

AFPP – 23^e CONFÉRENCE DU COLUMA
JOURNÉES INTERNATIONALES SUR LA LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES
DIJON – 6, 7 ET 8 DÉCEMBRE 2016

NOUVELLES TECHNOLOGIES POUR LA GESTION D'ADVENTICES

G. RABATEL

IRSTEA MONTPELLIER. gilles.rabatel@irstea.fr

INTRODUCTION

Les technologies de l'électronique, de l'imagerie et de l'informatique embarquée ont fait leur entrée dans l'agriculture depuis plusieurs décennies maintenant. Capteurs de rendement et de biomasse et positionnement GPS ont notamment permis l'émergence dès la fin des années 90 du concept d'«Agriculture de Précision», aujourd'hui largement concrétisé par la modulation intra-parcellaire des intrants azotés, avec l'appui d'imagerie satellitaire (service FarmStar). Plus récemment, l'arrivée des drones et la maturation des développements robotiques élargissent encore les perspectives. Qu'en est-il, dans ce contexte, de la gestion des adventices ?

Le désherbage localisé, qui peut être vu comme une déclinaison de l'Agriculture de Précision, est un enjeu majeur d'un point de vue à la fois environnemental et économique. En effet, la répartition non homogène des adventices permet d'envisager des gains considérables en termes de quantité d'herbicide nécessaire, si le traitement est limité aux zones infestées. A cela s'ajoute la possibilité de techniques de désherbage alternatives, favorisées par les développements en robotique.

Cependant, les développements concernant le désherbage localisé ont été freinés jusqu'à présent par un véritable verrou technologique : la détection des adventices au sein d'une culture est un problème largement plus difficile que la simple évaluation de biomasse. Ce verrou est aujourd'hui en passe d'être levé, ouvrant la voie à divers scénarios de mise en œuvre pour les prochaines années. Nous évoquons brièvement ci-après les diverses briques technologiques impliquées, de la détection des adventices au désherbage proprement dit.

APPROCHE TEMPS REEL OU APPROCHE DIFFEREE

La gestion des adventices suppose deux tâches essentielles : évaluer leur population d'une part, mettre en œuvre des actions correctives d'autre part. A ce titre, les nouvelles technologies offrent deux approches possibles.

La première d'entre elles est l'approche temps réel, qui consiste à équiper un véhicule terrestre non seulement d'un outil de désherbage, mais aussi de moyens de détection des adventices. Ces dernières sont alors détruites au fur et à mesure de leur détection. Cette approche ne nécessite pas de localisation, hormis dans le cas d'un engin autonome dont il faut assurer le déplacement, ou si l'on veut y coupler l'archivage des données d'infestation.

La seconde est une approche en différé nécessitant deux passes. Dans un premier temps, les mauvaises herbes sont détectées par voie aérienne ou terrestre, permettant d'établir une cartographie d'infestation. Puis cette cartographie est exploitée pour le désherbage proprement dit. Plus complexe d'utilisation, car elle nécessite la gestion de fichiers de données et des outils de localisation précis, l'approche en différé présente en contrepartie un certain nombre d'avantages : algorithmes de traitement d'image plus élaborés, gestion fine des actions culturales, possibilité d'appel à des services d'aide à la décision, prévision de la quantité de produit à embarquer, etc.

DETECTION ET IDENTIFICATION DES ADVENTICES

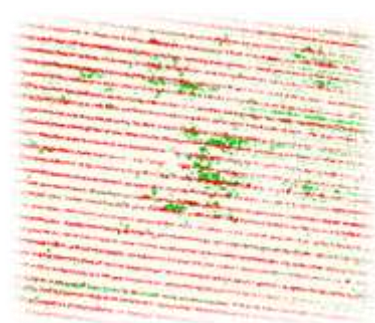
Comme indiqué plus haut, il s'agit là d'un problème difficile, dès lors qu'on n'est pas dans un scénario de détection sur sol nu, pour lequel des outils tels que le WeedSeeker® (de la société Avidor HighTech) sont déjà commercialisés.

