



Trichogrammes sur maïs : l'épandage par voie aérienne

Un des freins à l'utilisation de trichogrammes sur maïs est que, jusqu'à récemment, ces auxiliaires devaient être lâchés « à la main par des piétons ». Aujourd'hui, les ULM et les drones permettent l'épandage mécanisé. Voyons à quelles conditions.

JACQUES FRANDON*

Les trichogrammes, micro-hyménoptères oophages, de l'espèce *Trichogramma brassicae* sont utilisés depuis de nombreuses années pour lutter efficacement contre la pyrale du maïs *Ostrinia nubilalis*. Ils constituent à ce jour la seule utilisation réussie d'un auxiliaire en grandes cultures.

Situation de départ

Un hectare sur cinq « traité pyrale », en méthode manuelle

Ainsi, en France, plus de 120 000 ha de maïs bénéficient annuellement de la protection des trichogrammes. Ceci représente environ 20% des surfaces traitées contre la pyrale, toutes techniques confondues (biologique et chimiques).

Biotop, filiale du pôle agriculture du groupe coopératif InVivo, est le leader européen de cette technique, qu'elle a développée et continuellement améliorée depuis près de trente ans.

En 2014, la société a lancé le produit Trichotop Max, résultat de l'évolution ultime de cette méthode de lutte en application manuelle : conditionnements sous forme de plaquettes (diffuseurs) protectrices biodégradables avec système de libération pro-



- < 1. Drone utilisé pour les largages de capsules.
- < 2. Trichogramme sur maïs. Chaque capsule libérera environ 1 800 trichogrammes.
- > 3. Cet ULM est celui testé en 2015 pour le largage.

gressive (technique « multivague » incluant une vague « ultra-retard »), et substance énergétique renforçant l'efficacité des auxiliaires (voir *Phytoma* n° 672, mars 2014), ce qui permet de couvrir toute une génération de pyrale par un seul lâcher.

Mais, il y a encore peu de temps, la seule manière de lâcher les trichogrammes était la méthode manuelle. Cela consiste à épandre, pour chaque hectare, vingt-cinq

diffuseurs contre la première génération de la pyrale (cinquante diffuseurs contre la G2 ou deuxième génération), ce qui nécessite de parcourir environ 500 m à pied avec un rendement de l'ordre de 4 à 5 ha/heure.

Cette application manuelle présente certes de nombreux avantages : pas de matériel spécifique, rapidité pour aller traiter, indépendance des conditions climatiques (sol détrempe), des systèmes d'irrigation, de la forme et taille des parcelles...

RÉSUMÉ

♦ **CONTEXTE** - Actuellement, 120 000 ha de maïs sont protégés de la pyrale à l'aide de trichogrammes. Les contraintes des chantiers d'épandage (longueur en manuel/passage à pied, passage tardif d'engin terrestre impossible) sont un frein à un plus grand développement de la technique. Par ailleurs, le développement des ULM et des drones permet d'envisager un épandage aérien moins coûteux que par le passé.

♦ **CAMPAGNE 2015** - Biotop, filiale du groupe InVivo, productrice de trichogrammes, a donc :
- mis au point un conditionnement (capsules biodégradables de chacune 1 800 trichogrammes) adapté au lâcher depuis un aéronef ;
- testé en 2015 des chantiers de lâchers combinés ULM (pour les grandes parcelles)/drones multicoptères (pour les parcelles petites, de formes irrégulières et/ou très éloignées).

♦ **BILAN** - La technique mise en œuvre en 2015 est au point pour la protection contre la G2 (seconde génération) de pyrale, avec une complémentarité ULM/drones. Des essais seront menés en 2016 pour tester des conditionnements espérés adaptés à la G1.

♦ **MOTS-CLÉS** - Biocontrôle, maïs, pyrale *Ostrinia nubilalis*, auxiliaires, trichogrammes, traitement mécanisé, capsules, ULM, drone.

