DÉSHERBAGE ALTERNATIF

UN MONDE SANS GLYPHO MAIS AVEC DES IDÉES

Avec la liste des produits de synthèse qui se réduit sans cesse et la menace qui pèse sur le glyphosate, les regards se portent de plus en plus sur les solutions de désherbage alternatif. Et les idées foisonnent d'un peu partout à travers le monde : électricité, micro-ondes, mousse thermique, jet d'eau, bioherbicides… Le remplaçant du désherbant systémique au prix imbattable n'est pas encore trouvé, mais qui sait, de l'émergence de toutes ces innovations sortira peut-être de nouveaux outils pour aider à contrôler nos chères adventices. Et consolider, voire améliorer nos systèmes en AC.

DR

DR

DR

Les innovations de désherbage qui voient le jour ne remplaceront pas les herbicides de synthèses à court terme. Certaines pourront contribuer cependant à réduire les IFT dans un premier temps, intégrés dans de nouveaux itinéraires techniques qui restent à créer.

Les premiers problèmes apparurent avec le début de l'agriculture. Il aurait sans doute fallu rester chasseur-cueilleur, se nourrir de baies, de glands et de viandes sauvages pour ne pas en arriver à écrire ces lignes. Passer d'un climax forêt de chêne-hêtre à une succession de plantes annuelles entraîne une dépense d'énergie incessante contre mère nature qui ne souhaite qu'une chose : retourner dans son cocon d'équilibre de plantes vivaces. Une lutte favorisée ces dernières décennies par le développement des herbicides de synthèse qui nous ont facilité la tâche et permis de rester dans notre biotope de plantes annuelles perpétuelles. Mais la liste des produits utilisables ainsi que leurs efficacités diminuent, et la situation rend de plus en plus urgente la mise en place d'outils de remplacement. Des solutions existent déjà et voient leur intérêt relancé et accéléré avec le spectre de l'interdiction/réglementation de l'utilisation du glyphosate.

Des herbicides branchés sur courant continu

C'est le cas du désherbage électrique, technologie inventée au début du XXe siècle mais tombée dans l'oubli suite à l'essor des herbicides de synthèse après la Seconde Guerre. Alors que les premiers brevets furent délivrés en 1913, il faut en effet attendre la fin des années 1990 pour que le chercheur Nippo-Brésilien Satoru Narita, relance la recherche sur ce mode de désherbage. Avec l'aide de fonds privés issus d'un grand propriétaire de forêt qui souhaitait régler des problèmes d'adventices, et notamment de résistance dans certaines parcelles, un projet de recherche sur 10 ans se met en place avec l'université de Campinas au Brésil. En partenariat avec une société privée brésilienne, Sayyou, les premiers prototypes sont lancés dès 2012. Les essais à grande échelle s'enchaînent, dans les collectivités mais aussi dans le secteur agricole (sur blé, soja, citrus). *« L'originalité de cette solution est qu'elle présente une action systémique. Le courant détruit à la fois la partie aérienne mais aussi la biomasse reproductive racinaire, empêchant ainsi la plante de se régénérer. Dans les essais, le nombre de repousses d'adventices après 3 ou 6 mois est d'ailleurs comparable à celui des parcelles traitées au glyphosate »*, indique Benjamin Ergas, directeur de la société suisse Zasso Group AG, de laquelle Sayyou (devenue Zasso Brazil) fait désormais partie.

En effet, la machine, appelée Electroherbe, se distingue par un effet destructeur qui se propage du feuillage de la plante ciblée jusqu'au système racinaire, et ce, sans perte de charge. Ce mode d'action est possible car la machine fonctionne en circuit fermé. Le courant part d'une génératrice, située à l'arrière du tracteur et animée par la prise de force, puis migre ensuite dans une première rangée d'applicateurs « plante » situés sur le relevage avant, composés de spatules métalliques de taille et d'espacement variables (10-20 cm), pour une largeur totale de 1 à 10 m. Ces applicateurs sont interchangeables suivant les cultures. Le courant touche les plantes, transite à travers les tissus avant de remonter dans la deuxième rangée d'applicateurs « terre » qui ferme le circuit. En s'acheminant dans le végétal, l'électricité fait éclater les vaisseaux et endommage les cellules. L'énergie est transformée en un processus qui délivre soit un courant alternatif haute fréquence (3-30 kHz), soit un courant continu à haute tension (5 000-15 000 V), bien que sur le terrain, les charges utiles ne dépassent pas 6 000 V. Ce dosage est déterminé par les conditions de terrain et le type

Le courant électrique de l'Electroherbe détruit à la fois la partie aérienne et la biomasse reproductive racinaire des adventices. Plus efficace sur les jeunes dicots que sur les vivaces, des essais pour compléter les évaluations et des démonstrations sont prévus en France en 2018.

DR

de plantes rencontrées. *« Le système s'autorégule en fonction de nombreux paramètres : hauteur et densité du feuillage et des racines des adventices, humidité du sol, densité, topographie, vitesse du tracteur, largeur des applicateurs… Beaucoup de brevets tournent autour de cette problématique, afin de fournir une alimentation continue et stable »*, explique le directeur. Pour avoir un effet efficace, l'énergie déployée s'étend de 100 à 1 000 joules, de quoi dessécher les tissus sans les brûler ni même les faire cuire. L'effet destructeur est meilleur en plein soleil, bien que le constructeur indique que la machine peut fonctionner sous n'importe quelle condition, sauf sous une pluie « torrentielle ». *« Les conditions relativement moins favorables se rencontrent à l'aube, lorsqu'il peut y avoir de la rosée et que les plantes à détruire sont proches du sol. Dans ce cas, le courant peut avoir tendance à se dissiper plus facilement, la perte d'efficacité peut alors être de l'ordre de 10 % »*, commente le spécialiste. La machine semble avoir une action significative sur dicotylédones. *« Plus les plantes sont riches en eau, plus elles sont sensibles au courant. Leur structure racinaire joue aussi. Des adventices avec des rhizomes comme la renouée liseron sont plus dures à détruire que les graminées, qui ont un réseau de racines plus concentré »*, détaille Matthias Eberius, technicien chez Zasso.