S'agissant de détection au sein de la culture, plusieurs principes de détection sont envisageables :

POSITION SPATIALE DANS LE RANG

Cette approche est la plus simple, dans la mesure où elle repose, comme le WeedSeeker®, sur une simple différenciation entre sol et végétation. La différenciation peut s'effectuer par imagerie couleur (détection des pixels verts), ou à l'aide d'une caméra multi-spectrale comprenant une bande supplémentaire dans le proche infrarouge. Cette dernière solution, où la séparation végétation-sol s'apparente à une mesure de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), est plus robuste vis-à-vis de la nature du sol et des conditions de luminosité.

Une fois la végétation séparée du sol, les rangs de culture sont distingués par le fait qu'ils forment des alignements. Est alors considérée comme adventice toute forme de végétation qui ne se situe pas sur un rang (Figure 1).



Source : IAS – CSIC, Espagne

Source : Tillett and Hague Technology, GB

Figure 1. Détection d'adventice par position (gauche : imagerie drone; droite : imagerie au sol)
Weed detection by position (left: aerial imagery ; right: ground imagery)

Parce qu'elle mobilise un capteur d'image peu coûteux et des algorithmes relativement simples, cette approche est aujourd'hui la plus utilisée. Ses principales limitations sont la nécessité d'une culture en rangs bien identifiés et la non-possibilité d'identification des adventices.

FORME ET TEXTURE

Forme et texture sont des attributs accessibles par simple imagerie couleur, et qui, comme pour l'œil humain, devraient en principe permettre de distinguer les mauvaises herbes des cultures, voire d'identifier les espèces en présence. Des travaux ont été menés dans ce sens par divers instituts de recherche dans les années 2000. Toutefois, hormis quelques cas très particuliers, le problème s'est avéré trop complexe en termes de complexité algorithmique, de temps de traitement et de robustesse pour aboutir à des solutions opérationnelles.

La situation pourrait cependant changer avec le développement de nouvelles techniques algorithmiques (« apprentissage profond » ou « deep learning »), liées à l'accroissement considérable des puissances de calcul ces dernières années. Un exemple actuel de cette évolution est le projet Pl@ntNet (INRIA, CIRAD), plateforme interactive et collaborative d'identification des plantes accessible par téléphone portable. On peut donc tout à fait imaginer une application de ce nouveau type d'algorithmes à l'identification des adventices.

Soulignons qu'une telle approche nécessite une excellente résolution spatiale, et donc a priori une prise d'image au sol.

IMAGERIE HYPERSPECTRALE

Une image hyperspectrale est une image qui, contrairement aux images multi-spectrales constituées de quelques bandes, est la superposition d'une à plusieurs centaines de bandes consécutives. Elle permet ainsi, en chaque point de l'image, de disposer d'un spectre quasiment continu (on parle aussi de spectro-imageur). Dès lors, sous des conditions d'étalonnage rigoureuses, cette information spectrale très riche peut permettre d'accéder à la composition chimique des feuilles, et à la distinction entre espèces végétales (Figure 2).

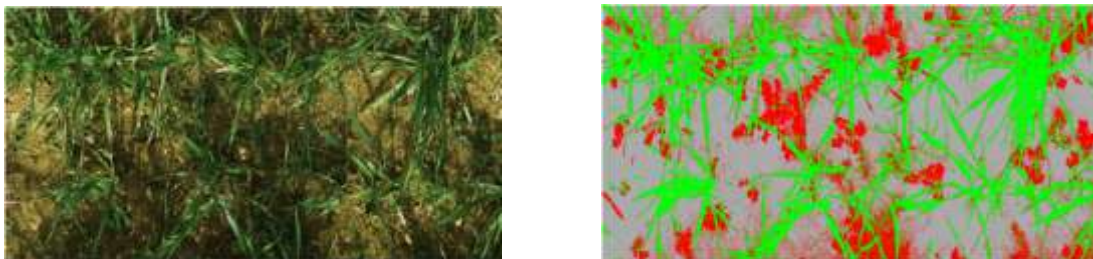


Figure 2. Discrimination blé-adventices par imagerie hyperspectrale (source : Irstea)
Wheat-Weed discrimination by hyperspectral imagery

La mise en œuvre d'une approche hyperspectrale est confrontée aujourd'hui à des obstacles technologiques importants, que ce soit pour une mise en œuvre au sol ou aérienne (coût et poids des caméras, temps de prise d'image, correction de luminosité). Néanmoins, les progrès réalisés sont constants, et aboutiront probablement à des solutions opérationnelles dans les cinq prochaines années.

