



**> Lutte biologique contre la pyrale du maïs :
efficacité et succès des trichogrammes.**



Mars 2026

Christine Douchez, INRAE

Nicolas Ris, INRAE

Avec la participation de : Cécilia Multeau, INRAE

Jacques FRANDON, BIOLINE AGROSCIENCES France

Etude de cas du département de recherche **SPE (Santé des plantes et environnement)** réalisée selon la méthode ASIRPA (Analyse de l'impact sociétal de la recherche) mise au point par INRAE.

Résumé

Première céréale cultivée dans le monde, le maïs représente près de 50% de la production mondiale de céréales. La France cultive au total plus de 3 millions d'hectares de maïs soit environ 11% de sa surface agricole utile (SAU) ce qui représente 25% de la production européenne. La culture du maïs regroupe quatre types de produits : le maïs grain, le maïs fourrage, le maïs doux et le maïs semence. Le maïs est utilisé à 14% pour l'alimentation humaine, 61% pour l'alimentation animale, 20% pour les usages non alimentaires et représente un enjeu non seulement sur le plan nutritionnel mais aussi sur le plan des échanges économiques.

Même si de nouveaux ravageurs sont apparus en Europe ces dernières années, la culture du maïs reste principalement impactée par la pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis*), un papillon (lépidoptère) qui provoque des pertes de rendement importantes, ce qui nécessite de développer des moyens de lutte adaptés. Avant 1990, la lutte contre la pyrale du maïs reposait sur des mesures prophylactiques et sur l'utilisation d'insecticides de synthèse essentiellement à base de larvicide représentant un risque à la fois pour la santé humaine et l'environnement.

Fondée sur des recherches initiées en 1973 par le laboratoire de zoologie et de lutte biologique de l'INRA d'Antibes, devenu depuis l'Institut Sophia Agrobiotech (ISA de Sophia-Antipolis), la lutte biologique contre la pyrale du maïs à l'aide de trichogrammes (*Trichogramma brassicae*), un petit hyménoptère qui pond dans les œufs de la pyrale et empêche ainsi son développement, a été mise au point grâce à un partenariat public/privé signé en 1977 entre l'INRA et l'UNCCA, l'Union nationale des coopératives d'approvisionnement. La production industrielle de *Trichogramma brassicae* a ensuite été développée par la société BIOTOP, filiale de l'UNCCA créée en 1991. Après la création d'In Vivo en 2001, résultat de la fusion de l'UNCAA avec la coopérative SIGMA, In Vivo rachète la société Bioline Ltd qui fusionnera avec Biotop pour créer Bioline Agrosiences, filiale d'In Vivo jusqu'en mars 2025, date de son rachat par le fonds Eurazeo.

Aujourd'hui, environ 120 000 ha de maïs grains sont protégés des attaques de la pyrale en France grâce aux trichogrammes, ce qui constitue un véritable succès en matière de lutte biologique dans le domaine des grandes cultures. Dans le cadre ou postérieurement à cette « success story » de lutte biologique en plein champs, les recherches menées par INRAE ont généré de nombreux autres impacts que cette étude détaille.

Summary

Corn is the world's leading cereal crop, accounting for nearly 50% of global cereal production. France cultivates a total of more than 3 million hectares of corn, representing approximately 11% of its usable agricultural area (UAA) and 25% of European production. Corn cultivation encompasses four types of products: grain corn, feed corn, sweet corn and seed corn. Corn is used 14% for human consumption, 61% for animal feed and 20% for non-food uses, representing a challenge not only in terms of nutrition but also in terms of economic trade.

Although new pests have appeared in Europe in recent years, maize cultivation remains mainly affected by the European corn borer (*Ostrinia nubilalis*), a moth (lepidopteran) that causes significant yield losses, requiring the development of appropriate control methods. Before 1990, control of the European corn borer relied on prophylactic measures and the use of synthetic insecticides, mainly larvicides, which posed a risk to both human health and the environment.

Based on research initiated in 1973 by the INRA zoology and biological control laboratory in Antibes, which has since become the Sophia Agrobiotech Institute (ISA in Sophia-Antipolis), biological control of the European corn borer using *Trichogramma brassicae*, a small hymenoptera that lays its eggs in the corn borer's eggs, thereby preventing its development, was developed thanks to a public/private partnership signed in 1977 between INRA and UNCCA, the National Union of Supply Cooperatives. The industrial production of *Trichogramma brassicae* was then developed by BIOTOP, a subsidiary of UNCCA created in 1991. Following the creation of In Vivo in 2001, resulting from the merger of UNCAA

with the SIGMA cooperative, In Vivo acquired Bioline Ltd, which subsequently merged with Biotop to form Bioline Agrosiences, a subsidiary of In Vivo until March 2025, when it was acquired by the Eurazeo fund.

Today, around 120,000 hectares of grain maize are protected from corn borer attacks in France thanks to trichogramma wasps, which is a real success story in biological control in the field of arable farming. As part of or following this 'success story' in biological control in open fields, research conducted by INRAE has generated many other impacts, which are detailed in this study.

Problématiques sociétales initiales et contexte externe initial

Le Maïs : première céréale cultivée dans le monde

Première céréale cultivée dans le monde, le maïs représente près de 50% de la production mondiale de céréales. En 2022, la production de maïs représentait 1 100 millions de tonnes sur 200 millions d'hectares (source Solagro 2022). Les Etats-Unis et la Chine sont les plus importants producteurs avec respectivement 37% et 21% de la production mondiale (source Yara 2024). Viennent ensuite le Brésil, l'Union européenne, l'Argentine, l'Inde, l'Ukraine et le Mexique.

La France cultive au total plus de 3 millions d'hectares de maïs soit environ 11% de la surface agricole française (SAU). La culture du maïs regroupe quatre types de produits : le maïs grain (1,53 million d'ha), le maïs fourrage (1,38 million d'ha), le maïs doux et le maïs semence. Deuxième céréale cultivée après le blé tendre, le maïs cultivé en France représente 25% de la production européenne (15 millions de tonnes sur 60 au total). La France exporte 40% de sa production, principalement sur le marché européen, largement déficitaire, générant un excédent commercial d'1 milliard d'euros pour le pays.

Au niveau mondial, le maïs est utilisé à 14% pour l'alimentation humaine, 61% pour l'alimentation animale, 20% pour les usages non alimentaires, hors semences et pertes. (Source Solagro 2022).

