

OUTILS D'AIDE AU POSITIONNEMENT DE LA PROTECTION CONTRE LES FOREURS DU MAÏS

BERGOUIGNOUX P., LEDUC E., JANNIN L.,
FMC, 11 bis Quai Perrache, 69002 Lyon

RÉSUMÉ

L'entreprise FMC, spécialisée dans la protection des cultures, développe depuis plusieurs années des outils pour aider au bon positionnement des solutions pour lutter contre les foreurs du maïs (pyrales et sésamies). L'application Evalio® AgroSytems regroupe un réseau de 260 pièges lumineux déployés en France pour suivre la dynamique des vols de ravageurs. L'application collaborative Evalio® Insect Tracker permet à ses utilisateurs de partager des informations en temps réel sur la situation parasitaire de leurs cultures, notamment en maïs. Parallèlement, les équipes FMC collectent des larves de foreurs afin de suivre les nymphoses puis les émergences des adultes au printemps. Ces informations permettent d'éditer des bulletins d'avertissement à destination des conseillers cultures et des agriculteurs pour les aider dans leur stratégie de lutte contre les principaux foreurs du maïs (pyrales et sésamies).

Mots-clés : pyrale, sésamie, maïs, OAD, cage d'émergence, nymphose, piège lumineux

ABSTRACT

FMC company, specialized in crop protection, develops tools for several years to help the correct positioning of solutions to fight against corn borers (European corn borer and Mediterranean corn borer). Evalio® AgroSytems application agglomerates a network of 260 light traps deployed in France to monitor the flight dynamic of pests. Evalio® Insect Tracker is a collaborative application to share information in real time on the parasitic situation of crops, especially in corn. Simultaneously, FMC teams collect larvae from drillers to monitor pupations and emergences of adults in spring. This information is used to produce warning bulletins for crop advisers and farmers to help them in their strategy to fight the corn borers.

Keywords: European corn borer, Mediterranean corn borer, corn, monitoring, nymphs, emergence cage, light traps

INTRODUCTION

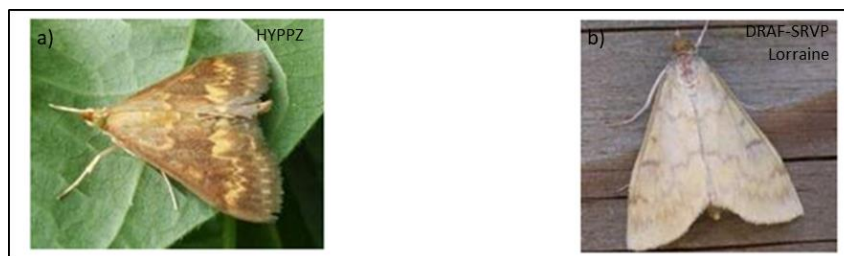
La pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis* H.) s'est fortement développée dans les principales régions de production de maïs depuis quelques années. En même temps, la sésamie (*Sesamia nonagrioides* L.), remonte progressivement vers le nord et s'installe dans les régions nord-Loire depuis 2 à 3 campagnes.

- La Pyrale :

La pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis* H.) est un insecte (ordre des lépidoptères) dont le papillon mesure environ 2 cm de long. Le mâle est marron-gris et la femelle revêt une couleur crème (Figure 1).

Figure 1 : a) Papillons de pyrale (*Ostrinia nubilalis* H.) mâle, b) femelle.

a) Moth male of European corn borer (*Ostrinia nubilalis* H.) b) female



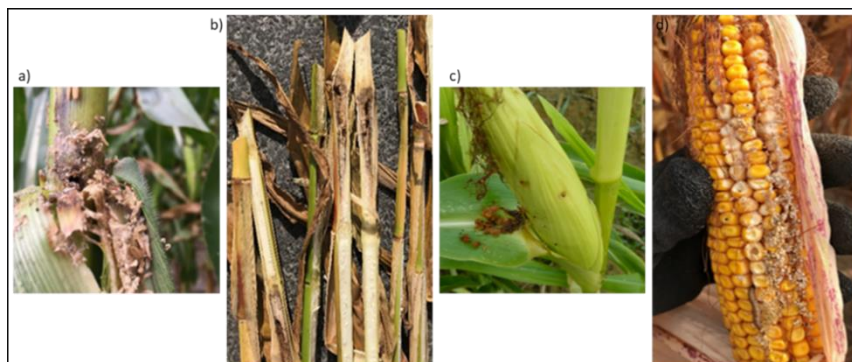
La femelle pond ses œufs sous forme d'ooplaques sur la face inférieure des feuilles les plus basses, le long de la nervure centrale. Le cycle de la pyrale dure de 50 à 100 jours selon les conditions climatiques et la zone géographique. Après 5 à 12 jours, les œufs éclosent pour donner naissance aux chenilles (L1) (Figure 2) qui provoqueront les dégâts sur les tiges et les épis du maïs.