Deux freins : la superficie et la période d'épandage

Il semble cependant qu'une surface de 50 ha constitue une limite pour une exploitation. Au-delà, il est nécessaire de faire appel à de la main-d'œuvre supplémentaire, ce qui est perçu comme une contrainte. Par ailleurs, les lâchers contre la deuxième génération de la pyrale, réalisés habituellement après la mi-juillet, sont rendus très difficiles dans les cultures de maïs grain dont le grand développement rend la marche particulièrement pénible.



Seuls les maïs semence, de moindre taille, peuvent plus facilement être traités. C'est pour ces raisons que Biotop a voulu développer des solutions de traitements mécanisés par voie aérienne. Elles présentent l'avantage d'être rapides mais aussi affranchies des contraintes d'un système terrestre soumis aux conditions de sol ou à la présence de systèmes d'irrigation.

Première campagne d'épandage aérien en 2015

Ainsi, des chantiers d'épandages, organisés les 16 et 21 juillet 2015 avec les coopératives Valsoleil (Drôme) et Arterris (Haute-Garonne), chez plusieurs agriculteurs, ont officialisé le lancement de la première offre d'épandage de capsules de trichogrammes par ULM, ainsi qu'une offre complémentaire de diffusion par drone multicoptère.

Conditionnements et stades de culture

Passer des plaquettes aux capsules

Maïs, en amont de ces opérations spectaculaires, une adaptation de la technique a été nécessaire.

En particulier, la diffusion mécanique des trichogrammes a nécessité de repenser

> 4. Distributeur installé à bord de l'ULM. L'appareil utilisé pour l'essai 2015 a appliqué les capsules de trichogrammes sur des « andains » de 24 m de large.



4

Photo : Biotop

« l'emballage » des auxiliaires. Il a fallu passer des plaquettes utilisées manuellement à des capsules, de forme plus adaptée à la mécanisation.

Comme avec les diffuseurs, les capsules doivent assurer la fonction de protection contre l'eau (pluie et irrigation) et les prédateurs. Les capsules développées par Biotop, réalisées en cellulose moulée, donc biodégradables, sont pelliculées pour les rendre imperméables à l'eau et percées de petits trous pour laisser les trichogrammes sortir tout en empêchant la pénétration des petits prédateurs.

Chacune de ces capsules peut libérer environ 1 800 auxiliaires et dispose de la même technologie que le produit Trichotop Max (libération progressive, substance énergétique, etc.).

Les capsules, une fois épandues, vont pour la plupart atterrir directement sur le sol, de façon aléatoire.

À cause du soleil, cibler la « G2 »

C'est alors qu'elles peuvent se trouver exposées directement au soleil si le stade de la culture est trop jeune (cas fréquent lors des traitements contre la G1 de pyrale).

Ensemble, avec... IBMA France, pour réussir le biocontrôle !

IBMA France
l'Association
française des
entreprises de
produits de
biocontrôle

www.ibmafrance.com



Plus d'informations pour rejoindre IBMA France :