De nouvelles évaluations en France en 2018

« Nous avons essayé le prototype sur des parcelles bio de soja semé en direct dans les chaumes du précédent. La technologie est intéressante en système biologique pour pouvoir évoluer vers des systèmes en semis direct. Nous l'avons passé juste après le semis, car nous avons une fenêtre de 5 jours avant la levée de la culture. L'outil a bien maîtrisé les adventices annuelles, qui mesuraient entre 5 et 25 cm de haut. Le contrôle était moins efficace sur certaines plantes pérennes, surtout celles avec des systèmes racinaires "diffus", où il a fallu deux ou trois passages. Dans nos conditions, il faut aussi faire attention que le sol ne soit pas trop humide pour ne pas trop le tasser du fait du poids de la machine. En termes de consommation de gasoil, nous avons noté des chiffres entre 10 et 12 l/ha », témoigne Marcio Chaliol, responsable technique de l'entreprise suisse Gebana qui encadre un groupe de producteurs bio « ABC » dans le sud du Brésil. Depuis, le constructeur a travaillé sur le poids, et les 15 machines commercialisées au Brésil pèsent en moyenne 800 kg (200 kg pour les applicateurs et 600 kg pour la génératrice), pour des niveaux de consommation identiques. Le constructeur prévoit néanmoins une réduction du poids importante pour les futurs équipements développés pour le segment agricole. La vitesse de travail actuelle de l'Electroherbe est de l'ordre de 3 à 5 km/h, bien qu'il soit possible d'aller jusqu'à 10 km/h. La contrainte reste en effet le temps de contact entre les électrodes et la plante : il doit être entre 0,1 et 1 seconde suivant la hauteur des adventices. Avec une largeur actuelle de 2,5 m à 3 m de large, l'engin a un débit de chantier de 1 ha/h.

DR

« L'outil, passé cinq jours après un semis direct de soja bio, a bien maîtrisé les adventices annuelles qui mesuraient entre 5 et 25 cm de haut. Le contrôle était moins efficace sur certaines plantes pérennes, où il a fallu deux ou trois passages. La technologie reste intéressante pour évoluer vers des systèmes bio en semis direct », témoigne Marcio Chaliol, technicien dans le sud du Brésil.

En termes de risques pour la faune du sol, des tests sur vers de terre et collemboles sont en cours de finalisation. Pour le moment, le rapport de synthèse n'est pas disponible mais selon le constructeur, l'impact serait limité. *« Les résultats des essais effectués en 2017, dans des conditions réalistes de dosage et de mode de traitement, n'ont pas montré d'effets significatifs sur les vers de terre, les acariens oribatides et les micro-organismes. Seuls les tests effectués dans des zones non ciblées pour l'utilisation normale de l'équipement, comme les prairies étendues et humides, ont révélé une sensibilité aux doses très élevées »*, précise le directeur. Les essais prévus pour 2018 chercheront à évaluer le dosage optimal pour assurer la destruction des mauvaises herbes tout en impactant au minimum les organismes non ciblés.

Reste enfin la question de l'émission de champ magnétique potentiellement nocif pour l'utilisateur. *« L'intensité de ces champs a été mesurée et il ressort que les radiations viennent principalement du générateur, qui est cependant protégé. Il serait possible d'arriver à zéro émission, mais le process entraînerait une hausse massive du coût de production de l'appareil. De plus, les applicateurs rayonnent bien en dessous des valeurs critiques pour l'homme et l'environnement »*, conclu M. Eberius. Quant au coût de la machine, le constructeur n'annonce pas encore de chiffres. Il espère une mise sur le marché pour 2019. D'ici là, Arvalis et l'Institut français de la vigne et du vin se sont attelés au dossier pour compléter les évaluations. La version actuelle sera en démonstration en France en deuxième partie d'année.

Des micro-ondes pour cuisiner les adventices…

Une autre technologie qui a l'avantage de ne pas toucher le sol est le désherbage par micro-ondes. Créé initialement plutôt dans le but de réchauffer des plats surgelés, son intérêt pour détruire les plantes indésirables a pourtant été étudié dès 1920. Des pizzas aux adventices il n'y a qu'un pas. Graham Brodie, de l'université de Melbourne en Australie, a justement utilisé en 2006 un micro-ondes de cuisine d'une puissance de 600 watts pour étudier son potentiel désherbant. *« Les micro-ondes font osciller les molécules d'eau contenues dans la plante de manière*

DR

Le désherbeur à micro-ondes du docteur australien Graham Brodie a une puissance de 8 kW. Il détruit les adventices en un seul passage à 1 km/h. « Avec des générateurs de 18 kW, il serait possible de travailler entre 6 et 10 km/h », décrit le scientifique.

DR

Les antennes de sorties font 11 cm de large ce qui permet de diriger le flux de micro-ondes entre les rangs d'une culture déjà levée.

