

**PREMIER SIGNALEMENT D'UNE SOUCHE DE PYRALE DU MAÏS (*OSTRINIA NUBILALIS* HÜBN.)
PLURIOVOLTINE EN ALSACE ET FRANCHE COMTE**

A. WEISSENBERGER¹ – C. JENN² – F. JAEGLE² – E. COURBET³ – M. DELOS⁴

¹ Comptoir Agricole – rue de Rome – 67520 MARLENHEIM

² Coopérative Agricole de Céréales – 10 rue Lavoisier – CS 91207 68012 COLMAR Cedex

^{3,3} Chambre d'Agriculture de Haute-Saône – 17 quai Yves BARBIER

⁴ SRPV-DRAF "Midi-Pyrénées" - Bât. E - Bd Armand Duportal - 31074 TOULOUSE

RÉSUMÉ

La surveillance du voltinisme de la pyrale du maïs entre 2001 et 2005 en France a permis de cartographier des populations de pyrale monovoltines au nord de la Loire et polyvoltines au sud. L'année 2003 a mis en évidence qu'il s'agissait pour ces populations d'un caractère génétiquement contraint, dans le quart nord-est de la France et dans la plaine de Limagne. On pouvait logiquement supposer que la race plurivoltine allait s'étendre et supplanter progressivement la race monovoltine, favorisée en cela par les températures estivales de plus en plus élevées. Le signalement de cette nouvelle race dans la vallée du Rhin (côté allemand) dès 2006, n'a fait que consolider cette hypothèse. Malgré une surveillance significative, il a pourtant fallu attendre 2019 pour identifier de façon irréfutable la présence de cet écotype en Alsace et en Franche-Comté. A ce jour cette souche reste localisée dans les zones les plus chaudes des deux régions. La présence de cette nouvelle race va nécessiter de répondre à de nombreuses questions afin de permettre de contrôler au mieux ce ravageur important du maïs.

Mots-clés :

Pyrale – Voltinisme – Race – Changement climatique – Epidémiosurveillance

ABSTRACT

Voltinism monitoring of European corn borer (ECB) between 2001 and 2005 in France help us to draw a map for monovoltine populations of ECB in the north of the Loire and polyvoltines populations in south. 2003 highlighted that these monovoltine populations were genetically constrained in the north-eastern quarter of France and in the plain of Limagne. It was logical to assume that the plurivoltine race would expand and gradually supplant the monovoltine race, favored by the increasingly high summer temperatures. The report of this new race in the Rhine valley (German side) as early as 2006, only consolidated this hypothesis. However, despite significant surveillance, it was only in 2019 that the presence of this plurivoltine ecotype was observed in Alsace and in Franche-Comté. To date, this plurivoltine ecotype remains localized in the hottest areas of the two regions. The presence of this new race will require answering many questions in order to better control this important pest of corn.

Keywords:

European Corn Borer – Voltinism – Race – Climate change

La pyrale du maïs *Ostrinia nubilalis* Hübn. (*Lepidoptera* : *Crambidae*) est l'un des principaux ravageurs du maïs en France. Il est présent sur l'ensemble du territoire et ses dégâts sont à la fois quantitatifs et qualitatifs pour les cultures de maïs. Préexistant en Europe avant l'introduction du maïs, l'insecte très polyphage, a colonisé les cultures de maïs en France lors du développement de cette culture sur le territoire national. Il est probablement aujourd'hui le ravageur du maïs le plus important dans l'hémisphère nord.