Figure 2 : Larve de pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis* H.)
(European corn borer larvae (*Ostrinia nubilalis* H.))



Les chenilles pénètrent à la base des cannes puis remontent, au cours de leur cycle (5 stades larvaires), à l'intérieur de la tige vers les épis, pour se nourrir. Leur progression limite et coupe le flux de sève dans le pied de maïs, pénalisant ainsi l'alimentation et le remplissage des épis et du grain (Figure 3). Les galeries creusées par les larves sont également des portes d'entrées des champignons qui vont induire des mycotoxines (déoxynivalénol (DON), zéaralénones (ZEA), Fumonisines, etc.).

Figure 3 : Exemple de dégâts de pyrale (*Ostrinia nubilalis* H.) sur du maïs. a) porte d'entrée des chenilles au niveau de la tige. b) galeries larvaires dans les tiges. c) trous dans les spathes. d) Epi de maïs attaqué par des larves de pyrale. Photos FMC
(Example of European corn borer (*Ostrinia nubilalis* H.) damages on corn. a) holes of larvae in the shoot. b) galleries of larvae in the stem. c) holes in the spathes. d) damages on corn ear. Pictures FMC)



Au dernier stade larvaire (L5), suivant la période et la température, la chenille redescend dans la tige de maïs soit pour se mettre à l'abri dans le pivot et hiverner (race monovoltine) soit pour se nymphoser et générer une 2^{ème} génération (race bivoltine).

La larve de pyrale va hiverner au dernier stade larvaire, à l'abri dans les cannes de maïs non broyées (laissées en place après la récolte). La chenille peut ainsi résister à des températures jusqu'à -25°C (Figure 4).

Figure 4 : Photos de larves de pyrale (*Ostrinia nubilalis* H.) dans des pivots de maïs en sortie d'hiver (février-mars). Photos FMC
(Photos of European corn borer larvae (*Ostrinia nubilalis* H.) in corn stover in February – march. Photos FMC)



Au printemps, avec la remontée des températures et l'allongement de la durée du jour, la chenille reprend son cycle. Elle se chrysalide dans les cannes de maïs et de nouveaux papillons émergent quelques jours plus tard. Ils s'accouplent et vont pondre sur les cultures de maïs avoisinantes. Le potentiel d'infestation est important puisqu'une femelle de pyrale peut pondre jusqu'à 500 œufs.

- La Sésamie

Historiquement présente dans le sud de la France, la sésamie (*Sesamia nonagrioides* L.) émerge 10 à 20 jours avant la pyrale selon les zones. Elle peut générer des dégâts plus conséquents car elle s'attaque à des stades de maïs plus précoces (Figure 5).

Figure 5 : Exemple de dégâts de sésamie (*Sesamia nonagrioides* L.) sur jeunes pieds de maïs. Photos FMC.

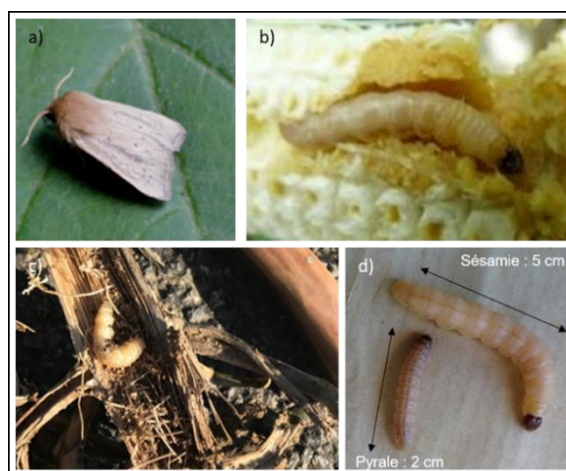
(Example of damages of Mediterranean corn borer (*Sesamia nonagrioides* L.) on young maize plants. Photos FMC.)