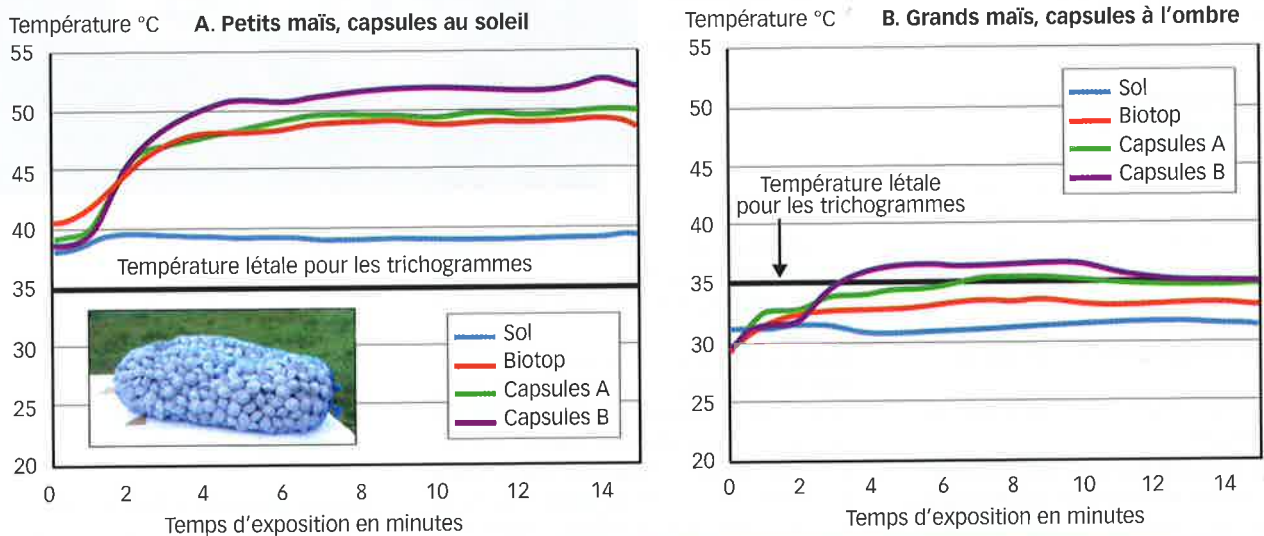
Denis Longevialle – IBMA France – 19, rue Jacques-Bingen – 75017 PARIS
denis.longevialle@ibmafrance.com – 01 42 12 83 67





Fig. 1 : Les capsules disponibles actuellement sont adaptées aux maïs couvrants

Évolution des températures dans des capsules en condition de maïs non couvrants (A : capsules au soleil) et couvrants (B : capsules à l'ombre). Dans le premier cas, toutes les capsules chauffent au-dessus de la température létale (celle à laquelle meurent les trichogrammes). Dans le second, les capsules chauffent moins.



Or, les capsules sont de petits objets, à faible inertie thermique. Les études que nous avons menées sur plusieurs modèles commercialisés en Europe ont toutes montré le même effet : si une capsule est disposée sur un sol chaud et en plein soleil, sa température interne croît très rapidement. Les Figures 1A et 1B illustrent ce qui se passe directement à l'intérieur de capsules disposées sur deux cultures de stades différents.

Des études réalisées par l'Inra (Institut national de recherche agronomique) ont montré que des chocs de températures élevées, appliquées à divers stades des trichogrammes, peuvent entraîner des baisses de la qualité des insectes (longévité, fécondité), donc de leur pouvoir parasitaire, c'est-à-dire de leur efficacité immédiate. De plus, ces températures peuvent diminuer la proportion de femelles dans la population fille (Chihrane *et al.*, 1994). Enfin elles peuvent tuer les auxiliaires au-delà d'une température constante de 35°C (Russo *et al.*, 1982). Du fait de ce problème, nous préconisons les traitements mécanisés seulement sur des maïs couvrants. Nous ciblons préférentiellement la seconde génération de pyrale (G2) sur les maïs grains et sur les variétés de maïs semence dont le développement et le port assurent une ombre suffisante aux capsules. À souligner : ce sont précisément les parcelles de maïs dans lesquelles la marche est pénible...

En France, les drones sont soumis à une réglementation. La première au monde !

Une dose adaptée

Pour le traitement contre la G2 de la pyrale, la dose conseillée est de 250 capsules/ha, ce qui représente environ 450 000 trichogrammes. Cette quantité de capsules présente un poids et un volume réduits : seulement 150 g et 0,9 litre/ha. Ceci constitue un avantage indéniable pour les lâchers aériens par rapport à des produits phytosanitaires classiques (par ailleurs désormais interdits par épandage aérien de par un arrêté du 15 septembre 2014).

Pour la « G1 » : tests prévus en 2016

Par ailleurs, la R&D de Biotop travaille actuellement sur un nouveau concept de conditionnement mécanisable capable de protéger les trichogrammes des effets de l'ensoleillement direct, donc utilisable aussi en traitement contre la G1. Des essais à

grande échelle de cette innovation sont prévus dès la campagne 2016.