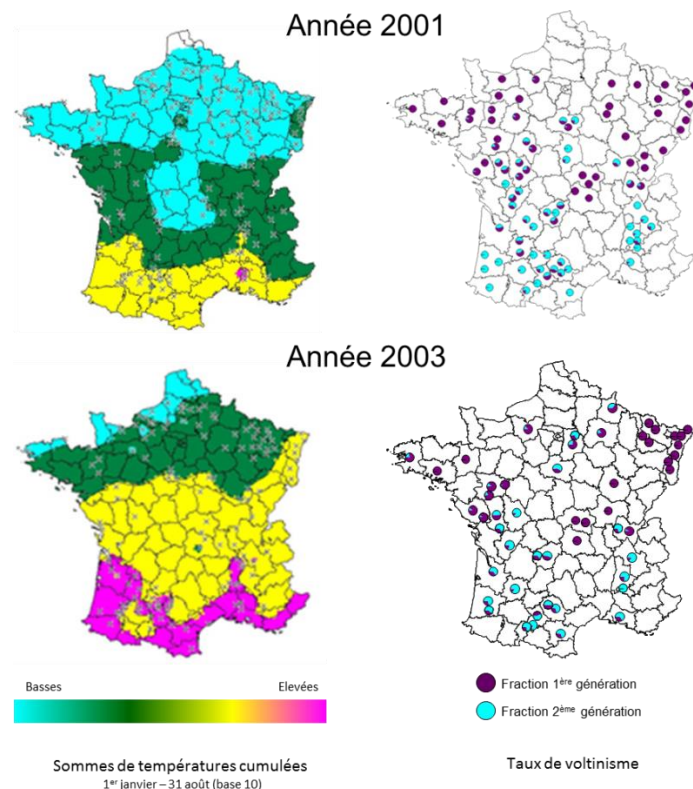
Etat des connaissances au début des années 2000

Il est communément admis, à partir des observations faites depuis des dizaines d'années, qu'il existe deux types de cycles de pyrale en France (Naïbo, 1999). Le cycle plurivoltin, se caractérise généralement par 2 vols plus ou moins complets en fonction des sommes de températures et de l'humidité de l'air dans les régions concernées. A l'inverse, le cycle de la pyrale univoltine se limite strictement à une seule génération par an.

Les limites géographiques du voltinisme de la pyrale n'ont jamais été fixées avec précision. Au début des années 2000, on estime sur la base de l'expertise des techniciens des Instituts Techniques et des Services de la Protection des Végétaux, que la pyrale est univoltine en Alsace et multivoltine dans tout le sud de la France jusqu'à une limite « nord » assez floue qui s'étend de la vallée de la Loire à la Bourgogne, en passant par le Bassin Parisien. Entre 2001 et 2005, dans le cadre des actions de biovigilance, un suivi annuel précis du taux de voltinisme est réalisé sur l'ensemble du territoire. A intervalle de 8-10 jours durant la période de présence de la pyrale dans les maïs, une vingtaine de larves est prélevée et le stade de chaque individu est déterminé. Les observations réalisées dans une soixantaine de sites chaque année ont permis de décrire la dynamique de l'insecte en lien avec le lieu et le climat.

Figure 1 : Voltinisme de la pyrale du maïs et somme de températures (exemple des années 2001 et 2003)

Figure 1: Number of generation of the European corn borer on maize crops and sum of temperatures (example of data from 2001 and 2003)



La figure 1 donne un aperçu des données en 2001 et 2003. Pour chaque site, un taux maximal de nymphose observé est représenté. Il ne s'agit là que d'une vision statique de la population une année donnée. Le pourcentage de nymphose est calculé par rapport au maximum du cumul des nymphes et des exuvies. Cela permet d'exclure du calcul l'essentiel des larves issues de la deuxième génération. Il apparaît qu'en année « normale » comme 2001, mais aussi 2002 et 2004, la pyrale débute une 2^{ème} génération (présence de chrysalide en fin d'été) du sud de la France jusqu'en Normandie, en Bretagne et en Bourgogne. En 2003, suite à des conditions climatiques exceptionnellement chaudes, des nymphoses précoces significatives donnant lieu à une 2^{ème} génération sont observées jusque dans les Ardennes. Une 3^{ème} génération partielle est même constatée dans les régions du sud de la France et jusque dans les Deux-Sèvres et le Poitou (Fig.1). Le même phénomène est également mis en évidence mais faiblement en 2005 (Tab. I). Dès 1955, il est observé un début de 3^{ème} génération limité à la Provence, région la plus chaude du territoire (Guennelon *et al*, 1958).