Dans de nombreux pays de l'hémisphère sud, (Amérique Centrale et du Sud) ainsi qu'en Afrique, le maïs grain est principalement destiné à l'alimentation humaine et consommé sous forme de bouillie, de pâtes ou de galettes cuites. Il nourrit près de 1,2 milliard d'êtres humains. La semoule de maïs obtenue après broyage du maïs grain permet la fabrication des céréales du petit déjeuner, de biscuits apéritifs ou encore de polenta. La farine de maïs et l'amidon de maïs constituent des épaississants et liants utilisés en cuisine. Le maïs est également utilisé comme matière première pour l'industrie agroalimentaire sous forme d'amidon, de sirop de maïs, d'huile extraite du germe de maïs, de malt de maïs. Il peut aussi être consommé sous la forme de pop-corn, avec des variétés de maïs à éclater. Cinquième légume consommé en France, le maïs doux peut être consommé sous forme d'épis (frais) ou en grain (conserves/surgelés).

Le maïs grain, riche en amidon et en huile est aussi utilisé dans l'alimentation des bovins, volailles et les porcins.

Sur le plan industriel, tout comme le blé, le maïs permet de produire du bioéthanol et sert également à la fabrication de bioplastiques.

Le maïs fourrage désigne le maïs quand il est utilisé en plante entière pour l'alimentation des animaux. Tiges, feuilles, rafles et grains sont broyés et tassés dans des silos puis recouverts d'une bâche hermétique permettant sa conservation pendant l'hiver grâce à la fermentation.

En pointe sur la multiplication des grains, la France est également 1^{er} producteur européen et le 1^{er} exportateur mondial de maïs semence.

Même mise en cause sur le plan environnemental pour son impact sur la biodiversité en cas de monoculture, ou pour ses besoins en eau dans les systèmes irrigués, la culture du maïs représente un enjeu important non seulement sur le plan nutritionnel, mais aussi sur le plan économique à l'échelle internationale. En conséquence, la lutte contre les maladies et les ravageurs du maïs pour éviter les pertes de rendement, tout en tenant compte des préoccupations environnementales et sociétales de réduction des pesticides, est devenu un défi majeur pour les producteurs.

La pyrale du maïs : un papillon aux effets ravageurs

En termes de ravageurs, et même si de nouveaux insectes tels que, la chrysomèle des racines (*Diabrotica virgifera virgifera*) originaire d'Amérique ou la sésamie (*Sesamia nonagrioides*) venue d'Afrique sont maintenant présentes en Europe, la culture du maïs reste principalement impactée par la pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis*), un papillon (lépidoptère) de 20 à 30 mm, avec des ailes jaune pâle pour les femelles, et brunes pour les mâles.

Le cycle de la pyrale

La pyrale adulte pond ses œufs en plaques sous les feuilles de maïs en mai-juin. Les larves (des chenilles gris jaunâtre à tête brune de 20 mm) éclosent au bout de deux semaines, dévorent d'abord les feuilles avant de creuser des galeries dans la tige, ce qui fragilise la plante et perturbe son développement.

Les dégâts occasionnés par les larves de pyrale sont de plusieurs natures :

- perte de rendement par défaut d'alimentation de la plante ou par pertes d'épis (verse des plantes ou chute d'épis)
- perte de valeur alimentaire par défaut de remplissage du grain et baisse de qualité de la partie « tige + feuilles »,
- risque d'installation de champignons (fusarioses) et production possible de mycotoxines, ce qui rend les grains impropres à la commercialisation.

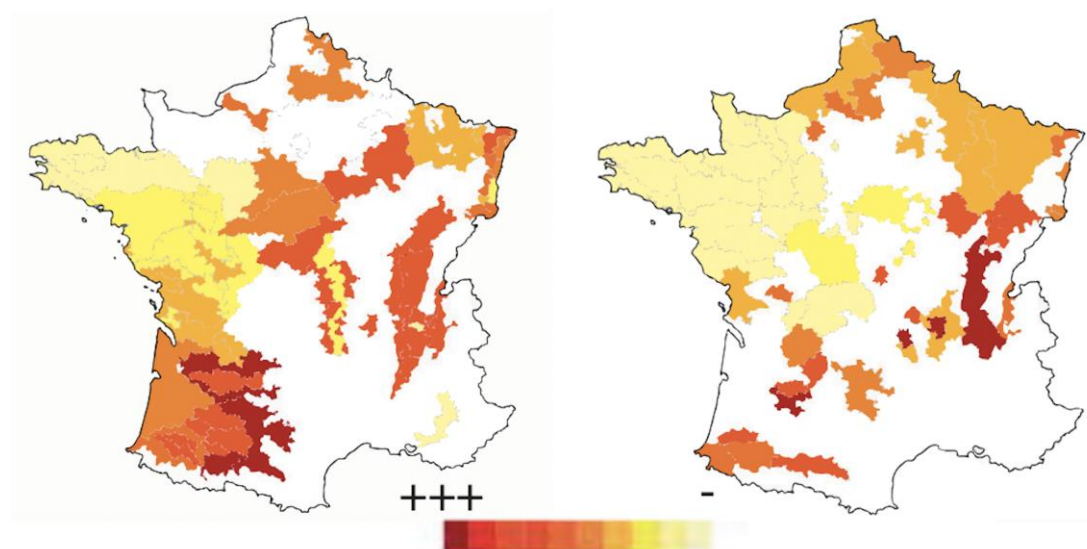
En fin de cycle, la larve migre vers le bas de la tige où elle passe l'hiver en diapause avant de se transformer en nymphe au printemps suivant pour éclore au début de l'été et entamer un nouveau cycle.

L'impact de la pyrale et ses conséquences économiques dépendent notamment (i) du type de maïs cultivé (impact supérieur sur le maïs grain par rapport au maïs fourrage), (ii) de l'historique de l'infestation de la parcelle et des environs, (iii) des conditions climatiques et météorologiques qui déterminent le nombre de générations par an. Dans les zones du sud-ouest de la France notamment, deux générations de pyrale (voire trois) peuvent se succéder et accroître la pression sur le maïs.

Seuil de nuisibilité et pertes de rendement

Pour le maïs grain, on considère qu'au-delà de 0,8 larve de pyrale par plante, le seuil de risque pour l'année suivante est atteint. Entre 0,5 et 0,8 larve par plante, la vigilance doit être de mise. En dessous, la pression est considérée comme faible. Sur la base des essais réalisés par ARVALIS, la nuisibilité de la pyrale sur le maïs grain entraîne une perte de rendement de 4% à 7% pour 1 larve/plante selon les zones géographiques, le Sud-ouest, le Centre-Ouest et l'Est de la France étant les trois grandes zones avec une pression particulièrement forte. Les pertes de rendement sont de 6,7 q/ha en moyenne. Ils peuvent atteindre les 15 q/ha lors d'attaques sévères.