Des vecteurs multiples pour les lâchers aériens L'ULM : un aéronef ultraléger pour un produit ultraléger

Habituellement, dans le monde agricole, les hélicoptères étaient les appareils les plus utilisés en travail aérien. Depuis quelques années, le monde de l'aviation a vu un développement très important d'une nouvelle catégorie d'aéronefs que l'on nomme com-

munément les ULM⁽¹⁾. Ces appareils sont des vecteurs intéressants car, devenus très fiables, puissants, robustes, ils n'ont plus rien à envier en terme de performances aux avions classiques certifiés.

L'avantage est leurs coûts d'achat et de maintenance réduits, la consommation minimale de leurs moteurs fonctionnant avec du carburant automobile, leur possibilité de décollage et d'atterrissage court du fait de leur faible charge, la possibilité que leur donne la réglementation de se poser hors aéroport sur une piste de fortune (type pré ou champ de blé moissonné).

Pour son chantier d'épandage 2015, Biotop a collaboré avec une société de travail aérien exploitant des ULM de type multi-axe, c'est-à-dire qui ressemblent et se pilotent comme un avion (société Aéropro, Var). L'appareil utilisé était un « G1 » (de G1-aviation, Vaucluse). Il présente l'avantage d'avoir des ailes repliables, ce qui permet de le transporter par la route entre deux chantiers.

Un ULM est capable d'emporter environ 70 kg de charges (en plus du pilote et du carburant) et de voler en traitement à une vitesse de 100 à 120 km/h.

De nouveaux venus dans le ciel : les drones civils

Depuis peu, les drones civils ont pris un essor considérable. Ils sont couramment utilisés par des professionnels pour des besoins de prises de vues aériennes (cinéma, télévision, publicité...), d'inspection d'ouvrages, de cartographie... pour les applications les plus courantes. Les modèles utilisés sont



Tableau 1 : Comparaisons des principales caractéristiques entre ULM et drone

Paramètres	Vitesse de traitement en km/h	Hauteur de traitement en m	Capacité d'emport en ha	Autonomie/vol	Largeur d'andain en m	Rendement horaire en ha ⁽¹⁾	Tenue au vent (maxi en km/h)	Surfaces parcelles cibles en ha
ULM multi-axe	100 à 120	≥ 15	> 150	> 2 h	20-25	≈ 100	≤ 35	≥ 10
Drone	20 à 30	≥ 5	≤ 10	≈ 15 min	8-10	≈ 15*	≤ 35	< 10

(1) Dépend de la surface moyenne et de l'éloignement des parcelles entre elles.

généralement mus par plusieurs moteurs électriques, au nombre de 4 à 8 (on parle de drone « multicoptère »). Cette technologie leur assure une grande précision de vol. Les plus imposants peuvent soulever des charges de plusieurs kilogrammes. Ils sont également capables de vols automatiques, programmés à l'avance, grâce à un système de géolocalisation GPS très précis. Ce sont ces modèles qui pour le moment sont les plus adaptés à notre utilisation particulière de largage de capsules de trichogrammes.

Le monde agricole n'est pas en reste puisqu'il existe aujourd'hui une offre de plus en plus importante de services opérés par drones, principalement dans le domaine de la détection (couvert végétal, maladies...) pour les besoins d'une agriculture de précision.

En France, ces engins sont soumis à une réglementation depuis avril 2012 (la première au monde !) qui vient d'être récemment révisée⁽²⁾. Cette réglementation les autorise à voler avec une charge maximale en fonction de plusieurs scénarios de vols parfaitement décrits.

Pour le chantier 2015, nous avons collaboré avec la société Drone & Co (Ariège). Spécialisée dans le domaine de la prestation agricole, elle disposait d'un appareil octo-rotor d'une quinzaine de kilos et capable d'emporter une charge de 3 kg.