Tableau I: Nombre de génération de pyrale entre 2001 et 2005

Table I : Number of generations of the European corn borer between 2001 and 2005

	2001	2002	2003	2004	2005
Nbre total de sites suivis	87	53	55	49	59
Fréquence de sites avec une G1 totale ou partielle	100%	100%	100%	100%	100%
Fréquence de sites avec une G2 totale ou partielle	71%	58%	61%	89%	61%
Fréquence de sites avec une G3 totale ou partielle	0%	0%	38%	0%	3%

En revanche, des populations strictement monovoltines, non liées à des sommations thermiques insuffisantes en été, se maintiennent en Alsace, en Lorraine, en Franche-Comté et en Auvergne au moins jusqu'en 2005, dernière année de ce suivi. Ces observations confirment les observations faites par STENGEL dès 1982 (Stengel *et al.*, 1982) sur la différence de vitesse de développement entre deux races de pyrales, l'une issue de Beauce et polyvoltine à développement rapide et l'autre prélevée en Alsace et monovoltine à développement plus lent. Le suivi effectué au niveau national a cependant permis de cartographier les zones où chacune des races est dominante.

La situation en Alsace

L'Alsace est restée longtemps une exception dans sa zone géographique, puisque dès 2002, la présence d'une race de pyrale à deux générations est signalée en Suisse dans le bassin lémanique, au nord des Alpes (Derron *et al.*, 2009). En 2006, une deuxième génération de pyrale est observée en Allemagne dans la vallée du Rhin (Albert *et al.*, 2008). La pyrale est également plurivoltine dans l'Ain et en Bourgogne, aux limites de la Haute Saône. Dès cette époque, ces observations mobilisent la vigilance des techniciens des régions limitrophes pour détecter l'apparition éventuelle d'une deuxième génération de pyrale en Alsace ou en Franche-Comté.

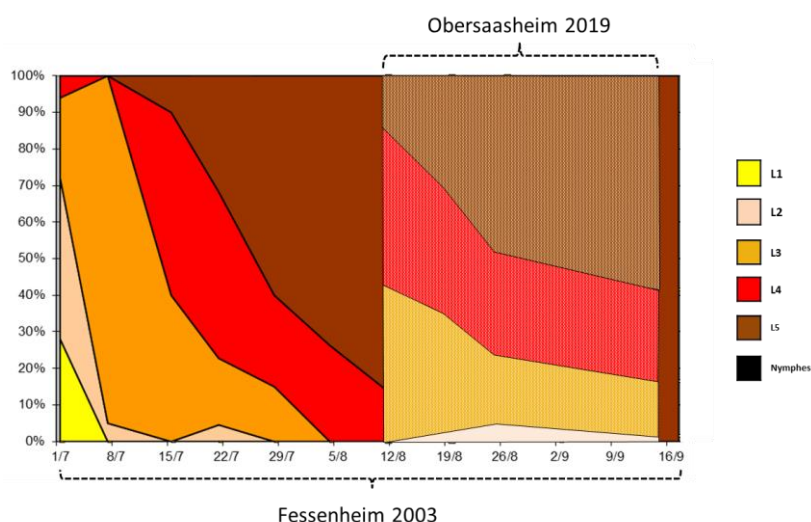
Un changement est intervenu postérieurement à ces observations dans les secteurs les plus précoces de la plaine alsacienne, avec quelques captures d'adultes début août. Les premiers signes d'un éventuel second vol apparaissent en 2018 sur le piège lumineux de la Station FMC à Nambshheim, où quelques papillons sont capturés jusqu'à fin août. En 2019, de nombreux éléments permettent de confirmer la présence d'une race plurivoltine en Alsace. En effet, dès la fin juillet, alors que le vol de la race monovoltine se termine dans la majorité des sites de suivi, on observe une reprise très importante des captures sur quelques sites, et en particulier dans les pièges lumineux des secteurs les plus chauds de la plaine d'Alsace.

Dans le prolongement de ce regain d'activité de la pyrale, de nouvelles pontes fraîches sont observées début août. Mais c'est surtout la découverte de chrysalides à cette même période, qui confirme, cette activité de pyrale du maïs *a priori* plurivoltine en Alsace. Pour confirmer cette

hypothèse, un suivi des stades larvaires avec un protocole similaire à celui mis en place au niveau national au début des années 2000, réalisé sur trois semaines en août. La comparaison de ces observations avec celles réalisées en 2003 sur une commune voisine, montre que 100% des larves atteignent le cinquième stade larvaire à la mi-août, alors qu'en 2019 ce stade représente à peine le tiers des effectifs observés. Les stades L3 et L4 représentent quant à eux 35% chacun (Figure 2). Pour une meilleure compréhension de la figure ci-dessous, il convient de préciser que les données d'Obersaasheim 2019, ont été superposées au graphique des données obtenues à Fessenheim en 2019.