Le papillon de Sésamie est trapu (20 mm) et possède des ailes antérieures brunes et postérieures blanches. La larve (40 mm au dernier stade) est rose pâle avec présence de points noirs caractéristiques sur le flanc. Elle passe par 7 stades larvaires et hiverne dans le collet du maïs. Les chenilles hivernantes se nymphosent au printemps (mi-avril) (Figure 6).

Figure 6 : a) Papillon, b) chenille c) chenille hivernante dans les cannes de maïs, d) chenille de sésamie (*Sesamia nonagrioides* L.). d) comparaison de taille entre les larves de pyrale et de sésamie. Photos FMC

a) Corn moth, b) larvae, c) wintering moth in corn stover of Mediterranean corn borer (*Sesamia nonagrioides* L.). d) size comparison of European corn borer moth and Mediterranean corn borer moth. Photos FMC)



Les papillons émergent de mi-avril jusqu'à fin juin et vont pondre dans le cornet des premières feuilles de maïs (Figure 7). Les larves issues du vol de 1^{ère} génération pénètrent à la base des tiges de maïs les plus développées. Le deuxième vol débute vers mi-juillet et peut s'étaler jusqu'à début septembre. Un 3^{ème} vol peut être observé certaines années, selon les conditions météorologiques. A la fin de la saison, une forte proportion de larves rejoint le bas des tiges (Figure 7).

Figure 7 : a) Pontes, b) orifice de pénétration caractéristique en bas de la tige, c) galeries de sésamie (*Sesamia nonagrioides* L.) sur les tiges de maïs. Photos FMC

a) Eggs, b) characteristic penetration hole at the bottom of the stem, c) galleries of Mediterranean corn borer (*Sesamia nonagrioides* L.) in the stem. Photos FMC)



- Les dégâts

Même si les dégâts ne sont pas toujours visibles dans les parcelles, la sésamie et la pyrale peuvent être responsables de pertes allant jusqu'à 16 q/ha en grains et 3,5 T MS/ha en ensilage (Réseau démonstrations grandes parcelles FMC - 2012-2020). Elles peuvent également être l'un des principaux vecteurs de mycotoxines dans les grains et l'ensilage (REYNERI & BLANDINO – 2012).

Ces deux foreurs hivernent dans les collets des cannes de maïs laissées en place après la récolte. Les sésamies peuvent endurer des températures jusqu'à -15°C.

Le broyage fin des tiges après récolte suivi d'un dessouchage des collets constitue la meilleure lutte agronomique permettant d'augmenter la mortalité hivernale des foreurs en diminuant ainsi le potentiel infectieux pour l'année suivante.

Les différentes solutions de lutte pour le contrôle des foreurs en végétation doivent se positionner avant l'observation des premiers dégâts du ravageur. Lorsque les 1^{ers} dégâts sont visibles sur les maïs, il est trop tard pour agir. Il est donc primordial de suivre la dynamique des vols de foreurs afin de positionner la protection au bon moment sur sa parcelle. Dans cette optique, l'entreprise FMC, spécialisée dans la protection des cultures, a mis au point et développé depuis plusieurs années des Outils d'Aide à la Décision (OAD). Utilisés en combinaison avec différentes méthodes de suivi des populations de pyrale et de sésamie, ils permettent d'optimiser le positionnement des solutions de protection.

MATERIEL ET METHODE :

- Les outils d'aide à la décision (OAD) :

- **Evalio® AgroSystems :**

L'application Evalio® AgroSystems est adossée à un réseau de piège lumineux développé par FMC. Elle permet de centraliser, dans une base en ligne, toutes les données de piégeage des papillons de foreurs. Accessible depuis son ordinateur ou son smartphone, cette application est utilisable sur les principaux ravageurs de plusieurs cultures comme le maïs, la vigne, l'arboriculture et les légumes (salade, pois chiche, tomates, melon...).

– **Evalio® Insect Tracker :**

Evalio® Insect Tracker est une application mobile collaborative permettant à ses utilisateurs de partager des informations en temps réel sur la situation parasitaire de leurs cultures (céréales, colza, maïs et pomme de terre). C'est un outil de signalement pour la communauté agricole. Avec Evalio® Insect Tracker, chaque utilisateur devient acteur et communique sur la présence ou non, d'insectes ravageurs dans ses parcelles.