très rapide, ce qui provoque un échauffement. Cette eau se transforme en vapeur qui génère une forte pression qui va dégrader la structure cellulaire. C'est d'ailleurs très impressionnant d'entendre la végétation craquer au passage de la machine », détaille le docteur en sciences. Dès 2008, il développe une version expérimentale d'une puissance de 8 kW. Elle est constituée de quatre générateurs indépendants de 2 kW chacun. Les antennes de sorties font 11 cm de large ce qui permet de diriger le flux entre les rangs d'une culture déjà levée. « *L'outil est utilisé à une vitesse de 1 km/h, ce qui génère une température de 60 °C sur le sol, suffisant pour éliminer des adventices à un stade jeune. Avec une puissance de 18 kW, il serait possible de travailler entre 6 et 10 km/h, sachant qu'il existe déjà des générateurs industriels de près de 100 kW* », précise le spécialiste. La machine est aussi utilisée pour traiter le sol dans le but de réduire la banque de semences adventices, mais aussi détruire certains organismes pathogènes comme les nématodes, bactéries et champignons divers (notamment fusarium et slerotium). Cette opération nécessite cependant bien plus d'énergie et une vitesse beaucoup plus lente : 40-50 m/heure. L'effet sur le développement des mauvaises herbes est en revanche plus long. Des essais réalisés avant le semis de céréales (riz, blé) ont montré, dans certaines conditions, une réduction de la pression d'adventices jusqu'à 85 % par rapport au témoin non traité une fois les cultures levées. Les tests ont aussi montré des gains de rendements qui variaient entre + 35 % et + 92 % par rapport au témoin. « *Les micro-ondes ne pénètrent qu'à 5 cm, mais cela suffit pour tuer une partie des bactéries présentes, comme un travail de sol, mais sans le chamboulement de la structure qui va avec. Cette destruction provoque un effet de minéralisation et donc de relargage de l'azote d'où la hausse de rendement. Les populations de bactéries se régénèrent très vite par la suite et quelques semaines après, elles sont plus nombreuses qu'avant le passage de la machine. Il a été noté que cet effet du traitement du sol sur le rendement persiste même pendant trois saisons* », rajoute G. Brodie.

...et les limaces par la même occasion

En plus des adventices, la technologie aide à contrôler certains bioagresseurs, notamment les gastéropodes. Dans certains essais, le chercheur a pu démontrer que les quantités d'énergies pour tuer les limaces et escargots étaient dix fois moindres que celles nécessaires pour détruire les plantes présentes (tableau ci-contre). Le revers de la médaille concerne par contre les vers de terre et toute la macrofaune utile qui se trouvent en surface. « *À ce stade nous ne sommes pas encore certains de l'effet sur cette macrofaune. Les micro-ondes tuent probablement les vers de terre très proches de la surface, au même titre qu'un travail du sol superficiel. Ceux en profondeur sont protégés car l'effet ne va pas en dessous de 5 cm* », indique le chercheur, qui précise par ailleurs que l'opérateur est, lui, à l'abri grâce à un bouclier protecteur. L'autre inconvénient majeur de cette technologie est sa consommation d'énergie. Les quatre générateurs de 2 kW ont besoin de deux génératrices d'électricité de 7 kW. Il y a donc une perte d'énergie inhérente au processus de transformation qui se dégage en chaleur dans l'atmosphère et qui n'est pas récupérée. « *L'efficacité d'un micro-ondes ménager est inférieure à 50 %. Mon système actuel tourne autour de 75-80 %. Mais des générateurs industriels dans des systèmes bien fermés assurent des rendements de 90 %* », conclut G. Brodie.

De la chimie verte pour assaisonner les parcelles

Après ces technologies mécaniques (voir encadré en fin de dossier), place aux solutions plus "douces". Puisque les herbicides de synthèse ne font plus bonne presse, il convient de jeter un œil aux solutions plus « organiques » : les bioherbicides. Ils sont obtenus à partir de molécules actives naturelles trouvées dans des organismes vivants : bactéries, champignons, plantes… Un rapide aperçu des solutions disponibles amène naturellement au seul produit de ce type qui a obtenu une AMM sur grandes cultures : le Beloukha. Commercialisé par la société Jade, ce produit non sélectif est constitué d'acides pélargoniques (acide nonanoïque), un acide gras obtenu après extraction sur de l'huile de colza (voir *TCS* 81 de janvier/février 2015).
Ces molécules agissent par contact en déshydratant les tissus cellulaires de la plante, entraînant son dessèchement.

Micro-ondes et gastéropodes

PEU D'ÉNERGIE POUR DÉTRUIRE LES LIMACES

Espèces	LD50 (J/cm²)	LD90 (J/cm²)
Ray-grass annuel	180	240
Orge commune	100	190
Brome mou	170	330
Erigeron	125	170
Escargot - Limace	6	14
Avoine	100	180

Énergie micro-ondes en joule/cm² nécessaire pour détruire 50 % des espèces testées (LD 50, dose létale 50) ou 90 % des espèces testées (LD 90, dose létale 90).
Les escargots ou limaces sont détruits avec une quantité d'énergie relativement faible comparée à celle nécessaire pour tuer les adventices.

+d'infos

Si vous n'avez pas le N° 97 de *TCS* en main et que vous souhaitez lire la suite de ce dossier, vous pouvez le commander au 03 87 69 18 18. Pour plus d'information sur les TCS, le semis direct et les couverts végétaux, nous vous donnons également rendez-vous sur :
www.agriculture-de-conservation.com

DR

Malgré son coût (300 €/ha plus le coût du broyage contre une centaine d'euros avec une stratégie chimique classique), le Beloukha présente une certaine efficacité pour le défanage de pommes de terre (essais en Normandie sur variété Caesar à 16 l/ha à un taux de sénescence de 10 %, à 11 heures un jour de beau temps. Broyage des fanes au préalable à une hauteur de 15 cm).

Son action n'est donc pas systémique. En 2018, il est homologué sur vignes, fruitiers, et pour la dessiccation de pommes de terre. Comme tous les produits de ce type, il est conseillé de les appliquer au printemps ou en été, sur de jeunes herbes indésirables en pleine croissance (idéalement lorsque les plantes font moins de 10-15 cm de hauteur). En grandes cultures, il peut contribuer à réduire les IFT en étant associé à des herbicides conventionnels (graphique page 22). Son efficacité pour le défanage des pommes de terre est certaine s'il est utilisé en bonnes conditions. Pour cela, il doit être accompagné d'un broyage. *« Dans nos essais, lorsque broyage et défanage ont été réalisés par temps ensoleillé, sur une culture qui présente un taux de sénescence de 20 %, l'efficacité du produit utilisé à la dose recommandée (16 l/ha) a été équivalente à un défanage chimique classique »*, décrit Adrien Bloux du CerFrance Normandie Maine. L'intéressé précise cependant que *« le défanage revient à 300 € plus le coût du broyage, contre une centaine d'euros avec une stratégie chimique classique »*. Il met en effet le doigt sur l'inconvénient majeur de ce type de produit à l'heure actuelle : le coût à l'hectare. Un prix qui est cependant amené à diminuer avec les années.