Concernant le maïs fourrage, compte tenu de la date de récolte plus précoce, on pourrait penser que l'impact de la pyrale est moins important. Cependant des essais conduits par ARVALIS montrent qu'en situation de pression moyenne, en absence de traitement, on enregistre une perte de rendement de l'ordre de 5 % (moyenne de 10 essais) soit 750 kg MS (matière sèche) pour un maïs à 15 t MS/ha.



Indice de perte moyenne due à la pyrale pour le maïs grain - à gauche et le maïs fourrage à droite (ARVALIS, 2020)

Les mesures de lutte

Avant 1990, la lutte contre la pyrale du maïs reposait sur des mesures prophylactiques et sur l'utilisation d'insecticides de synthèse essentiellement larvicides.

La pyrale hiverne à l'état de diapause dans le bas des tiges de maïs et passe très bien les hivers même les plus froids. Pour « casser » le cycle biologique et ainsi réduire les populations, un broyage des cannes, fin et au ras du sol, suivi d'un enfouissement sont vivement recommandés, sitôt la récolte du maïs grain. Pour être pleinement efficace, cette technique doit être mise en œuvre sur toutes les parcelles de maïs grain d'un même bassin de production.

Sont également utilisés des insecticides à base de pyréthrinoïdes à action larvicide ainsi que des produits à base de chlorantraniliprole qui s'attaquent au système nerveux des insectes par contact ou ingestion.

Plus récemment ont été homologués des produits à base de Spinosad, un produit fermenté dérivé du mélange de deux toxines (spinosyne A et D) sécrétées par une bactérie vivant dans le sol, *Saccharopolyspora spinosa*. Comme les pesticides classiques, le Spinosad agit comme une neurotoxine et provoque en peu de temps chez l'insecte une excitation du système nerveux menant à des contractions musculaires involontaires, à la prostration accompagnée de tremblements et à la paralysie.

Notons que :

- des pyrales résistantes aux pyréthrinoïdes ont été observées en Beauce, ce qui limite l'utilisation de cette famille chimique,
- des études montrent que les pyréthrinoïdes se retrouvent dans l'environnement. Leur écotoxicité a été démontrée sur des arthropodes terrestres (abeilles notamment) et sur des organismes aquatiques avec de potentiels effets en cascade sur les niveaux trophiques supérieurs des écosystèmes,
- que les pyréthrinoïdes se retrouvent aussi dans les urines et le sang d'une grande partie de la population, y compris les enfants, sans que l'on connaisse les effets de ces substances sur la santé humaine.

Contributions d'INRAE et de ses partenaires

La lutte biologique : une méthode alternative aux pesticides chimiques... déjà au XXe siècle !

Compte tenu des impacts des pesticides sur l'environnement et de leurs risques potentiels sur la santé humaine, la recherche d'alternatives aux traitements chimiques pour lutter contre la pyrale du maïs apparaît comme un enjeu important. L'une de ces alternatives est la lutte biologique qui regroupe plusieurs types de méthodes utilisant des macro-organismes, des micro-organismes, des substances naturelles ou des médiateurs chimiques (exemple : phéromones) pour lutter contre les bioagresseurs des cultures (insectes ravageurs, maladies...).

C'est en 1955 que des programmes de lutte biologique vont être initiés à l'INRA notamment à la station de recherche de zoologie d'Antibes qui devient alors, la station de zoologie et de lutte biologique, et qui deviendra plus tard l'Institut Sophia Agrobiotech (ISA) d'INRAE. A cette époque, les recherches concernent les ennemis des cultures florales méridionales ainsi que l'introduction et l'élevage de certains auxiliaires.

Cette même année est fondée la Commission Internationale de Lutte biologique (CILB) qui deviendra l'Organisation Internationale de Lutte Biologique (OILB)¹ en 1965. Le rôle dominant joué par les scientifiques français et francophones dans la création et la mise en route de cette organisation est attesté par la composition du bureau exécutif qui comprenait A.-S. Balachowsky (Museum national d'Histoire naturelle) comme Président, P. Vayssière et Van den Bruel (Institut agronomique de Gembloux) comme Vice-présidents, **P. Grison (INRA Versailles) comme Secrétaire général** et P. Bovey (Polytechnikum, Zurich) comme Trésorier. Les premiers statuts de la CILB étaient rédigés en français et la première session plénière officielle de la CILB s'est tenue le 20 novembre 1956 à l'INRA d'Antibes. Emile Biliotti, Directeur de la station d'Antibes de 1957 à 1967 puis Chef du Département de Zoologie de l'INRA, sera ensuite Président de l'OILB à partir de 1968. Il est reconnu comme l'un des promoteurs de la lutte biologique en France.

Les Trichogrammes : un sujet de recherche fédérateur et une ambition « top-down » !

Décrit dès la fin du 19^e siècle (1833) dans la banlieue de Londres, le trichogramme est l'objet de premières recherches par la Station entomologique de Paris dès 1912. Micro-hyménoptère (moins de 1mm) parasite d'œufs d'autres espèces d'insectes, sa biologie intrigue et son potentiel comme auxiliaire de lutte biologique est perçu (Voegelé J. et al. 1975).

En 1973, sous l'impulsion d'Emile Biliotti, (voir § précédent), Jean Voegelé, Directeur de recherche INRA, crée un laboratoire des Trichogrammes au sein de la station de zoologie et de lutte biologique d'Antibes, elle-même dirigée depuis 1968 par Pierre Jourdeuil.

Pendant une dizaine d'années, des connaissances importantes sont acquises sur le Trichogramme par l'équipe « Trichogrammes » de l'INRA. En particulier, la diversité des trichogrammes est mieux perçue si bien que, dans un article publié en 1990 dans le Bulletin de la société entomologique de France « Polymorphisme, biogéographie et spécificité parasitaire des trichogrammes européens », Bernard Pintureau, chercheur INRA basé au Laboratoire INSA-INRA de Biologie Fonctionnelle, Insectes et Interactions (BF2I) à Lyon fait état de 33 espèces européennes de trichogrammes.

¹ L'organisation internationale de lutte biologique (OILB) est une organisation professionnelle internationale qui s'est donné comme objectif de promouvoir le développement de la lutte biologique, et son application dans les programmes de gestion intégrée des ravageurs et de favoriser la coopération internationale dans ces domaines. Elle rassemble des scientifiques individuels, des organisations gouvernementales, scientifiques ou commerciales de 24 pays d'Europe, de la région méditerranéenne et du Moyen-Orient.