- Cages d'éclosion pyrales et sésamies :

Des larves hivernantes de pyrales et de sésamies (une trentaine de larve par situation) sont prélevées au mois de mars-avril, dans les cannes de maïs. Chaque larve est ensuite placée et isolée dans une boîte compartimentée afin d'éviter le cannibalisme (Figure 8). En 2021, un réseau de 90 cages d'éclosion a été mis en place en France (Figure 8).

Figure 8 : a) Cage d'éclosion en boîte compartimentée. b) Chrysalide de sésamie. c) carte du réseau de cages d'éclosion 2021. Photo FMC

(Emergence cage (a) and Mediterranean corn borer nymph (b). c) 2021 emergence cage network map. Photo FMC)



Ces boîtes sont laissées à l'extérieur et à l'abri du soleil. Un contrôle est réalisé chaque semaine afin de suivre la nymphose des larves de foreurs et l'éclosion des papillons.

- Réseau de pièges lumineux :

La dynamique de vol des papillons de foreurs est observée au champ grâce à un réseau de pièges lumineux qui sont installés à proximité des parcelles de maïs dès la fin avril ou tout début mai.

Ces pièges sont équipés d'une lampe néon UV de 18 W avec une longueur d'onde qui va favoriser l'attractivité des insectes et par conséquent piéger les papillons des deux sexes, contrairement aux pièges à phéromones qui n'attirent que les imagos mâles. Les papillons tournoient autour de la zone éclairée et en se cognant contre des vitres en plexiglas et vont tomber dans un tiroir situé sous le piège dans lequel une capsule insecticide a été placée afin de les tuer rapidement (Figure 9).

Le piège lumineux est équipé d'un programmateur permettant son éclairage durant les périodes de vol crépusculaire des papillons de foreurs.

Les relevés et tris des papillons sont réalisés deux fois par semaine (Figure 9). Le nombre de papillons de chaque foreur est enregistré dans l'application Evalio® AgroSystems permettant d'établir une courbe de vol pour chaque piège.

Ainsi en 2021, un réseau de 260 pièges lumineux a été mis en place en France (Figure 9).

Figure 9 : a) Vue d'ensemble du piège lumineux. b) Détail d'un piège lumineux. c) Exemple de relevé après une nuit de capture. d) Carte du réseau de pièges lumineux pour 2021. Photo FMC

a) Overall of a light trap. b) Detail of a light trap. c) Example of trap statement after one night of capture. d) 2021 light trap network map. Photo FMC.



- Comptages larvaires : une nécessité pour évaluer le potentiel infectieux

Les comptages larvaires dans les cannes de maïs, à la récolte ou en post-récolte sont réalisés par l'agriculteur ou l'interlocuteur FMC régional. Ces données permettent d'établir une cartographie de la pression des foreurs à date.

Ces observations permettent de sensibiliser l'agriculteur sur les mesures prophylactiques à mettre en place en interculture (travail du sol, labour, broyage des cannes) en fonction du niveau de pression sur son secteur. Il est primordial de réduire le potentiel foreurs après récolte, par ces mesures agronomiques, même si du maïs n'est pas re-semé sur cette parcelle. Effectivement, sans broyage des cannes, les chaumes de maïs persistent dans la culture suivante et permettent à la pyrale ou la sésamie d'hiverner et d'attaquer les parcelles de maïs voisines la campagne suivante (Figure 10).

Figure 10 : a) Parcelle de céréale fraîchement semée, avec des cannes de maïs non broyées. b) Larve de pyrale hivernant dans une parcelle. c) Signalement de la présence de pyrales sur l'application Evalio® Insect Tracker. Photos FMC

a) Cereal field with unmilled corn stover b) wintering European corn borer larvae in a field. c) presence reporting of European corn borer on the Evalio® Insect Tracker application. Photo FMC.)