Une vinaigrette encore un peu trop « salée »

Une autre solution du même type est l'extrait d'huile de pin. Commercialisé en Nouvelle-Zélande et en Australie depuis plusieurs années, il est remis à jour au Québec sous une nouvelle formulation par la société AEF Global. Selon la compagnie, l'efficacité a été augmentée par l'utilisation d'un niveau de pureté supérieur des agents actifs contenus dans l'huile. Le produit obtient des résultats qui montent jusqu'à 100 % de destruction sur certaines dicotylédones comme le chénopode, l'amarante ou l'ambroisie, mais aussi sur certaines graminées annuelles (sétaire). Il est utilisé avec une dilution à 10 % (sur plante au stade cotylédons) à 20 % (sur plante de plus de 5 feuilles) sans ajout d'adjuvant. Ici encore le problème reste le coût. *« Il est encore inconcevable de pouvoir l'utiliser en plein car le coût monterait autour de 600 €/ha. Ce type de produit peut cependant trouver sa place dans le cadre d'une agriculture biologique avec un jet dirigé sur le rang de maïs couplé à un binage interrang. La céréale résiste en effet au traitement à partir du stade 5 feuilles »*, précise Claude Dubois, directeur de la société, qui prévoit une commercialisation du produit en 2019 sur le marché canadien.

Dans le marché voisin, aux États-Unis, c'est un autre bioherbicide à base d'acide gras qui fait parler de lui sur le marché bio. Commercialisé par la société Westbridge sous le nom de Suppress, il s'agit d'un mélange d'acide caprylique et d'acide caprique, deux acides gras qu'il est possible d'extraire du fromage de chèvre ! Sur le marché depuis quatre ans, il est utilisé aujourd'hui sur plusieurs milliers d'hectares selon le fabricant. Il présenterait une certaine efficacité sur dicotylédones mais aussi sur graminées, même en conditions froides. Dilué à un taux qui varie de 3 à 9 % (en moyenne 6 % pour un volume de 230 l de bouillie/ha) en fonction du niveau de développement des plantes, le produit est employé principalement sur fruitiers et vignes, en prenant garde de ne pas toucher le feuillage des cultures, pour un coût de 250 €/ha. À noter que certains céréaliers bio l'utilisent comme desséchant pré-récolte, efficace, mais coûteux. Il est aussi utilisé sur soja en désherbage entre-rang, avec des applicateurs dirigés qui protègent la culture.

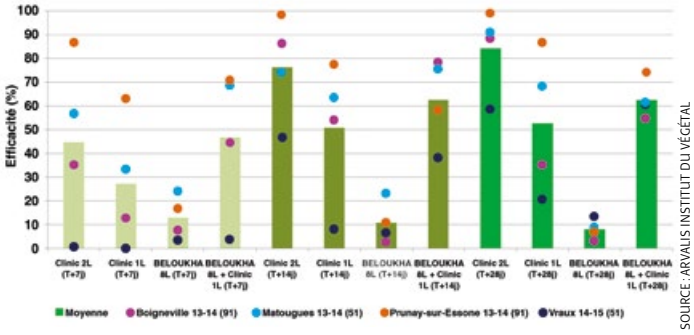
DR

Comme tous les bioherbicides à base d'acides gras, il est conseillé d'appliquer l'huile de pin au printemps ou en été, sur de jeunes herbes indésirables en pleine croissance (idéalement lorsque les plantes ont moins de 10 à 15 cm de hauteur).

En redescendant plus bas sur le continent américain, il convient de mentionner l'utilisation de l'huile de soja en Argentine par des céréaliers bio qui tentent l'expérience du semis direct. Ici, c'est la lécithine contenue dans la légumineuse qui a un effet desséchant. Les lécithines sont des molécules complexes, des phospholipides, constituées en partie d'acides gras. *« Il faut choisir des variétés riches en lécithine. La dilution est de 5 %. Les essais ont été réalisés lors d'implantation de soja dans des couverts de seigle roulés. Une première application est effectuée lors du second roulage dans le mulch couché, puis une seconde le jour du semis. Le produit*

Si beaucoup des bioherbicides qui ciblent d'abord une utilisation en maraîchage, horticulture et plantes pérennes sont testés et préconisés avec de gros volumes d'eau, il y a fort à parier que les techniques de bas volume, comme elles ont été développées par les céréaliers, permettent, comme pour les produits de synthèse, de réduire très significativement les dosages appliqués tout en améliorant l'efficacité et en réduisant les coûts.

Bioherbicide - Beloukha
Des associations possibles pour réduire les IFT



SOURCE : ARVALIS INSTITUT DU VÉGÉTAL

Efficacité sur repousses de colza d'applications des herbicides Clinic (glyphosate : 360 g/l) et Beloukha à différentes doses, seuls ou associés. Le Beloukha seul reste moins efficace que les produits chimiques de synthèse, mais associé avec eux, il peut contribuer à réduire les IFT.

a un effet d'une dizaine de jours ce qui laisse le temps au soja de sortir. L'huile n'est pas facile à utiliser car dure à mélanger dans la cuve du pulvérisateur, l'agitation doit être constante. Mais les niveaux d'efficacité sont de l'ordre de 66 % sur jeunes plantules au stade 1 à 2 feuilles, ce qui n'est pas rien en agriculture biologique », indique un céréalier dans la plaine de Buenos Aires, qui vend ses céréales aux États-Unis[1]. Selon les producteurs, l'huile de tournesol pourrait être aussi utilisée, à condition que les variétés soient riches en lécithine.