Trichogramma brassicae au secours du maïs !

A partir de 1974, le développement de recherches sur de nouvelles méthodes de contrôle de la pyrale du maïs sont menées conjointement par les centres INRA d'Antibes, Lyon et Versailles. Plusieurs options sont évaluées en parallèle : macro-organismes, micro-organismes, phéromones, etc.

Les recherches se cristallisent finalement sur l'une des espèces de trichogramme, *Trichogramma brassicae*. Les trichogrammes se développant à l'intérieur des œufs de pyrale, ils assurent ainsi leur propre descendance en empêchant l'éclosion des larves de pyrale.



Photo 1 : couple de Pyrale sur feuille de maïs



Photo 2 : *Trichogramma brassicae* parasitant une ooplaque de pyrale du maïs.

Crédits photo : Jeanine Pizzol, INRAE (médiathèque INRA)

En plus des recherches menées à Antibes (cf § précédent), des recherches complémentaires sont menées sur d'autres sites tels que la station de Zoologie de Versailles avec notamment la forte implication de Nicole Hawlitzky (Directrice de recherche INRA), le laboratoire BF2I INSA-INRA de Lyon avec l'implication de Pierre Laviolette (professeur INSA) puis de Simon Grenier (chercheur INRA) et la Station de zoologie de Colmar avec notamment Marc Stengel (chercheur INRA).

Cette concentration/convergence de ressources et de compétences a permis d'adresser en parallèle plusieurs thématiques de recherche concernant notamment :

- l'écologie de la pyrale et la prédiction de son risque (Colmar et Versailles) ;
- l'étude des capacités d'élevage de masse des trichogrammes sur des hôtes de substitution (Antibes) voire sur milieu artificiel (Lyon) ;
- l'étude des capacités de diapause ;
- le contrôle qualité des individus produits.

Ces recherches aboutissent, au début des années 80, à une production-pilote de trichogrammes dans les locaux de l'INRA à Antibes à partir d'une souche « diapausante » initialement prélevée en Moldavie (ex Union soviétique) en 1973 par Jean Voegelé².

² En URSS, depuis les travaux de Ruisakov (1936), les trichogrammes sont utilisés à grande échelle pour lutter contre la pyrale du maïs. Au profit d'une mission effectuée en Moldavie (ex URSS) en 1973, Jean Voegelé a ramené en France une souche naturelle de Trichogramme connue localement sous le nom de *Trichogramma evanescens* (Les Naturalistes orléanais. Avril 1989). Celle-ci se révélera finalement être en réalité *Trichogramma brassicae* (Pintureau, 1990).

Vers un développement industriel !

Après avoir sélectionné *Trichogramma brassicae* comme candidat contre la pyrale du maïs, il fallait trouver les moyens de produire ce parasitoïde en masse, définir sa stratégie d'utilisation au champ et démontrer son efficacité.

Cette nouvelle étape nécessitait de produire de façon industrielle non seulement les trichogrammes mais également leurs hôtes. Concernant ce dernier point, l'élevage à grande échelle de pyrales de maïs n'étant pas envisageable (trop compliqué, trop coûteux et difficilement industrialisable), des « hôtes de substitution » ont été recherchés et deux espèces candidates ont été identifiées, *Ephestia kuehniella* (pyrale de la farine) et *Sitotroga cerealella* (alucite des céréales). Le choix s'est finalement porté sur la pyrale de la farine qui présentait les trois caractéristiques nécessaires à l'élevage de type industriel : (i) Production d'œufs libres ; (ii) Facilité d'élevage dans de la semoule de blé ; (iii) Adéquation avec le parasitisme par les trichogrammes (acceptation pour le parasitisme et développement pré-imaginal).

En parallèle, un travail important est effectué par l'équipe de l'INRA de Versailles (N. Hawlitzky) sur les paramètres de sortie de diapause de la pyrale du maïs et les dynamiques des populations de ce ravageur, ce qui permet de jeter les bases d'une nouvelle méthode de prévision des vols basée sur les sommes de températures, méthode toujours utilisée à ce jour.

Enfin, des essais terrains sont réalisés à raison de trois lâchers comportant deux vagues d'émergence de trichogrammes. Ces premiers essais conduisent notamment progressivement à faire évoluer le mode de conditionnement et de distribution (capsules cartonnées).

Le changement d'échelle s'avère toutefois compliqué principalement pour trois raisons :

- La qualité variable des œufs d'*Ephestia* impactant directement le rendement de production des trichogrammes,
- Le nombre de lâchers manuels trop important, trois à l'époque pour traiter la 1^{ère} génération de la pyrale,
- La difficulté à positionner les dates de lâchers en fonction des dates de pontes des pyrales.

Sur ce dernier point, l'appui des services ministériels de la Protection des Végétaux (PV) est sollicité. Un réseau de surveillance INRA/PV/Coopératives est mis en place pour réaliser des piégeages de pyrales afin d'alerter de l'apparition des premiers papillons, prévenir du risque et donc cibler les zones à traiter.

Mise en place d'un partenariat public/privé

Afin de mettre en œuvre l'utilisation du trichogramme en conditions réelle, il fallait rendre possible à la fois leur production de masse et leur commercialisation. Il est apparu que la conversion des connaissances produites par les recherches en produit commercial ne pouvait aboutir qu'au moyen d'un partenariat public-privé. C'est ainsi qu'en 1977, l'INRA a lancé un appel à manifestation d'intérêt auprès d'industriels. Seule l'UNCAA, l'Union nationale des Coopératives Agricoles d'approvisionnement s'est montrée intéressée. C'est Bernard Raynaud, ingénieur phytosanitaire puis Chef du service Agronomie de l'UNCAA qui prendra la tête de cette collaboration, en étroite collaboration avec Guy Riba, Chef du département Zoologie de l'INRA puis Directeur scientifique « Plantes et produits du végétal », puis Directeur Général Délégué aux Affaires scientifiques de l'Institut.

Le projet demandant finalement plus de temps et de moyens que prévu, l'UNCAA décide d'intégrer un autre industriel pour partager les frais de recherche et c'est ainsi qu'est créé en 1983, le GIE « UNCAA/LIMAGRAIN Lutte Biologique ». Un entomologiste, Yves Miermont, salarié de Limagrain est embauché pour assurer le transfert de la « technologie Trichogramme ». En 1985, Limagrain se retire des aspects opérationnels du GIE.