Figure 2 : Evolution des stades larvaires de la pyrale en plaine d'Alsace (années 2003 et 2019)

Figure 2 : Percentage of the larval instars through time of the European corn borer in Alsace (in 2003 and 2019)



A l'identique, à l'automne, les suivis sur les sites d'Obersaasheim, d'Ensisheim et de Nambenheim confirment un pic d'émergence très important début août. Des observations identiques sont faites sur des suivis réalisés par ARVALIS et la Chambre d'Agriculture d'Alsace à Rouffach dans le cadre du Bulletin de Santé du Végétal (Galais, comm.pers).

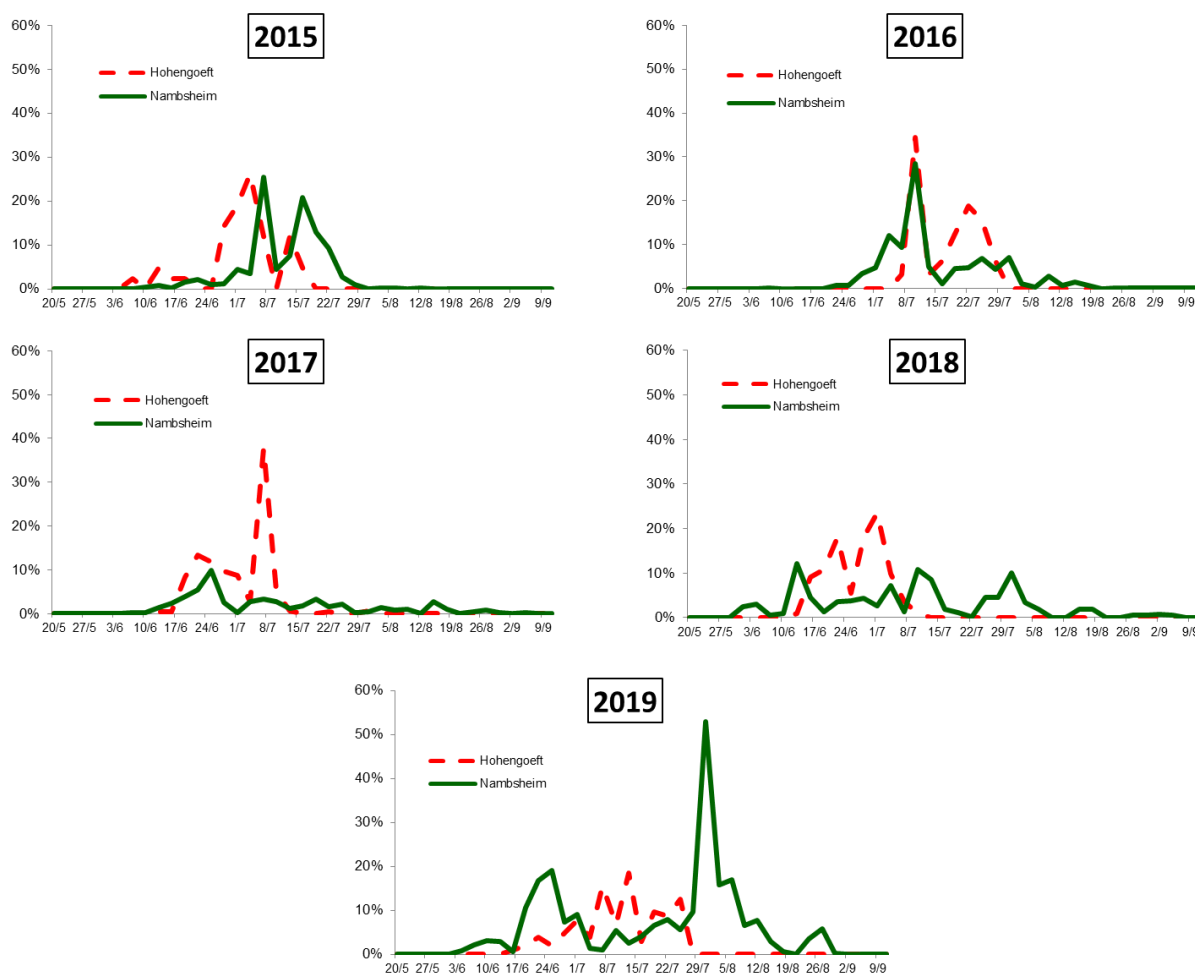
Le suivi pluriannuel du vol de la pyrale à Nambenheim, secteur précoce de la Plaine d'Alsace, décrit bien l'arrivée de cette race plurivoltine dans ce secteur de la région, en comparaison avec un site plus au nord (Hohengoeft) où la population semble encore monovoltine (Figure 3). Si en 2015, la durée et la période d'émergence des imagos de pyrale semble identique sur les deux sites, dès 2016 un démarrage plus précoce est observé à Nambenheim, ainsi que quelques captures jusqu'à la mi-août. A cette époque, ces différences sont mises sur le compte de la variabilité de ce type de suivi. En 2017, le vol très étalé de Nambenheim est attribué à une éventuelle imprécision du piège. En revanche, en 2018, cet étalement du vol est mieux identifié comme résultat de populations différentes, (vol groupé à Hohengoeft). Jusqu'à cette époque néanmoins, aucune observation de pontes tardives ou de chrysalides estivales n'avait été signalée. En 2019, le relevé des captures confirme une dynamique typique des pyrales plurivoltines à Nambenheim, alors qu'à Hohengoeft la dynamique ne change pas par rapport à ce qui est observé en Alsace depuis près de 50 ans.