Les avantages de l'utilisation de drones par rapport à des engins habités sont leur déploiement rapide, leur capacité à traiter les petites parcelles, leur vol automatique et de grande précision et leur facilité d'emploi. Mais ils ont un inconvénient majeur : leur

faible autonomie, de l'ordre de 15 minutes et très dépendante de la charge totale. D'autre part, il existe des risques de perte du signal GPS dans certaines conditions, qui peut, si le pilote ne reprend pas rapidement le contrôle, entraîner le crash de l'engin.

Le Tableau 1 permet une comparaison des deux types de vecteurs utilisés dans les chantiers aériens.

(1) ULM : ultra-léger motorisé. Dans la réglementation française, classe d'aéronefs caractérisés, pour un appareil biplace, par une masse totale en ordre de vol ≤ à 450 kg et une puissance ≤ 100 cv.

(2) Réglementation relative aux drones civils : arrêtés du 17/12/2015 (voir « lien utile » p. 36).

Vegenov, votre partenaire R&D pour une agriculture durable

Des prestations confidentielles de R&D, veille et formation

Création variétale

Protection des plantes

Nutrition des cultures

Qualité des produits

- Évaluer l'efficacité et étudier le mode d'action de vos produits de biocontrôle et biostimulants
- Évaluer l'efficacité d'herbicides
- Mettre au point des marqueurs pour suivre des populations de microorganismes dans les plantes, le sol et l'eau
- Étudier les maladies émergentes

www.vegenov.com

- Qualité (certifiée ISO 9001)
- Réactivité
- Confidentialité
- Sur plus de 50 espèces végétales et 20 maladies


Vegenov
BBV

Le végétal sur mesure



Des systèmes de distribution spécifiques et adaptés

Deux systèmes de distribution automatisée ont été mis au point pour chacun des deux types de vecteurs aériens.

Sur l'ULM, les capsules sont libérées par un distributeur automatique installé à bord de l'appareil, à la place du passager, tandis qu'une trémie de grande capacité prend place derrière les sièges.

Les capsules sont libérées par le dispositif embarqué, qui dispose de trois sorties simultanées : l'une sous la cabine de l'ULM et deux autres au bout de chacune des ailes où les capsules sont éjectées par un système de venturi. L'ensemble permet de réaliser des andains de 24 m de largeur.

Pour le drone, le distributeur de capsules, réalisé en matériaux très légers, est fixé directement sous l'appareil. Son ouverture est actionnée automatiquement pour également larguer 250 capsules par hectare, suivant un plan de vol automatisé qui le fait voler tous les 8 mètres, et qui représente donc la largeur de l'andain.

Avec une capacité d'épandage de 100 ha/heure (environ 500 ha/jour), le recours à l'ULM vise à développer l'utilisation des trichogrammes sur les parcelles de plus de 10 ha.

Le drone se prête davantage à de plus petites parcelles ainsi qu'aux parcelles de forme difficile ou éloignées du chantier principal. Avec une autonomie en énergie limitée qui permet de traiter environ 5 ha par vol, son rendement horaire est d'environ 15 ha. Sa capacité d'épandage journalière actuelle est ainsi de l'ordre de 80 à 100 ha.

Bilan de 2015

Deux vecteurs complémentaires et des coûts maîtrisés

Finalement, les deux vecteurs utilisés se sont montrés très complémentaires, l'ULM traitant les parcelles « au cœur » du chantier et de dimensions suffisantes, tandis que le reste des parcelles est destiné aux drones, ce qui contribue à faire baisser globalement le coût de l'épandage car le rendement horaire de l'ULM en est alors amélioré.

Dans ces conditions, le coût de la prestation à l'hectare est proche pour les deux modes d'épandage et de l'ordre de 15 € HT/ha.

Des résultats satisfaisants

Concernant les résultats techniques, il n'a pas été possible de réaliser des comptages en 2015 mais les coopératives où ont eu lieu les chantiers ont remonté des appréciations globalement positives de leurs adhérents concernés.