Malgré tout, des premiers trichogrammes sont commercialisés cette même année en Alsace et en Rhône-Alpes *via* les coopératives selon un procédé industriel mis au point grâce au partenariat INRA/UNCAA. Cette première expérience de terrain ne donne malheureusement pas les résultats escomptés. Sur les 2 000 ha commandés, seuls 500 sont protégés soit seulement 25% de succès. Avec l'appui de Marc Stengel, de l'INRA de Colmar, les maïsiculteurs acceptent de renouveler l'expérience l'année suivante.

En septembre 1985, à la suite de cette campagne ratée, l'UNCAA embauche Firouz Kabiri, titulaire d'un DEA de sciences phytosanitaires et ayant déjà fait un stage dans le service de Bernard Raynaud. Firouz Kabiri sera notamment chargé de solutionner les problèmes de production d'œufs d'*Ephestia* et d'améliorer une machine existante permettant le conditionnement automatisé d'œufs parasités par les trichogrammes dans des capsules en cellulose.

Un procédé de production industriel des trichogrammes est mis en place et, à partir de 1988, les trichogrammes pour lutter contre la pyrale du maïs sont commercialisés sous le nom « TR16 ».

Création de la société BIOTOP

En 1991, l'UNCAA crée la société BIOTOP, une filiale chargée de produire et de commercialiser les trichogrammes. Cette nouvelle société est détenue en majorité par l'UNCAA. L'Inra n'ayant pas souhaité en être actionnaire, le retour financier pour l'exploitation des brevets autour de la production industrielle des trichogrammes se fait sur la base de royalties issues de licences d'exploitation commerciale concédées par l'INRA à BIOTOP.

Installée à Valbonne à côté du centre Inra, BIOTOP est alors la première unité européenne de production industrielle de trichogrammes.

En parallèle de la production, les activités de recherche et développement se poursuivent, permettant notamment de diminuer le nombre de lâchers nécessaires : trois lâchers en 1985, deux lâchers en 1992 puis un unique lâcher en 1996-1997. Le produit « TR16+ » lancé en 2003-2004 apporte une nouvelle évolution sensible puisqu'il combine trois vagues d'émergence successives dans un nouveau diffuseur facile d'emploi (peu volumineux, léger, facile à accrocher). Actuellement, les diffuseurs peuvent contenir jusqu'à de 4 à 7 générations de trichogrammes (selon les fournisseurs) ce qui permet d'échelonner leur diffusion au sein des parcelles de maïs. Les trichogrammes peuvent aussi être conditionnés dans des capsules en cellulose moulée, qui sont ensuite larguées par drone, ce qui divise le temps d'installation au champ par trois.

Et au-delà ?

Au-delà (i) de la politique très volontariste de l'INRA de développer des recherches sur les trichogrammes, (ii) de l'implication de l'INRA dans le montage d'un consortium pour le déploiement au champ de la solution « *T. brassicae* » contre la pyrale du maïs et (iii) de l'« accompagnement » scientifique et technique de Bioline Agrosiences par des agents INRA puis INRAE, les recherches sur les trichogrammes se sont poursuivies et diversifiées. En témoigne la littérature scientifique importante associée au sujet.

Contrairement aux travaux menés dans les années 70-90, ces recherches relèvent toutefois plus de dynamiques individuelles. Quelques initiatives collectives « bottom-up » coordonnées sur du temps long et impliquant notamment l'Institut Sophia Agrobiotech et le Centre de Biologie pour la Gestion des Populations (CBGP) de Montpellier peuvent toutefois être citées :

- le projet ANR « TRIPTIC » (Trichogramma pour la protection des cultures, 2014-2018 – coordination : Rasplus J-Y) sur l'étude de la génomique, des traits d'histoire de vie et des capacités d'établissement des trichogrammes pour le développement de programmes de lutte biologique efficaces et alternatifs à l'utilisation des pesticides.

- En 2018, l'«officialisation» à l'occasion de l'obtention de sa certification ISO9001:2015 du Centre de Ressources Biologiques « Egg Parasitoids Collection » (CRB EP-Coll), une structure vouée à

l'acquisition, la caractérisation, la conservation et la distribution – à des fins de recherches fondamentales ou de recherches appliquées - de parasitoïdes oophages. A ce jour, le CRB EP-Coll détient une centaine de souches vivantes du genre *Trichogramma* dont certaines d'origines exotiques. Le CRB EP-Coll est membre du Pilier « Environnement » de l'Infrastructure de Recherche RARE, Réseau français de Centres de Ressources Biologiques pour la recherche en biologie, agronomie et environnement.

- Le projet ANR Ecophyto Maturation « Biodiversité des trichogrammes, Diversification des produits de biocontrôle et nouveaux Modèles Economiques » (BIDIME) (2020-2023 – coordination : Ris N) dont l'un des objectifs était de « valider » une démarche générique pour accélérer la diversification au champ des solutions « trichogrammes ».

Outputs des recherches

Publications

Entre 1973 (date de création du laboratoire INRA « Trichogrammes » à Antibes) et 1991 (date de création de la société BIOTOP) (voir § précédent) plusieurs articles impliquant l'INRA sont publiés.

La réflexion collective intitulée « Les trichogrammes, bilan des recherches menées en France » rédigée en 1993 par des chercheurs de l'INRA (Antibes, et Versailles), de l'INSA (Villeurbanne), du CNRS (Villeurbanne) et d'universités (Orsay et Lyon) fait état de 176 publications dont 162 associent au moins un chercheur INRA. 39 de ces publications sont référencées sur Web of Science (Advanced Search : [TOPIC = Trichogramm*] AND [Affiliation = INRA] AND [YEAR PUBLISHED = 1973-1991]).

Parmi ce large corpus, nous listons ci-dessous 3 articles « fondateurs » et spécifiquement en lien avec la problématique « *Trichogramma brassicae* contre la pyrale du maïs ».

- Voegelé J. (1976) Diapause and heterogeneity of development in *Aelia* (Heteroptera : Pentatomidae) and in *Trichogramma* (Hymenoptera, Trichogrammatidae). Annales de Zoologie, Ecologie Animale. 8(3): 367-371.
- Lewis et al. (1976) Production and performance of *Trichogramma* (Hymenoptera – Trichogrammatidae) reared on eggs of *Heliothis zea* and other hosts. Environmental Entomology, 5(3):449-452.
- Pintureau B. and Voegelé J. (1980) A new species related to *Trichogramma evanescens*: *T. maidis* [Hymenoptera: Trichogrammatidae]. Entomophaga, 25:431-440.