Des courbes d'émergence similaires à Nambenheim sont observées sur les sites d'Obersaasheim, d'Ensisheim et de Rouffach. Sur tous les autres sites de suivi, aucune capture de pyrale n'est signalée après début août.

Figure 3 : Evolution des émergences en piège lumineux sur deux sites alsaciens de 20015 à 2019.
Les données sont présentées pour chaque date de relevé en pourcentage du nombre total de papillons capturés sur l'ensemble du vol

Figure 3: Evolution of emergences in light traps on two sites from 20015 to 2019.

Data are presented for each date as a percentage of the total number of butterflies caught on the whole flight



La situation en Franche-Comté

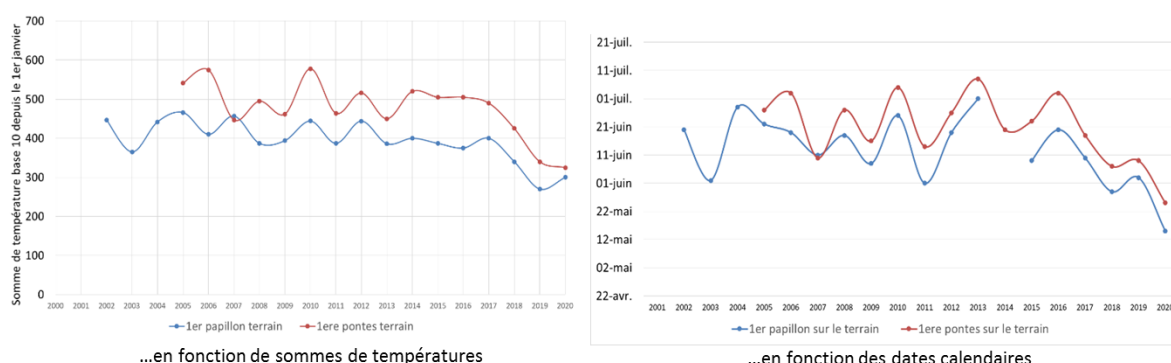
Depuis plus de 20 ans, le piégeage sexuel et le suivi de pontes réalisés en Franche-Comté permettent d'établir un cumul de température base 10, nécessaire à l'émergence des premiers papillons et à l'initiation du processus de ponte.

