, champignon pathogène des adventices du genre cuscute. Ce produit a été autorisé aux Etats-Unis au milieu des années 2000 sur plusieurs cultures, dont la luzerne. Cependant, il a été très peu utilisé, car son efficacité au champ reste aléatoire.

SARRITOR est un autre exemple de bio-herbicide. Autorisé au Canada, il est fabriqué à partir d'extraits du champignon *Sclerotinia minor*. Il permet de contrôler notamment le pissenlit dans les gazons.

Comme on peut le voir à travers ces deux exemples, les bio-herbicides ont souvent un spectre d'efficacité assez étroit. Par ailleurs, des conditions d'emploi assez contraignantes (conditions de stockage, durée de vie du produit, techniques d'application), et un coût relativement élevé expliquent qu'ils n'ont pas encore réussi à s'imposer.

Pour autant, la recherche de produits de bio-contrôle ciblés sur la maîtrise des adventices n'a pas dit son dernier mot. Elle pourrait, sur le moyen ou long terme, apporter de nouvelles solutions performantes.

Yseult Pâteau / FNAMS



1
Bineuse GARDFORD



2
Bineuse KULT

Yseult Pâteau / FNAMS

On citera par exemple les recherches conduites autour de la technologie des micro-ARN. Le principe consiste à extraire des molécules naturelles d'ARN (acides ribonucléiques) qui vont perturber le développement de l'adventice. La conception d'assemblages de ces micro-ARN, couplée avec une pulvérisation de haute précision, va permettre de cibler une population multi-espèces d'adventices.

En France, l'entreprise MICROPEP (*start up* issue de travaux CNRS/Université de Toulouse) travaille dans cette direction, et envisage des applications à échéance de 8-10 ans.

A moyen et long terme, les bio-herbicides apporteront sans doute quelques solutions pour la maîtrise des adventices dans les cultures, en complément de solutions mécaniques et agronomiques. Mais il est peu probable qu'ils puissent réellement se substituer aux herbicides de synthèse comme « solution intégrale » de désherbage.

Technologie de radiation laser

Des essais relativement récents ont montré que la technologie laser peut inhiber de manière significative la croissance des plantes. La technique consiste à diriger un rayon laser vers le méristème de la plante, ce qui a un effet sur l'ensemble de la plante et contribue à sa destruction.

Des expériences de laboratoire ont mis en évidence des différences d'efficacité du traitement

en fonction des espèces végétales et du stade de croissance. Par exemple, il apparaît que le port plus ouvert des dicotylédones rend le méristème plus accessible et donc plus vulnérable au rayon laser que dans le cas des monocotylédones.

Des prototypes de désherbage laser ont déjà été développés pour des essais sous serre, et laissent envisager une possibilité de concevoir dans le futur des robots de désherbage s'appuyant sur cette technologie (Ge *et al.*). Des premières applications sont envisagées à moyen terme.

Désherbage électrique

Une entreprise allemande, ZASSO, a récemment fait parler d'elle en proposant une démonstration avec sa machine de désherbage électrique. La machine se compose d'un générateur à l'arrière du tracteur. Deux lames métalliques, montées sur l'attelage frontal, envoient une décharge électrique de 5 000 à 15 000 volts. Les adventices touchées par les lames sont traversées par des décharges électriques à haute tension qui font éclater les vaisseaux des plantes qui meurent donc rapidement.

Le procédé est utilisé depuis de nombreuses années au Brésil, dans les plantations forestières de bois, où l'utilisation d'herbicides chimiques est parfois interdite. Dans ce pays, le désherbage électrique est fréquent pour nettoyer les parcelles avant d'y effectuer des semis sans labour, pour désherber entre les rangs ou

encore pour le désherbage des voiries.

Selon le constructeur, les risques d'électrocution pour l'être humain et la faune sont très faibles, car le courant est de faible intensité (0,2 A) et de haute fréquence (15 000 Hz).

Cette technique, qui doit encore faire l'objet de travaux pour vérifier son innocuité vis-à-vis de l'activité biologique des sols, pourrait s'avérer intéressante, notamment pour la destruction de couverts végétaux « en plein », ou la destruction des adventices dans l'inter-rang des cultures.

Robotique

L'automatisation dans le domaine du désherbage a commencé à développer sur des machines tractées, qui sont guidées ou dont l'action est guidée par des capteurs qui recueillent une information traitée par intelligence artificielle. On citera la bineuse GARFORD, capable de biner des céréales à faible écartement (**photo 1**), ou encore la bineuse proposée par KULT (**photo 2**) capable de biner entre les plantes de salade sur le rang.

Les robots de désherbage véritablement autonomes font tout juste leur entrée sur les exploitations agricoles, avec pour le moment seulement quelques cultures directement concernées. En France, c'est dans les vignes que les robots autonomes de désherbage devraient commencer à se développer, avec par exemple BAKUS de VITIBOT (51), le robot