Des microbes pour équilibrer le menu

Mais la solution systémique « naturelle » va peut-être venir d'une molécule active obtenue à partir d'un microbe au doux nom de Burkholderia. Après avoir commercialisé plusieurs bioherbicides comme le vinaigre et les huiles essentielles (citronnelle, limonène issu de l'huile essentielle d'orange), la société américaine Marrone Bio Innovation, spécialiste en la matière depuis 2006, se concentre désormais exclusivement sur les molécules issues de ces microorganismes. *« L'inconvénient avec les huiles ou le vinaigre, c'est qu'il faut les utiliser avec des volumes importants pour avoir un effet brûlant, et plusieurs fois, ce qui augmente le coût du traitement. C'est pourquoi nous avons analysé des milliers d'extraits de microbes qui s'attaquent à des enzymes fondamentales dans le développement cellulaire des plantes. Un candidat très sérieux, qui a la capacité de se déplacer dans les vaisseaux des plantes, a été isolé et s'appelle Spliceostatin C »*, détaille Pam Marrone, le fondateur de l'entreprise. Sa particularité, une action à très faible dose : 0,75 g/ha (contre 270 g/ha pour le glyphosate et plus de 2 kg pour l'atrazine ou le 2,4 D, voir tableau ci-dessous). Le produit, dénommé MBI 014, a une efficacité très forte lorsqu'il est employé en pré-émergence à la dose recommandée (0,75 g/ha) : 100 % des espèces sont alors détruites.

En post-émergence, les résultats varient en fonction des surfactants utilisés, les graminées étant plus sensibles à l'addition de ce type de produit. Appliqué sur des plantules de 2-4 feuilles, les niveaux d'efficacité varient entre 60 et 100 % en fonction des doses. La société travaille dorénavant à trouver l'adjuvant adéquat qui permettra de travailler à des volumes de bouillie compatibles à une utilisation commerciale. Marrone bio Innovation a déjà développé des produits du même genre mais avec des composants différents, comme le MBI 05, dont la substance active (la thaxtomine A), vient d'un champignon (streptomyces). Ce biodésherbant a une activité à large spectre en prélevée et sélective en postlevée sur gazons et certaines cultures. Homologué par l'Agence américaine environnementale, le produit n'a finalement jamais été lancé sur le marché à cause d'un coût de production trop élevé. Mais le potentiel du MBI 014 est tout autre. *« Nous avons réussi à établir un process de fermentation optimisé qui est très efficace. Nous focalisons désormais toute notre attention sur ce produit qui a le potentiel d'être compétitif en termes de coût vis-à-vis des désherbants de synthèse »*, explique le directeur. Un optimisme encouragé par la plus grande facilité réglementaire pour commercialiser ce type de produit. *« Il faut plus de 11 ans et une dépense de 300 millions de dollars pour amener un nouveau pesticide conventionnel sur le marché. Nous pouvons créer un biopesticide pour moins de 4 millions de dollars et le sortir en moins de 4 ans sur le marché américain. Cela est faisable grâce à la réglementation simplifiée qui a été mise en place sur ce type de produit à partir de 1994, et qui s'est améliorée en 2001. Il est donc possible de lancer un produit de première génération tout en continuant à le développer en parallèle »*, conclut le directeur, qui table sur une commercialisation fin 2019 si tous les processus réglementaires sont satisfaits d'ici là.

De nouvelles recettes à inventer

Enfin, un dernier bioherbicide qui pourrait avoir un intérêt dans nos systèmes de couverts permanents, est le produit Organo-sol. Il est constitué d'un mélange de bactéries lactiques de la famille des Lactobacillus, qui proviennent de la fermentation des produits laitiers qui produisent de l'acide citrique et lactique. Ce biodésherbant assure un contrôle partiel de certaines légumineuses comme le trèfle blanc ou le lotier corniculé. Autorisé par le Gouvernement canadien, il n'a été commercialisé que pour l'usage domestique, sous le nom de Bioprotec herbicide, du fait de son coût élevé. *« La substance est assez attrayante pour un usage urbain en raison du contexte réglementaire en place limitant l'usage des herbicides conventionnels. Du fait de sa sélectivité limitée et de son coût, il n'a cependant jamais été commercialisé sur le marché professionnel »*, précise Claude Dubois, de la société AEF global. Pour conclure, il faut préciser que le dévelop-

Bioherbicide – Spliceostatin C
UNE NOUVELLE MATIÈRE ACTIVE TRÈS PUISSANTE

Produit	g/ha de matière active pour une efficacité identique
MBI – 0.14 (spliceostatin C + autres adjuvants)	0,75
Raptor (imazamox)	40
Roundup (glyphosate)	270 (0,75 l de glyphosate commercial classique)
Rely (glufosinate)	870
Atrazine	2200
2,4 Db	2400
Suppress (acide caprylique et caprique)	11 000 (ml)

Dose nécessaire d'efficacité de différentes matières actives. La spliceostatin C, découverte par l'entreprise américaine Marrone Bio Innovation à partir d'un microbe, agit à très faible dose.

Herbicides minéraux
Pour un retour vers le futur ?

Et si le contexte poussait l'agriculture à employer de nouveau les herbicides minéraux ?
Ils étaient les premiers herbicides utilisés au début du XXe siècle, et furent abandonnés pour les herbicides de synthèse, car plus efficaces et plus pratiques à utiliser. Il faut cependant préciser que, malgré leurs défauts, ils ont un gros avantage : accessibles pour beaucoup d'entre eux directement à l'état naturel, les molécules qui les constituent sont reconnues par les mécanismes de dégradation biologique des sols. Ils se décomposent donc entièrement en éléments chimiques simples. Cela ne signifie pas qu'ils ne sont pas toxiques, notamment à court terme, mais la plupart d'entre eux n'ont aucune toxicité à long terme, par accumulation de métabolites de dégradation de composition inconnue dans le sol.