Jusqu'en 2017, le début de vol des imago est calé à 425 degrés-jours (base 10) et les premières pontes sont visibles à 500 degrés-jours. Le piégeage par phéromones étant considéré comme plus aléatoire que le piège lumineux, une prospection au champ, dans les zones à risque, permet de détecter les papillons les plus précoces. En 2018, le vol est plutôt précoce bien que l'année ne soit pas particulièrement chaude, mais sans qu'il soit possible de mettre en évidence une évolution dans les races en présence.

Ce ne sera qu'en 2019 que la race plurivoltine est formellement identifiée dans le secteur de Gray (Haute-Saône). D'une part, le vol est extrêmement précoce : il commence avec 120 degrés-jour d'avance sur la moyenne des 15 dernières années et le dépôt de ponte débute avec 170 degrés-jour d'avance (Figure 4). D'autre part, des chrysalides sont enfin observées dans les pieds de maïs tout début août. Le début de l'activité de la pyrale en 2020 confirme la présence de la race plurivoltine à Cugney (Haute-Saône) avec un record sans précédent, le premier papillon est observé le 15 mai et la première ponte le 25 mai !

Figure 4 : Dates d'observation du premier papillon et des premières pontes en Haute-Saône (période 2000-2020) en fonction des sommes de températures et des dates calendaires

Figure 4 : Dates of observation of the first adults and the first eggs of the European corn borer in Haute-Saône (from 2000 to 2020) according to temperature sum and dates



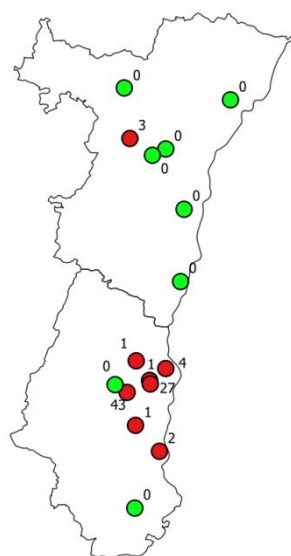
Discussion et perspectives

L'apparition de cette nouvelle race remet en cause la mise en œuvre des moyens de lutte (positionnement des trichogrammes ou traitement chimiques) basés sur les paramètres valables pour la race monovoltine, dans les secteurs concernés. Il reste deux difficultés pour tirer toutes les conséquences de ce changement: localiser les sites où cette race est présente et essayer d'identifier les émergences distinctes des 2 races sur un même site et les traiter en parallèle pour bâtir un conseil qui intègre cette diversité nouvelle.

Le développement plus rapide de la souche plurivoltine est un élément qui peut nous permettre d'identifier précocement les sites où cette race est présente. Les suivis réalisés par les partenaires du BSV cette année, confirment la répartition actuelle de cette souche (Figure 5). On constate que le secteur de la plaine reste à ce jour le même qu'en 2019. Reste à déterminer si les sites à captures plus faibles (notamment au sud de la zone) sont un signe de la présence de la race plurivoltine ou un effet des sommes de températures élevées du printemps sur la souche monovoltine.

Figure 5 : Nombre de captures cumulées de pyrales du maïs du début du vol au 4 juin 2020 (source BSV Alsace)

Figure 5 : Cumulated number of European corn borer captured on maize crops between the beginning of the flight and 4/VI/2020 (source BSV France)



En revanche, le mélange des deux races dans des proportions non connues, masque le pic d'émergence de la race monovoltine dans les sites où les deux races cohabitent de façon probablement équivalente. Se pose alors la question de la dissémination de cette nouvelle race. Très peu d'études existent sur ce sujet. D'après Dalecky *et al.*, (2006), la pyrale du maïs s'accouplerait préférentiellement dans la parcelle d'où elle est originaire. Malheureusement, ces travaux ne donnent pas d'information précise sur la distance de dispersion des femelles pour pondre. Si l'on prend en compte les quelques quatorze années entre le signalement de cette race sur la rive droite du Rhin et le passage sur la rive gauche, ou de la même manière le temps qu'il a fallu pour voir passer cette pyrale du département de l'Ain à celui de la Haute-Saône, on peut estimer que la dispersion doit être lente et se réaliser sur des distances réduites.