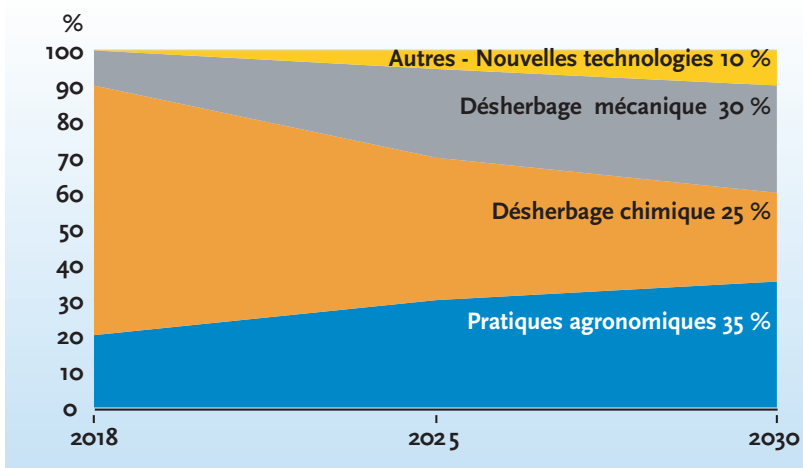


Figure 3 - Une vision prospective de l'évolution des techniques de désherbage en France à l'échéance de 2030

tondeur de VITROVER, le robot TED de NAÏO TECHNOLOGIES (31), ou encore la plateforme PUMAGRI de SITIA (44).

Les projets les plus avancés se trouvent ensuite dans le domaine du maraîchage, avec par exemple OZ et DINO de NAÏO TECHNOLOGIES ou encore le robot d'ECOROBOTIX, également en test sur betterave.

● **En production de semences**, les premiers robots font également leur apparition, en Anjou notamment, sur cultures potagères sous abri, comme ont pu en témoigner deux agriculteurs-multiplicateurs dans un précédent numéro de *Bulletin Semences* (BS n° 261, p. 18-20).

Aux Etats-Unis, la popularité croissante des désherbeurs robotisés pour les cultures spécialisées a augmenté en partie par nécessité, explique Steven Fennimore (Westwood *et al.*, 2018), spécialiste de la vulgarisation à l'Université de Californie à Davis. Les robots sont apparus sur légumes de plein champ comme la laitue, le brocoli, les tomates et les oignons, sur de grandes exploitations.

Les robots actuellement sur le marché coûtent entre 100 000 et 150 000 €. Selon le chercheur américain, le besoin de robots de désherbage découle de deux problèmes. Le premier est le manque d'herbicides disponibles pour ces cultures spéciales. Le second découle du coût élevé de la main d'œuvre. « Nous mettons constamment à jour nos téléphones et nos ordinateurs, affirme-t-il, ce qui est le

signe d'une technologie robuste et flexible. »

En France, la robotique est l'une des neuf priorités pour « relever le défi alimentaire et écologique » mises en avant par le rapport « Agriculture et Innovation 2025 », remis au Ministre de l'Agriculture en 2015.

A partir de ce constat, l'Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture (IRSTEA, ex CEMAGREF) et l'Union des industriels de l'Agroéquipement (AXEMA) ont réuni divers acteurs privés et publics, afin de chercher à établir des synergies entre ces acteurs. A l'automne 2017, l'association ROBAGRI était ainsi créée, réunissant 62 entreprises et organismes, dont la FNAMS.

Gageons que la dynamique ainsi créée débouchera « assez vite » - à l'échelle de la décennie peut-être - sur des solutions robotiques opérationnelles sur une assez large diversité de cultures.

D'ici là, il faudra progresser dans de nombreux domaines, comme la sécurité, l'autonomie énergétique, la précision du guidage, la détection d'adventices, l'adaptation à des conditions adverses de sol et de climat, et la polyvalence (utilisation sur des cultures diverses). Les premiers retours d'expérience montrent également que l'arrivée de ces nouveaux engins ne sera pas sans conséquences sur l'organisation du travail sur les exploitations.



Parmi les projets les plus avancés en robotique, le robot d'ECOROBOTIX, actuellement en test sur betterave.

Comment préfigurer le désherbage de demain ?

En positionnant sur une trajectoire - difficile à atteindre - de réduction de 50 % des herbicides à échéance 2025, conformément au plan Ecophyto 2+, et en considérant, par hypothèse, que la maîtrise des adventices repose aujourd'hui à 70 % sur le désherbage chimique (Figure 3), comment envisager l'avenir ?

Le déploiement de leviers agronomiques devrait contribuer à limiter significativement l'impact des adventices dans les prochaines années, mais de façon limitée. Les stocks de graines d'adventices dans les sols ont la vie dure, et la réduction de l'usage d'herbicides ne contribuera pas à les réduire. Les nouvelles technologies telles que bio-contrôle, laser... ne se développeront sans doute qu'à une échéance assez lointaine. Le désherbage mécanique se présente donc comme un levier majeur à développer dans les 10-15 prochaines années. Il est indispensable d'encourager, d'accompagner les innovations en ce domaine. ■

SAVOIR +

- James H. Westwood, Raghavan Charudattan, Stephen O. Duke, Steven A. Fennimore, Pam Marrone, David C. Slaughter, Clarence Swanton and Richard Zollinger (2018) - Weed Management in 2050 : Perspectives on the Future of Weed Science - Weed Science Society of America. Volume 66, Issue 3 May 2018, pp. 275-285
- Stéphane Cordeau, Marion Trioleta, Sandra Waymanb, Christian Steinberga, Jean-Philippe Guillemain (2016) - Bioherbicides: Dead in the water? A review of the existing products for integrated weed management - Crop Protection 87, 44-49
- Z. Y. Ge et al. (2013) - Design of Mechanical Arm for Laser Weeding Robot - Applied Mechanics and Materials, Vols. 347-350, pp. 834-838