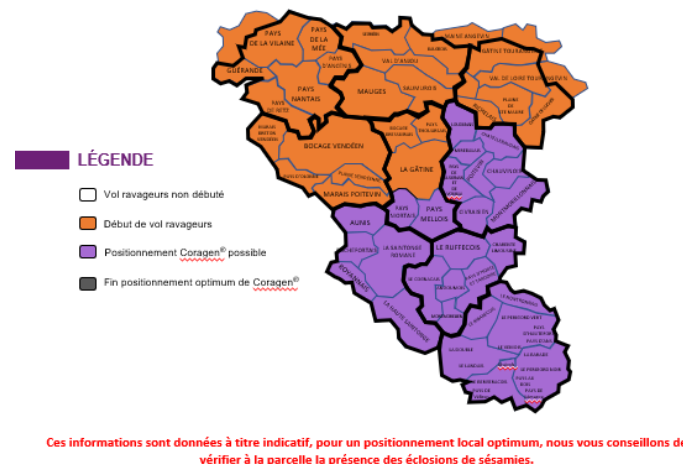


- Bulletins d'aide au positionnement des moyens de lutte :

L'analyse des données des pièges lumineux dans l'application Evalio® AgroSystems combinée à l'observation des cages d'écurrences, permettent de rédiger un bulletin d'avertissement et d'élaborer des cartes de positionnement indiquant la période optimale d'intervention par région ou micro-région. Ce bulletin est envoyé aux techniciens de la distribution et aux prescripteurs qui relaient l'information auprès des maïsiculteurs (figure 11).

Figure 11 : a) Extraits du bulletin foreurs et cartes de positionnement sur la région Poitou Charente pour la semaine du 1^{er} juin 2021

- a) Extracts from bulletin and positioning maps for Poitou Charente area region for the week of 1st June 2021.



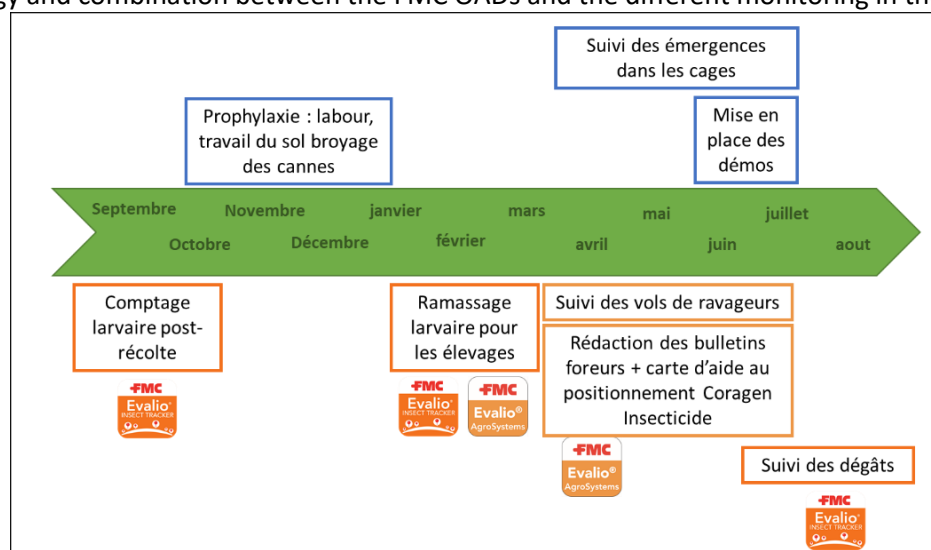
RESULTATS ET DISCUSSION :

Afin de positionner au meilleur moment la protection insecticides contre les foreurs du maïs, l'équipe technique FMC utilise les informations de l'application Evalio® AgroSystems sur la dynamique des vols de sésamie et de pyrales en combinaison avec les observations des émergences dans les cages d'élevage et des alertes sur l'application Evalio® Insect Tracker.

En complément, les contrôles durant l'hiver d'infestation larvaire des chaumes de maïs permettent d'évaluer localement la pression des ravageurs. L'ensemble de ces informations combinées avec des mesures de prophylaxie (broyage des cannes et labour) et du meilleur positionnement des solutions de protection permet de réduire fortement le risque sur la campagne (Figure 12).

Figure 12 : Chronologie et combinaison entre les OAD FMC et les différents suivis mis en place dans les parcelles.

(Chronology and combination between the FMC OADs and the different monitoring in the field)



- Réseau de pièges lumineux :

Dès la fin avril, les captures issues des pièges lumineux relevés par nos partenaires, sont enregistrées dans l'application FMC Evalio® AgroSystems (EAS) et permettent le suivi de la dynamique de vol des ravageurs sur un secteur donné.