En parallèle, les recherches de l'INRA trouvent leurs applications par l'obtention de différents brevets propriétaires dont :

- Brevet N° 79 18042 (1979) : Procédé de lutte biologique contre les lépidoptères de plantes. <https://patentimages.storage.googleapis.com/7f/bf/e1/de6e8e11ff2ad4/FR2460625A1.pdf>
- Brevet CH 655 227 A5 (1980) : Procédé de conditionnement et de conservation d'œufs de parasites oophages d'insectes. <https://patentimages.storage.googleapis.com/17/f3/49/fba696d0e3893d/CH655227A5.pdf>
- Brevet CH 643 985 (1980) : Unité en masse de production d'œufs d'un insecte. <https://patentimages.storage.googleapis.com/9a/07/6b/b39216bef9dc3b/CH643985A5.pdf>

Postérieurement à 1991 :

La production scientifique se poursuit sur la thématique « trichogrammes ». Web of Science recense ainsi 190 publications associant au moins une affiliation INRA ou INRAE (Advanced Search : [TOPIC = Trichogramm*] AND [Affiliation = INRA OR INRAE] AND [YEAR PUBLISHED = 1992-2025]). Il est à noter que :

- Les trois principaux « publiants » français sont Nicolas Desneux, Bernard Pintureau et Eric Wajnberg, tous les trois chercheurs INRA/INRAE.
- seules 10 de ces publications (soit 5%) concernent la problématique « *Trichogramma brassicae* contre *Ostrinia nubilalis* » (Advanced Search : [TOPIC = Trichogramm*] AND [Affiliation = INRA OR INRAE] AND [YEAR PUBLISHED = 1992-2025])

En parallèle des brevets sont déposés conjointement entre l'INRA (puis INRAE) et BIOTOP (puis Bioline), et des licences d'exploitation commerciale sont concédées à BIOTOP (puis Bioline) :

- 1985 : Méthode et dispositifs pour la production de masse d'insectes entomophages [https://patents.google.com/patent/EP0213405B1/fr?q=\(inventor\)&inventor=J+Voegelé&assignee=inra&language=FRENCH](https://patents.google.com/patent/EP0213405B1/fr?q=(inventor)&inventor=J+Voegelé&assignee=inra&language=FRENCH)
- 1990 : Méthode pour activer la mobilité des femelles oophages. [https://patents.google.com/patent/CA2075976A1/fr?q=\(M%C3%A9thode+pour+activer+la+](https://patents.google.com/patent/CA2075976A1/fr?q=(M%C3%A9thode+pour+activer+la+)

[mobilit%C3%A9+des+femelles+oophages\)&oq=M%C3%A9thode+pour+activer+la+mobilit%C3%A9+des+femelles+oophages](#)

- 1996 : Méthode d'élevage et de conditionnement d'auxiliaires de biocontrôle.
[https://patents.google.com/patent/EP0827375A1/fr?q=\(inventor\)&assignee=Biotop&language=FRENCH&page=1](https://patents.google.com/patent/EP0827375A1/fr?q=(inventor)&assignee=Biotop&language=FRENCH&page=1).
- Licence 19010SF (suite à DI-RV-17-0076) : Protocole d'amélioration génétique et de sélection de lignées de *Trichogramma brassicae* contre la pyrale du maïs *Ostrinia nubilalis*

Circulation des connaissances et intermédiaires

Mise au point d'une méthode de production industrielle de trichogrammes

Cette méthode de production repose sur les travaux conjoints de l'Inra et de l'UNCAA dans le cadre du partenariat public/privé établi en 1977. Elle a été détaillée en 1993 dans un film scientifique & de communication CNRS audiovisuel/INRA intitulé « Lutte biologique contre la pyrale du maïs³ » selon les étapes suivantes :

1/ Production des œufs de teigne de la farine

Des œufs de teigne de la farine sont placés dans de la semoule de blé en salle climatisée. Après éclosion des papillons ceux-ci sont placés dans des pondoirs dans lesquels, après accouplement entre mâles et femelles, sont récoltés les œufs de teigne. Une petite partie d'entre eux est conservé pour l'élevage de nouveaux papillons, le reste est destiné au parasitisme par les trichogrammes.

2/ Production des trichogrammes

Les œufs de teigne destinés aux trichogrammes sont ensuite stérilisés par rayons UV puis mis en contact avec des trichogrammes qui pondent dans les œufs de la teigne. Ces œufs sont ensuite placés en centre d'incubation pour que les parasitoïdes se développent jusqu'à un stade proche de l'éclosion. Ils sont mélangés en petite proportions à des œufs sains.

3/ Conditionnement des Trichogrammes

Les œufs parasités et les œufs sains sont conditionnés dans des capsules contenant les deux types d'œufs. Une fois éclos, les parasitoïdes pourront parasiter les œufs sains et ainsi augmenter le nombre de trichogrammes produits et ce, avec un petit décalage dans le temps, cette seconde génération permettant d'allonger la période de diffusion des trichogrammes dans les champs de maïs.

4/ Stockage des trichogrammes

Les capsules cartonnées sont ensuite stockées en chambre froide à 3° afin de mettre les trichogrammes en diapause avant leur commercialisation au moment de l'été. Une fois sorties de la chambre froide, les capsules sont déposées en salle de réveil à 23° pendant quelques jours avant d'être transportées en camion frigorifique également à 3° jusqu'à leur lieu de destination.

5/ Dissémination des trichogrammes au champ

Les capsules sont ensuite disséminées en champs au niveau des feuilles de maïs. 24 à 48 heures après les trichogrammes émergent et vont parasiter les œufs de pyrales pondus sous les feuilles de maïs. Des essais de parasitisme ont permis à BIOTOP de déterminer le nombre de trichogrammes à apporter en fonction du cycle de la pyrale et de l'étalement des vols : entre 150 000 et 600 000 trichogrammes par hectare. La répartition des points de lâcher a été optimisée en tenant compte de la capacité de déplacement de l'auxiliaire : 25 points de lâchers par hectare contre la pyrale monovoltine de première génération (G1), deux fois plus soit 50 points de lâchers pour la bivoltine de seconde génération (G2).

Pour réduire le temps de pose des capsules en champs, des lâchers en hélicoptères et en ULM étaient parfois réalisés permettant de traiter 50 ha par heure.

Un déploiement essentiellement assuré par la société BIOTOP, start-up avant l'heure...

En charge de la production et de la commercialisation des trichogrammes, la société BIOTOP a assuré le déploiement et la diffusion des Trichogrammes dans la lutte contre la pyrale du maïs principalement via les coopératives agricoles, notamment celles qui étaient adhérentes à l'UNCAA (devenue InVivo) dont BIOTOP était la filiale, mais aussi les négociants agricoles grâce à l'accord commercial que BIOTOP avait avec la société BASF.