Enfin, la question de la concomitance de l'apparition de cette race en Franche-Comté et en Alsace reste posée. L'hypothèse émise par Derron *et al.* (2009) en Suisse peut être envisagée dans nos deux régions. La succession de printemps chauds en 2018 et 2019, a favorisé le développement et la multiplication du génotype plurivoltin, au détriment de la souche historique qui présente une contrainte plus forte liée à la photopériode (Stengel, 1982). Ceci est d'autant plus marqué que cette nouvelle race se développe dans les zones les plus chaudes des deux régions.

Mais le suivi et la caractérisation de la dynamique d'émergence de ces deux populations restent le problème actuel des techniciens locaux. En fonction de la proportion des deux races présentes, les courbes de vol pourraient être bien plus difficiles à interpréter (comme en 2017 et 2018 à Nambenheim). Par ailleurs, la question de l'attractivité des pièges sexuels se pose également si ces deux races sont bien des races sensibles à des phéromones différentes (Z ou E). La dernière question posée par l'observation du phénomène et non la moindre reste le comportement des hybrides, issus des croisements entre ces deux races. Si pour Stengel *et al.* (1982), le développement rapide et la sensibilité à la photopériode sont des caractères portés par les mâles, pour d'autres auteurs (Saringer 1980), le mâle ne serait porteur que de la sensibilité à la photopériode et la femelle de la vitesse de développement.

Autant de questions pour les scientifiques et praticiens afin d'adapter au mieux les méthodes de prévision en vue du contrôle de ce ravageur: plus encore dans les années à venir avec l'incidence que la seconde génération, plus présente dans les épis, peut avoir dans le développement de certaines espèces de fusarioses et de mycotoxines.

Conclusion

Les suivis réguliers de ce ravageur important du maïs ont permis de détecter l'apparition de cette race bivoltine en Alsace et en Franche-Comté. Il semble très probable que cette souche va continuer à coloniser l'ensemble des régions à plus ou moins brève échéance. Il est à craindre une augmentation des dégâts directs en raison d'un plus grand nombre de larves issues des deux générations. Mais la dégradation de la qualité ne peut être sous-estimée : les pyrales de seconde génération attaquant préférentiellement les épis et favorisant l'installation d'agents de fusariose, producteurs de diverses mycotoxines. La présence de larves de 2^{ème} génération dans ces deux régions va donc également nécessiter une adaptation des méthodes de surveillance et des méthodes de lutte assurant leur contrôle.

ALBERT R., MAIER G., DANNEMANN K., 2008 - Maïszunslerbekämpfung – Bekämpfung und neue Entwicklungen beim Trichogramma brassicae-Einsatz. *Gesunde Pflanzen* 60 ; 41-54.

DALECHY A., PONSARD S., BAILEY R.I., PELISSIER C., BOURGUET D., - 2006 - Resistance evolution to Bt crops : predispersal mating of European Corn Borers. *PLos Biology* 4 (6) 1048-1057.

DERRON J.O., GOY G., BREITENMOSER S., - 2009 - Caractérisation biologique de la race de pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis*) à deux générations présente dans le Bassin lémanique. *Revue suisse Agric.* **41** (3) ; 179-184.

GUENNELON G., AUDEMARD H., TORT J.M., - 1958- Mise au point sur les problèmes des chenilles endophytes du maïs en Provence.

NAIBO B., - 1999- *Les Guides AGPM*.

SARINGER J., - 1980 - Diapause studies on *O. nubilalis* populations of different origins in Hungary. Conference on new endeavours in plant protection, Budapest, Sept 2-5.

STENGEL M., SCHUBERT G., - 1982 - Etude comparative de la vitesse de croissance et de la sensibilité à la photopériode de deux races de pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis* Hübn., Lepidoptera, Pyralidae) et leurs hybrides. *Agronomie*, **2** (10) ; 989-994.

Remerciements

Les auteurs remercient Jean Louis GALAIS de la Chambre d'Agriculture d'Alsace et Didier LASSERRE d'ARVALIS, animateurs du BSV Maïs. Un grand merci également à Charlotte BASS de l'ERDC FMC de Nambenheim pour la transmission des données de piégeage.