Dans l'exemple du suivi des vols sur le secteur Poitou-Charentes en 2021 (figures 13), l'application EAS permet de définir une courbe de vol cumulée moyenne. Sur cette même zone, le suivi des cages (25 situations en 2021 en Poitou-Charentes) nous permet également de recueillir des informations précises sur les émergences de sésamies et de pyrales.

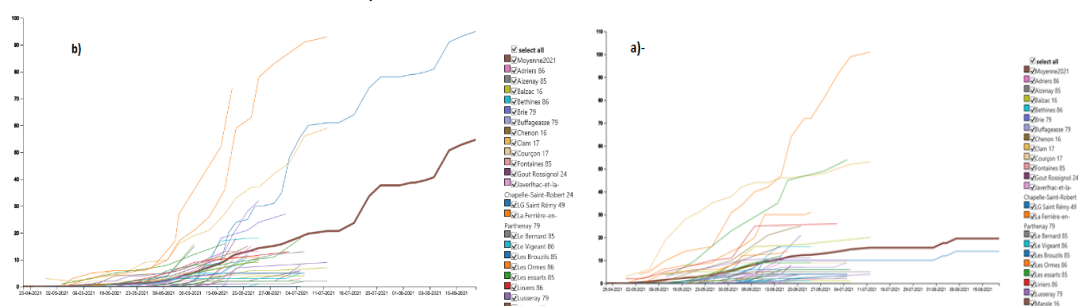
Figures 13 :

a) Courbes de vol de sésamies (*Sesamia nonagrioides* L.) - Application Evalio® AgroSystems, zone Poitou-Charentes – 2021

b) Courbes de vol de pyrales (*Ostrinia nubilalis* H.) - Application Evalio® AgroSystems, zone Poitou-Charentes, saison 2021.

a) Flight curves of Mediterranean corn borer (*Sesamia nonagrioides* L.) – Evalio® AgroSystems application, Poitou-Charentes area, season 2021.

b) Flight curves of European corn borer (*Ostrinia nubilalis* H.) - Evalio® AgroSystems application, Poitou-Charentes area, season 2021.



Il est important de comparer ces données de piégeage (23 pièges lumineux sur la zone Poitou-Charentes) avec les dates d'émergences des ravageurs, contenus dans nos cages, afin de valider la pertinence de notre méthodologie. Les graphiques ci-dessous comparent la courbe du pourcentage cumulé du vol régional moyen avec le pourcentage d'émergence des insectes de nos cages. (Figures 14).

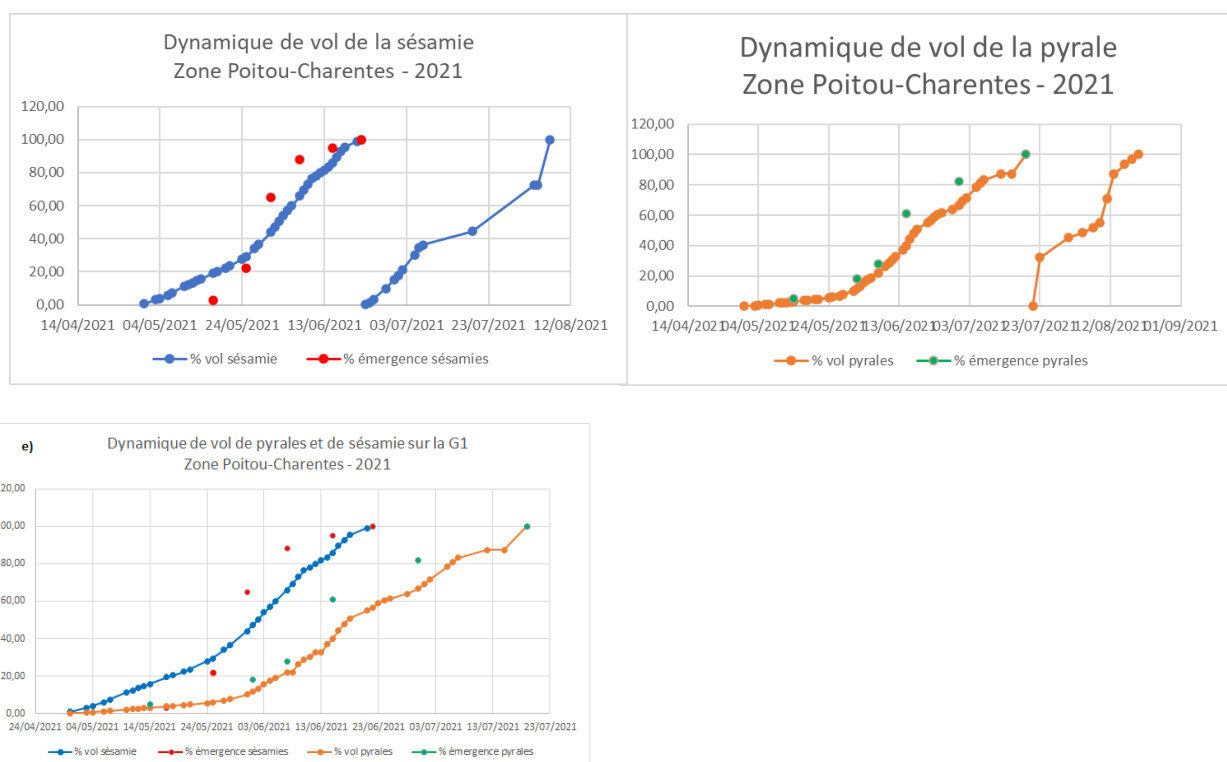
Figures 14 :