³ <https://images.cnrs.fr/video/147>

Les trichogrammes pouvaient être promus par les délégués régionaux de l'UNCAA (personnes assurant le lien entre l'UNCAA et les coopératives adhérentes) mais les contacts commerciaux et techniques étaient assurés par Firouz Kabiri, le responsable du site de Valbonne et Jacques Frandon, responsable R&D de BIOTOP devenue ensuite Bioline Agrosociences.

En pratique ce sont ces deux ingénieurs qui allaient rencontrer les responsables des achats chez les distributeurs pour leur présenter la technique, les résultats d'efficacité et les tarifs. Une fois la décision d'achat prise, ils retournaient ensuite faire une présentation technique plus complète aux technico-commerciaux de ces distributeurs lors de réunions où les agriculteurs étaient conviés.

Selon Jacques Frandon, « Ces réunions de présentation/formation ont été essentielles dans la réussite du développement, tant pour les techniciens que pour les agriculteurs utilisateurs finaux. En effet, le produit étant très nouveau et technique, il était important de bien expliquer son fonctionnement, les différences par rapport aux produits classiques, les précautions d'emploi, la logistique particulière... tout en essayant de minimiser les difficultés de mise en œuvre pour ne rebuter personne. »

Ainsi, d'année en année, les distributeurs et leurs clients agriculteurs se sont appropriés le produit, en même temps que BIOTOP continuait de l'améliorer pour le rendre toujours plus facile d'utilisation (par exemple passage progressif de trois lâchers à un seul lâcher).

Les surfaces protégées contre la pyrale du maïs grandissent pour avoisiner le seuil des 70 000 ha en 2001 et s'établir désormais autour des 120.000 ha.

En parallèle, la société BIOTOP se développera progressivement et évoluera avec notamment :

- Son intégration à la coopérative InVivo en 2001,
- La création d'une nouvelle usine de production à Livron sur Drôme en 2010,
- Sa fusion en 2016, au sein de InVivo, avec la Société BIOLINE du groupe Syngenta (rachetée par InVivo) pour devenir BIOLINE Agrosociences,
- La cession par In vivo de BIOLINE Agrosociences au fonds d'investissement Eurazeo en 2025.

Sur cette période, les collaborations avec INRA puis INRAE se poursuivent avec notamment :

- L'apport par l'INRA d'une expertise sur le contrôle qualité des œufs d'*Ephestia* et de l'inoculum trichogrammes (Jeanine Pizzol),
- Des tentatives de diversification des produits « trichogrammes », notamment sur *Lobesia botrana* (Eudémis de la vigne) connue sous le nom de « ver de la grappe » ou de « tordeuse de la vigne », qui témoignent de la volonté de l'équipe de diversifier ses recherches sur le trichogramme pour lutter contre d'autres bioagresseurs.
- L'amélioration génétique de *Trichogramma brassicae* contre la pyrale du maïs en 2018 dans le cadre du projet européen 2013-2016 Colbics (cf. Les conquêtes de l'INRA pour le biocontrôle 2018).

En parallèle, BIOTOP a beaucoup travaillé avec des acteurs de terrain, notamment les Services Régionaux de la Protection des Végétaux (SRPV), dont certains ont fortement contribué à la mise en œuvre de la technique et à son développement en fournissant des données essentielles telles que les taux de chrysalidation des pyrales au printemps, les piégeages ... et, pour les plus investis, en rédigeant des messages spécifiques pour les trichogrammes dans les bulletins d'information hebdomadaires.

BIOTOP a aussi développé des contacts avec les ingénieurs régionaux de l'AGPM (l'Association Générale des Producteurs de Maïs) pour faire connaître le produit et cette nouvelle technique de lutte biologique auprès des agriculteurs, mais avec des fortunes diverses. Selon Jacques Frandon, « Le fait de ne pas avoir associé ce prescripteur au tout début du développement de la technique a fait qu'elle a été peu mise en avant durant les premières années, voire parfois décriée (jugée pas assez efficace par exemple), par réaction peut-être.

Enfin, BIOTOP a fait diverses communications dans des journaux spécialisés (ex. Phytoma), des articles scientifiques (avec des chercheurs de l'INRA en cosignataires) et participé à certains congrès nationaux et internationaux, pour montrer surtout les améliorations de la technique et le développement des surfaces traitées.

On peut notamment citer :

- 1991 : Lâchers inondatifs de Trichogrammes, stratégie évolutive contre la Pyrale du Maïs — Firouz Kabiri, Jacques Frandon, Nicole Hawlitzky, Marc Stengel, Jean Voegelé. Revue Phytoma – La Défense des Végétaux, tome 43, fasc. 428, p. 23-26. (Équipe associée au développement Biotop/INRA à l'époque.)
- 1992 : La lutte biologique à l'aide de Trichogrammes Courrier de la Cellule Environnement de l'INRA n° 16. Nicole Hawlitzky (INRA). Diffusion large du concept et des pratiques (référence souvent citée dans les supports de formation).
- En 1993, un film scientifique & de communication CNRS audiovisuel/INRA de 20 minutes intitulé « Lutte biologique contre la pyrale du maïs » est réalisé en coproduction avec l'UNCAA/BIOTOP. Il est utilisé pour des présentations et formations à l'époque.
<https://images.cnrs.fr/video/147>

A noter enfin que, la suite des recherches sur le sujet des trichogrammes a conduit à la création récente d'une start-up, Innofenso. Créée en 2024 et hébergée sur le site INRAE de Sophia-Antipolis, Innofenso est le fruit, côté INRAE, de recherches et démarches menées initialement par Nicolas Ris, Ingénieur INRAE et co-fondateur d'Innofenso et Michela Ion Scotta, à l'époque doctorante puis post-doctorante au sein de l'Institut Sophia Agrobiotech. Dans ce cadre deux actifs de propriété INRAE – Déclaration DI-RV-21-0101 classée en savoir-faire secret DI-SF-21-0025 et DI-RV-25-0035 – ont été transférés à la société en vue de diversifier les solutions de biocontrôle à base de macroorganismes, la start-up se focalisant à court terme sur des solutions « trichogrammes » :

- en réponse à des problématiques d'arthropodes ravageurs ré-émergents voire nouveaux (espèces exotiques indigènes),
- au profit de productions agricoles ou territoires délaissés par les acteurs déjà en place,
- essayant d'exploiter au mieux la variabilité génétique inter- ou intra-spécifique indigène existante.