Le sulfureux acide sulfurique, l'intrant « tout en un »
C'est le cas de l'acide sulfurique, qui est encore largement utilisé à travers le monde mais interdit en Europe. *« Il fut l'un des premiers, voire peut-être le premier produit désherbant utilisé sur une échelle importante, pour le désherbage sélectif des céréales au début du XXe siècle »*, commente Joseph Pousset, agriculteur formateur en agriculture biologique. Il est aussi employé actuellement comme défanant pour pommes de terre aux États-Unis. Naturellement présent dans les régions volcaniques, sa composition, H_2SO_4, fait qu'il est entièrement décomposé dans le sol en particules élémentaires simples : hydrogène, oxygène et soufre. *« Il agit par contact en vidant les plantes de leur eau, celles qui sont protégées par une cuticule cireuse comme les graminées ne sont ainsi pas touchées. Le produit a en effet tendance à glisser sans adhérer ce qui fait que le bourgeon terminal est à l'abri dans la rosette de feuilles »*, indique le conseiller. Il s'agit donc d'un produit sélectif des céréales mais aussi des alliacés. Il pourrait aussi être utilisé sur lin assez développé, tout comme sur jeunes betteraves. Il présente une grande efficacité sur de nombreuses dicotylédones. *« La plupart du temps, une concentration à 5 % suffit pour tuer les crucifères et les jeunes coquelicots. La majorité des dicotylédones annuelles, chénopodes, gaillet, etc. sont détruites par une solution à 10-12 %. Il vaut mieux intervenir sur plantule pour avoir la meilleure efficacité »*, précise J. Pousset. Un autre intérêt de l'acide est qu'il présente un effet fongicide avéré sur plusieurs maladies : rouilles, piétin-verse, piétin-échaudage. *« Le mode d'action est encore peu connu. Il résulterait à la fois d'un effet déshydratant mais aussi d'une amélioration de la nutrition, notamment phosphatée, du blé. L'acide transformerait une partie des phosphates en superphosphates plus assimilables, et améliorerait aussi la disponibilité d'oligoéléments »*, détaille le spécialiste. Il apporte aussi évidemment du soufre. Le produit présente cependant des inconvénients : une certaine dangerosité pour l'utilisateur (attention de verser l'acide dans l'eau et non l'inverse, sinon danger de brûlure !). *« Il en va de ce produit comme du feu : il est dangereux mais si sa dangerosité est connue et maîtrisée, il ne fait aucun mal »*, indique J. Pousset. Il est aussi très corrosif pour le matériel. *« Un pulvérisateur ordinaire en polyester convient. Il vaut mieux utiliser une pompe à membrane car les pompes à piston ne semblent pas résister à l'acide. Un système d'injection direct serait bienvenu. Avant de le réutiliser à grande échelle, un travail sur le matériel serait nécessaire »*, rajoute l'expert. De plus, le volume de bouillie doit être important : 400 – 500 l/ha, dans le but de s'assurer que les adventices sont bien impactées. Enfin, il présente un effet certain et nocif en fonction de la concentration sur les animaux macroscopiques : crapauds, vers de terre, insectes. *« L'effet sur les bactéries est moindre car leur population se reconstitue rapidement. De plus amples observations et études seraient nécessaires pour en savoir plus sur l'impact sur la vie du sol d'un tel produit »*, conclut le spécialiste[1].

(1) Pour de plus amples informations sur les désherbants minéraux, lire « Agricultures sans herbicides » de Joseph Pousset aux éditions France Agricole,

pement des produits à base de microorganismes est facilité hors de l'Europe par des cadres réglementaires moins contraignants. En France, l'Inra travaille beaucoup en amont sur l'impact potentiel de ce type de produit sur le long terme, car ils peuvent évoluer avec le temps. Leur apparition sur le marché européen sera donc plus longue et plus coûteuse.

Ainsi et après ce tour d'horizon non exhaustif sur les solutions potentielles à venir, il est certain que la plupart de ces bioherbicides présentent pour l'instant des niveaux d'efficacité moindres que les désherbants de synthèse actuels. Il faut cependant noter qu'ils pourraient apporter des plus ; associés ou non, afin de réduire les IFT, tout en diversifiant les modes d'action. Ces nouvelles solutions, comme leurs « ancêtres », les herbicides minéraux (voir encadré), alliées aux dernières technologies (robot, reconnaissance digitale des plantes, modulation intraparcellaire) ne trouveraient-elles pas leur place dans cette transition vers une agriculture sans travail du sol et avec moins de chimie de synthèse ? Ils pourraient servir de tremplin pour bon nombre de TCSistes et de SDistes qui réfléchissent actuellement au passage à l'agriculture biologique. Ces innovations, dans un contexte plus rémunérateur, pourraient peut-être trouver leur place et donner des armes pour faciliter et aider à la transition. À condition que le cadre réglementaire de ce type d'agriculture s'adapte aussi en conséquence en élargissant la gamme de pratiques de désherbage autorisées.

Maxime BARBIER

(1) En Argentine, les producteurs ont le choix d'être certifiés selon les normes américaines ou européennes. Si l'agriculteur avait été certifié selon le règlement européen, il n'aurait pas pu utiliser le soja comme désherbant organique, car le règlement européen interdit tout usage de désherbant, qu'il soit organique ou non.

Viticulture

Des solutions qui brillent comme des bulles dans un verre de champagne

Poussées par une industrie à forte valeur ajoutée, de nombreuses innovations voient le jour dans le monde viticole.