c) Dynamique de vol de la sésamie (*Sesamia nonagrioides* L.) - Application Evalio® AgroSystems, zone Poitou-Charentes – première et deuxième génération 2021 et pourcentage d'émergence des papillons de 1^{ère} génération dans les cages.

d) Dynamique de vol de la pyrale (*Ostrinia nubilalis* H.) - Application Evalio® AgroSystems, zone Poitou-Charentes, première et deuxième génération, saison 2021 et pourcentage d'émergence des papillons de 1^{ère} génération dans les cages

e) Dynamique de vol de la pyrale (*Ostrinia nubilalis* H.) et de la sésamie (*Sesamia nonagrioides* L.) Application Evalio® AgroSystems, zone Poitou-Charentes, première génération saison 2021 et pourcentage d'émergence des papillons de 1^{ère} génération dans les cages

- c) Flight dynamic of Mediterranean corn borer (*Sesamia Nonagrioides* L.) – Evalio® AgroSystems application, Poitou-Charentes area, first and second generations, season 2021 and percentage of emergence of 1st generation butterflies, in cages
- d) Flight dynamic of European corn borer (*Ostrinia nubilalis* H.) - Evalio® AgroSystems application, Poitou-Charentes area, first and second generation, season 2021 and percentage of emergence of 1st generation butterflies, in cages
- e) Flight dynamic of European corn borer (*Ostrinia nubilalis* H.) and Mediterranean corn borer (*Sesamia Nonagrioides* L.) – Evalio® AgroSystems application, Poitou-Charentes area, first generation, season 2021 and percentage of emergence of 1st generation butterflies, in cages



Le suivi de la dynamique des émergences dans les cages du Poitou-Charentes, permet de définir la fin du vol de G1 et le début du vol de G2, sur les deux ravageurs observés (c et d). On considère que la fin de la G1 est atteinte dans les pièges lorsque que 100% des papillons sont sortis des boîtes d'émergence. Les captures après cette date sont considérées comme étant celles de la G2.

La comparaison de la courbe du vol moyen des foreurs et de la courbe d'émergence en cage, montre une excellente corrélation entre les données de piégeage et l'apparition des papillons au champ. Ces éléments permettent ainsi de valider le positionnement optimal des solutions insecticides.

Le positionnement idéal des solutions insecticides à action ovo-larvicide (Ex : Coragen®, suspension concentrée contenant 200 g/L de Rynaxypyr® (chlorantraniliprole) doit intervenir avant les premières éclosions (action ovo-larvicide sur la sortie des larves néonates).

Dans l'exemple de la région Poitou-Charentes, 50% du vol de sésamies, correspondant au début du stade baladeur, (date optimale pour positionner la protection insecticide sur cible sésamies) est atteint le 3 juin 2021. Sur cette cible, nous avons préconisé l'application de la protection insecticide le 4 juin dans nos bulletins d'accompagnement client.