LOCALISATION

Dès lors que l'on souhaite réaliser une cartographie d'infestation, que ce soit dans une optique de traitement ou d'analyse à long terme, la localisation précise des plantes adventices détectées par l'une des approches ci-dessus est indispensable. A ce titre, l'utilisation d'un récepteur GPS standard, même différentiel, est généralement insuffisante, la précision absolue étant de l'ordre de quelques mètres.

Une solution alternative est un récepteur GPS exploitant la phase des signaux, que ce soit en post-traitement ou en temps réel (GPS RTK, pour Real-Time Kinematics). Ce type de GPS permet d'obtenir une précision centimétrique, avec en contrepartie un coût et une complexité de mise en œuvre élevés. Mais là encore, la situation est en train d'évoluer, avec l'apparition récente de dispositifs RTK miniaturisés et à faible coût, notamment pour le marché de la robotique légère et des drones.

Pour les cultures pérennes (vignes, vergers) ou en maraîchage, une autre possibilité reste l'odométrie (*), associée éventuellement au guidage inter-rangs pour un engin autonome.

(*) Technique permettant d'estimer la position d'un robot mobile en mesurant son déplacement relatif (par exemple à l'aide de capteurs de rotation sur les roues).

DESHERBAGE

Dans l'ensemble, les nouvelles technologies ne devraient pas apporter de changements notoires par rapport aux panels de principes techniques qui ont déjà pu être expérimentés. En revanche, les progrès au niveau robotique et capteurs vont favoriser l'automatisation et la mise en œuvre très précise de ces techniques. C'est ainsi que pour les cultures maraîchères, il existe déjà des équipements capables de réaliser un désherbage mécanique sur le rang entre les pieds de culture, grâce à la détection précise de ces derniers (Tillett and Hague Technology Ltd, UK). De même, la micro-pulvérisation d'herbicide au niveau des plantes est désormais envisageable, ainsi que le brûlage par gaz, dispositif aujourd'hui commercialisé pour la jardinerie, mais applicable à plus grande échelle sur certaines cultures qui le supportent (maïs).

Notons également qu'une technique qui pourrait voir le jour en France dans les années futures est la pulvérisation par drone, dans le cadre d'un désherbage localisé. Largement utilisée au Japon (Figure 3), la pulvérisation par drone est aujourd'hui interdite en France, comme tout traitement aérien. Des études restent nécessaires pour comparer son efficacité en termes de dérive à celle des pulvérisateurs terrestres actuels.



Figure 3. Drone pulvérisateur Yamaha (Japon)
Yamaha Spray Drone (Japan)

AIDE A LA DECISION

L'aide à la décision est déjà largement répandue dans le cadre de la gestion des amendements azotés. Elle s'appuie d'une part sur la prise de mesures et d'images aériennes (service satellitaire ou sociétés de drones), d'autre part sur des modèles agronomiques.

Un tel schéma est tout à fait envisageable au niveau des adventices, pourvu que les techniques de détection soient opérationnelles. Il permettra, au-delà du désherbage immédiat, d'alimenter, sur la base de cartographies d'infestation, des modèles agronomiques de compétition adventices-culture pour une gestion à plus long terme des traitements et des rotations. Réciproquement, ces modèles pourront s'enrichir peu à peu grâce aux multitudes de données collectées, et notamment aux historiques d'évolution des infestations dans diverses conditions de culture et de pilotage de ces cultures.

CONCLUSION

Nous avons évoqué rapidement, dans les lignes qui précèdent, les nouvelles technologies qui combinées entre elles, permettent d'esquisser les scénarios futurs de gestion des adventices. Les aspects détection, en particulier, constituent la pierre angulaire de ces développements.

Un élément important à souligner est le degré de technicité de ces diverses technologies, qu'il s'agisse d'imagerie, de robotique de terrain ou de modélisation agronomique. Dès lors, on peut s'interroger sur la possibilité future pour les exploitants agricoles de les assumer de façon autonome, à la fois au niveau technique et investissement matériel. On rejoint à ce titre une tendance générale de l'agriculture du futur, à savoir la collaboration de plus en plus étroite entre agriculteurs et sociétés de conseil et de service spécialisées, qui constitue en soi une véritable révolution sociétale.