Déjà en action en maraîchage sur de petites surfaces, les robots désherbeurs autonomes arrivent dans le monde de la vigne. Et cocorico, ils viennent de France, de la Champagne précisément. Développés par la société Vitibot, les robots « Bakus », équipés d'éléments bineurs, sont de type enjambeur avec un guidage 100 % autonome. Ils ont en effet la capacité de reconnaître leur environnement sous forme de nuage de points. *« Le robot peut prendre ses décisions en fonction de ce qu'il «voit», comme un humain. La seule différence est sa réactivité inférieure au dixième de seconde qui lui permet des trajectoires extrêmement précises »*, indique Bernard Boxho, responsable de la société. *« L'objectif est d'aider les viticulteurs à supprimer les herbicides. C'est une étape délicate car le désherbage mécanique prend 15 fois plus de temps, avec un binage toutes les trois semaines contre deux passages en chimie seulement »*, rajoute l'expert. Or, après une charge de 3 h, le Bakus peut travailler en toute autonomie pendant 10 h grâce à ses panneaux solaires, soit une durée de désherbage potentielle de 20 h par jour. Grâce à ses quatre roues motrices, la machine a même été conçue pour accéder à des pentes allant jusqu'à 35 %. Il est prévu de le faire évoluer en un véhicule plus polyvalent qui puisse faire aussi de la pulvérisation confinée. Le Bakus sera commercialisé en fin d'année afin d'avoir une première flotte évoluant dans les vignobles toute la saison 2019.

Avec 3 h de charge, le robot français Bakus peut biner en toute autonomie les ceps de vigne pendant 10 h non-stop.

UN SERIALWEEDKILLER QUI SÉVIT EN ITALIE

Déjà sur le marché depuis plus de trois ans, les 50 exemplaires du « GrassKiller » de l'entreprise italienne Caffini sèment quant à eux déjà la terreur dans les vignobles italiens. Avec un nom qui ferait frémir n'importe quelle mauvaise herbe rebelle, le GrassKiller est en fait une machine semi-portée qui envoie un jet d'eau à température ambiante autour des pieds de plantes vivaces (vignes, arbres fruitiers, etc.). Le flux de liquide à très haute pression est dirigé vers le sol, ce qui génère un travail mécanique comme si *« des lames de couteau rentraient à une profondeur de 4 à 6 cm »*, dixit le constructeur. L'engin travaille sous les arbustes grâce à des buses alimentées par une pompe à pistons qui fonctionne avec une pression maximale de 1250 bars. Elles sont montées sur une ou deux têtes tournantes gérées hydrauliquement. La vitesse de rotation du disque porte-buses est élevée : 600 tours/minute. *« L'angle du jet d'eau et la forte pression détruisent les adventices, les résultats sont notamment très bons sur graminée. Une partie des racines superficielles de la culture est aussi touchée, ce qui pousse les plantes à s'enraciner plus en profondeur »*, décrit Elvio Arrigucci, responsable export de la société.

La machine dispose d'une cuve de 1000 l ou 2000 l et travaille sur une largeur de 25 cm à 38 cm. Le prix peut varier entre le GrassKiller Mono de 32000 € (la version portée avec cuve de 600 l et avec une seule tête tournante) ou 34000 € (la version de base traînée avec une seule tête tournante avec cuve de 1000 l) et le GrassKiller Twin de 46000 € (la version traînée avec cuve de 2000 l et avec 2 têtes tournantes). Le niveau de consommation d'eau est de 1000 à 1500 litres/hectare.

Le flux d'eau à très haute pression du GrassKiller découpe les adventices entre 4 et 6 cm sous la surface du sol. La machine italienne est très efficace contre les graminées notamment. En fait il s'agit presque d'une forme de binage hydraulique à très haute pression.

Avec un travail en bande de 2,5 m et une vitesse d'avancement de 2 à 3 km/h, le débit de chantier varie de 1 à 2,5 h/ha (vignoble déployé). Le constructeur garantit que trois passages par an suffisent pour un contrôle efficace de l'enherbement. Le GrassKiller sera en démonstration dans le sud de la France ce printemps dans différents départements, en partenariat avec la chambre d'agriculture du Gard.

« SCHIUMONE » : L'ÉLÉPHANT BLEU DE LA VIGNE

Toujours dans la campagne italienne, un procédé innovant à base de mousse est actuellement au stade prototype avancé. Dénommé « Schiumone », l'outil réalise un désherbage thermique grâce à l'action d'une mousse chauffée à 65 °C déposée sur la ligne des ceps. *« Le processus de dénaturation des protéines des plantes par la chaleur ne dure que dix secondes. Comme la température de la mousse à l'air libre diminue rapidement, elle n'a pas le temps d'endommager les tissus ligneux des vignes. Elle disparaît complètement au bout de 10-15 minutes »*, explique Giancarlo Spezia, directeur de la société italienne Tecnovit. Le procédé est permis grâce au brassage de l'eau avec un agent moussant dont la composition est non communiquée, mais qui peut être biodégradable à 100 %. Le système de chauffage est alimenté au diesel et est peu gourmand en énergie : 6 l/ha. Pour des rangées de vignes espacées de 2,50 m, le brûlage sur 50 cm de large sous les pieds de vigne aurait un coût total de consommables estimé à 28 €/ha. Circulant à 4 km/h, le débit de chantier est de 1 ha/h. Avec une cuve de capacité de 1000 l, il est ainsi possible de faire 2 ha en autonomie, puisque la consommation d'eau est de 500-600 l /ha. La disponibilité commerciale est prévue en 2018 pour un prix annoncé entre 15000 et 20000 euros.

« Schiumone », le désherbage thermique avec mousse chauffante. Cela pourrait être une publicité pour une marque de produits de nettoyage de voiture, mais il s'agit bien d'un procédé innovant de désherbage du rang en cultures pérennes.

Décaper les adventices à la sableuse avec le Weed-blaster

Franck Forcella devant son prototype.