30% du vol de pyrales correspondant au début des pontes, (date optimale de positionnement de la protection insecticide) est atteint le 11 juin 2021.

Sur les zones mixtes pyrales et sésamies, nous avons recommandé de positionner la protection insecticide au 10 juin correspondant à 30% du vol de pyrale et 60% du vol de sésamie. La persistance de la solution (21 jours) permet de couvrir une grande partie des vols de foreurs.

Pour assurer une protection complète de l'ensemble de la 1^{ère} génération des deux espèces de foreurs, il aurait fallu intervenir plus tôt (50% du vol de sésamie, soit début juin) puis renouveler le traitement 21 jours plus tard avec une autre solution insecticide de famille différente.

Cette stratégie de protection s'avère difficilement réalisable par l'agriculteur du fait du coût plus élevé, du temps d'intervention et de la contrainte du stade du maïs pour la seconde intervention.

L'analyse a posteriori des courbes de vol et des émergences des papillons de nos cages permet de valider nos préconisations de saison. Effectivement, La connaissance de la dynamique de vols grâce à notre outil, Evalio® AgroSystems, la date de début du vol dans nos cages d'émergence et l'expérience des équipes FMC permettent d'approcher au plus juste la date optimale de positionnement des solutions.

L'analyse des vols et la détermination du positionnement des solutions insecticides est bien sûr plus aisée à posteriori. Cependant, la combinaison des données de piégeage de l'ensemble des foreurs et l'observation des émergences dans nos cages, permettent de proposer des dates d'intervention en phase avec la dynamique des deux ravageurs.

De plus, Les données complémentaires de nos cages d'émergence permettent de réduire les contraintes du piégeage lumineux : sensible aux conditions météorologiques (vent et pluie limitant le vol des insectes), dépendant du positionnement du piège dans la parcelle (plus ou moins attractif pour les insectes) et fonction de la capacité du piègeur à identifier avec certitudes les individus recherchés.

CONCLUSION

Pour répondre à l'accroissement des dégâts de foreurs dans les parcelles de maïs, l'entreprise FMC, spécialisée dans la protection des cultures, développe depuis plusieurs années des Outils d'Aide à la Décision. Deux applications assurent le suivi des ravageurs des cultures : Evalio® AgroSystems permet d'établir la dynamique des vols de papillons de foreurs du maïs capturés dans les pièges lumineux et Evalio® Insect Tracker qui génère des alertes sur la présence des deux principaux lépidoptères dans les parcelles.

La combinaison de ces outils, du suivi des émergences de papillons dans nos cages et des observations des premiers dégâts de larves sur le terrain permet de positionner, au meilleur moment, les solutions de contrôle contre ces ravageurs du maïs et ainsi de préserver les potentiels de rendements et la qualité sanitaire des récoltes.

En 2022, l'OAD Evalio® AgroSystems devrait évoluer et déployer de nouvelles fonctionnalités de suivi, de cartographie de pression colorimétrique et de prévision des dynamiques de populations des ravageurs.

BIBLIOGRAPHIE

Linn David – Managing European corn borer – 1996

Eizaguire Matilde, Lopez Carmen, Albajes Ramon – Dispersal capacity in the Mediterranean corn borer, *Sesamia nonagrioides* L. - 2004

D. Cordova, E.A. Benner, M.D. Sacher, J.J. Rauh, J.S. Sopa, G.P. Lahm, T.P. Selby, T.M. Stevenson, L. Flexner, S. Gutteridge, D.F. Rhoades, L. Wu, R.M. Smith, Y. Tao - Anthranilic diamides: A new class of insecticides with a novel mode of action, ryanodine receptor activation - 2006

REYNERI & BLANDINO - Université de Turin - Leviers pour gérer les mycotoxines - 2012

Lukas Schaub, Stève Breitenmoser - Développement et évaluation d'un modèle phénologique pour la pyrale du maïs - 2017

Charles E. Mason, Marlin Rice, Christina DiFonzo, R. Patrick Porter - European Corn Borer Ecology and Management and Association with other Corn Pests - 2018

Roger R. Youngman and Eric R. Day, Department of Entomology, Virginia Tech - European Corn Borers - 2019

Essais France "FMC Coragen® Insecticide" pour le contrôle des foreurs du maïs - 2012-2020.