Photo : Pixabay
6

Quant aux taux d'émergence, nous n'avons pas vu de différence significative entre capsules au sol et diffuseurs classiques sur les plantes – rappelons que nous n'avons ciblé que la G2 (du reste, les taux d'émergence relevés sur des capsules restées au soleil durant les fortes chaleurs de juillet 2015 étaient nuls !).

Pour l'avenir Des conditions à respecter

Les chantiers de traitements aériens pour trichogrammes sont amenés à se développer dans un proche avenir, mais il est essentiel, pour la fiabilité de la méthode et pour ne pas nuire à sa notoriété

acquise de haute lutte au fil des années, de respecter les conditions d'emploi des trichogrammes.

En premier lieu, l'utilisation des capsules disponibles actuellement doit être restreinte au cas des maïs couvrants, donc essentiellement à la lutte contre la deuxième génération de la pyrale.

Ensuite, il faut épandre les trichogrammes aux dates indiquées et sur une durée qui ne devrait pas excéder trois jours, sous peine de manquer les premières pontes du ravageur. La « fenêtre de tir » sur une région donnée est donc assez étroite. Au vu de possibles aléas climatiques, le calcul des capacités d'épandage pour un chantier doit en tenir compte. La conséquence est, en particulier pour les drones, que le nombre d'appareils et de pilotes à mettre en œuvre peut rapidement être important dès que l'on va devoir réaliser des chantiers de plusieurs centaines, voire plusieurs milliers d'hectares.

Demain, chacun son drone ? Et de la cartographie et des OAD !

Une solution, qu'il est d'ailleurs fort probable de voir dans un avenir proche, serait que des agriculteurs s'équipent eux-mêmes de

drones, qui devront être plutôt multitâches (observations, surveillance, traitements...).

Ces engins sont encore à concevoir. Des améliorations sont possibles, en particulier pour augmenter l'autonomie des drones, grâce à de nouvelles technologies de batterie qui sont en préparation.

Il ne faut pas non plus oublier tout le travail de préparation de chantiers à faire en amont. En effet, les besoins de données de cartographie sont importants et des outils de planification des chantiers, par exemple à partir d'OAD (outils d'aide à la décision) existants, seront appréciés.

À la conquête de nouvelles surfaces

À terme, la diffusion aérienne de trichogrammes par ULM et drones permettra d'augmenter significativement les surfaces bénéficiant de cette technique alternative, et ainsi de conquérir un parcellaire qui jusqu'à présent n'était pas protégé ou était traité avec des insecticides chimiques.

Ces nouvelles techniques bénéficieront donc au développement du biocontrôle, que producteurs et consommateurs appellent tous de leurs vœux.

POUR EN SAVOIR PLUS

AUTEUR : *J. FRANDON, responsable développement Biotop, passage des Quatre-Saisons 26250 Livron-sur-Drôme.

CONTACT : jfrandon@biotop.fr

LIEN UTILE : www.developpement-durable.gouv.fr/Drones-civils-loisir-aeromodellisme

BIBLIOGRAPHIE : - J. Chihirane et C. Lauger, 1994. Effets de chocs de températures élevées sur le développement et la biologie du parasitoïde *Trichogramma brassicae* Bezdenko (Hymenoptera, trichogrammatidae) utilisé en lutte biologique contre la pyrale du maïs *Ostrinia nubilalis* Hubner (Lepidoptera, pyralidae). Thèse de doctorat : sciences biologiques fondamentales et appliquées, psychologie : Paris 11 : 1994.

- J. Russo et J. Voegelé. 1982. Influence de la température sur quatre espèces de trichogrammes (Hym. Trichogrammatidae) parasites de la pyrale du maïs *Ostrinia nubilalis* Hubner (Lep. Pyralidae). I-Développement pré-imaginal. *Agronomie*, EDP Sciences, 1982, 2 (6), p. 509-516.