Franck Forcella travaille pour le ministère de l'Agriculture au laboratoire des sols de Morris dans le nord du Minnesota. En 2007, la production d'abricots de son jardin déborde et en plus de grandes provisions de confitures, il se retrouve avec une montagne de noyaux. Il fait donc une rapide recherche Internet pour inventorier les utilisations possibles et découvre qu'ils sont souvent broyés et utilisés comme matériau abrasif pour le sablage. De retour au laboratoire, il en parle à un collègue et l'idée d'essayer sur des adventices émerge autour du café. Les deux compères commencent par acheter une sableuse pour quelques dollars afin de tester l'idée qui n'est pas saugrenue : ça fonctionne ! Ils achètent une autre sableuse plus conséquente pour poursuivre et faire des essais en plein champs qui confirment l'idée. S'appuyant sur leurs premières tentatives, ils finissent par décrocher un crédit il y a 4 ans afin de travailler sur le projet avec un ingénieur mécanicien. Ils construisent alors une vraie machine pour désherber 4 rangs de maïs avec 2 buses par rang qui projettent le produit abrasif en face à face. Elle leur permet depuis d'explorer toutes les possibilités de cette approche innovante et de perfectionner l'équipement et le choix des matériaux abrasifs. Aujourd'hui le « sableur à adventices » est capable de nettoyer le rang de maïs ou de soja sur 15 à 20 cm en un ou deux passages pour 100 à 200 kg/ha de produit abrasif. Comme c'est la quantité de matériaux, mais aussi la puissance qui semble être la limite, l'idée est de gérer de cette manière le rang et d'utiliser des approches plus classiques et agressives pour l'interrang comme le binage ou le brûlage. Cependant cette approche risque de trouver assez rapidement ses limites en culture classique et même en bio. Le coût premièrement (pas encore vraiment connu mais certainement onéreux) et la difficulté d'intervention. Il faut que les cultures dominent le salissement naissant pour mieux résister au traitement. Cette technique est donc inutilisable avec une végétation homogène (salissement et culture) même en ligne. En revanche, cette approche innovante risque de trouver sa place pour des cultures spécialisées comme la tomate, les framboisiers et même en vigne. Des horticulteurs californiens sont d'ailleurs en train de construire leurs propres outils aujourd'hui. *« C'est plus facile à utiliser avec des cultures pérennes ou transplantées »*, assure F. Forcella.

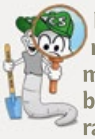
QUEL PRODUIT ABRASIF UTILISER ?

Il n'y a pas que les noyaux d'abricots comme produit intéressant mais tous les broyats de fruits à coque comme pour le sablage. Cependant le matériau le plus simple, le moins coûteux et le plus disponible localement s'est trouvé être les rafles de maïs. Broyées, elles donnent un « sable » assez abrasif qui fonctionne bien. La difficulté est que la majorité du maïs est OGM et conduit en conventionnel ce qui pose une difficulté de certification en AB. *« Nous pouvons trouver des rafles de maïs d'origine AB, des coques de noix aussi, mais aujourd'hui nous travaillons avec un producteur de fientes de volailles. Il faut un conditionnement spécial mais ce type de produit marche assez bien avec en prime une valeur fertilisante qui faciliterait l'accès à cette technologie innovante de désherbage »*, complète F. Forcella. La saison à venir va permettre de multiplier les essais de plein champs, sur différentes cultures et avec différents produits abrasifs. Un guidage RTK devrait permettre d'améliorer la précision des buses et leur efficacité et le système de détection de la végétation devrait apporter des économies de produit en ouvrant/fermant la distribution : que des technologies assez simples qui existent déjà. *« Nous n'en sommes qu'au début de l'approche. C'est une nouvelle machine et il nous reste plein de questions et d'éléments à perfectionner. On est maintenant sûr que ça fonctionne et qu'il y aura des applications intéressantes. Même si le Weed-Blaster n'apportera pas une réponse étendue pour la gestion du salissement, c'est tout de même un nouvel outil intéressant »*, conclut F. Forcella.

Frédéric THOMAS

Matériau abrasif obtenu en broyant les rafles de maïs : un produit organique, simple, facile à récolter et très commun dans la région.

Utilisation du Weed-Blaster sur maïs le 23 juin : témoin et rang traité après un passage à 1 feuille et un autre à 3 feuilles (2 applications).



La large gamme des solutions étudiées et proposées, même si ce dossier spécial n'est pas totalement exhaustif, montre bien que la gestion de l'enherbement est une problématique lourde et centrale pour l'agriculture et le restera encore pour certainement longtemps. Si la concurrence est moins impactante en cultures pérennes, qui en plus peuvent accepter des solutions de désherbage spécifiques, la situation est beaucoup plus complexe en cultures annuelles. Ce dossier confirme qu'il n'existe pas encore de solutions standards, efficaces, passe-partout et peu coûteuses pour remplacer le glyphosate. Cependant, ce foisonnement d'essais et ce bouillonnement d'idées apporteront certainement des innovations ponctuelles que nous pourrons inclure dans nos itinéraires. Stopper et/ou défolier une végétation rapidement sans la détruire est certainement une manière plus habile de gérer un couvert permanent de légumineuses pérennes à l'automne avant une implantation de blé par exemple que de la « calmer chimiquement ». Enfin ce dossier illustre également qu'il est compliqué voire impossible de supprimer (faire mourir) des plantes indésirables à un moment donné sans impacts collatéraux négatifs sur le sol et même la vie dans le sol ou à la surface quelles que soient les solutions ; tout est donc question de sensibilité, voire de label ! Dans tous les cas, il convient de rester avant tout campé sur nos approches d'anticipation en matière de salissement afin de réduire au maximum le recourt aux solutions curatives qu'elles soient « de synthèse » ou non : le sol, l'environnement et même l'économie de nos exploitations agricoles ne s'en porteront que mieux.

Frédéric THOMAS