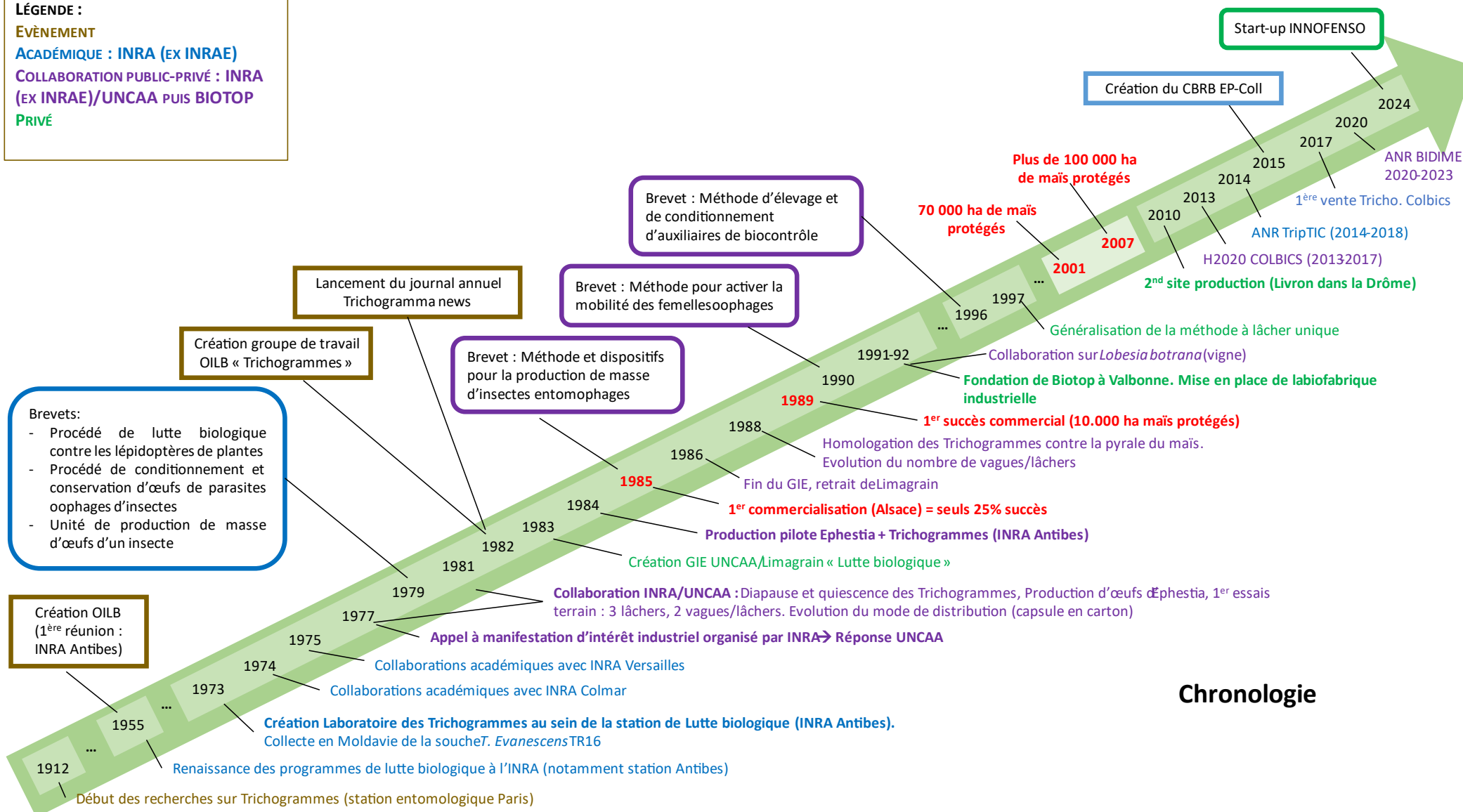
Toute jeune, cette start-up travaille actuellement à développer son modèle d'affaire.

Chronologie

Date	Evénement
1912	Début des recherches sur le Trichogramme
1955	Renaissance des programmes de lutte biologique à l'INRA (Station d'Antibes notamment)
1955	Création de l'OILB (première réunion à la station d'Antibes)
1973	Création du Laboratoire des Trichogrammes au sein de la station de Lutte biologique de l'INRA (Antibes)
1973	Collecte en Moldavie par J. Voegelé de la souche TR16 connue localement sous le nom de <i>Trichogramma evanescens</i> .
1974	Collaboration avec l'INRA de Colmar
1975	Collaboration avec l'INRA de Versailles
1977	Appel à manifestation d'intérêt industriel par l'INRA et réponse de l'UNCAA
1977-1981	Collaboration avec l'UNCAA
1979 : premier output	Obtention de brevets (académiques) - Méthode de conditionnement et de conservation des œufs de parasites oophages - Unité de production de masse d'œufs d'insectes - Utilisation des Trichogrammes pour le biocontrôle de la pyrale du maïs
1982	Création du groupe de travail OILB « Trichogrammes »
1982	Lancement du journal annuel « Trichogramma News »
1983	Création du GIE UNCAA/LIMAGRAIN Lutte biologique
1984	Production pilote d'Ephestia et de Trichogrammes (INRA d'Antibes).
1985	Brevet public/privé : Méthode et dispositifs pour la production de masse d'insectes entomophages
1985 : premier impact	1 ^{ère} commercialisation de trichogrammes et lâchers en Alsace. Seulement 25% de succès. Renouvelé l'année suivante sur 1 600 ha avec une bonne efficacité.
1986	Fin du GIE. Retrait de Limagrain
A partir de 1988	Homologation des trichogrammes et augmentation des lâchers
1989	Premier succès commercial : 10 000 ha de maïs protégés par le trichogramme
1990	Brevet public/privé : Méthode pour activer la mobilité des femelles oophages
1991-1992	Création de la société BIOTOP (filiale de l'UNCAA) à Valbonne. Mise en place de la biofabrique
1991	Collaboration BIOTOP/INRA sur <i>Lobesia botrana</i> (vigne)
1996	Brevet public/privé : méthode d'élevage et de conditionnement d'auxiliaires de biocontrôle
1997	Généralisation de la méthode à lâcher unique et début de la forte croissance des ventes de trichogrammes
2001	L'UNCCA devient INVIVO (fusion avec SIGMA)

2001	70 000 ha de maïs protégés contre la pyrale grâce au trichogrammes
2007	La surface de maïs traitée avec les trichogrammes de Biotop dépasse la barre des 100 000 ha
2010	2 ^e site de production de BIOTOP à Livron (Drôme)
2013	Début du Projet européen COLBICS (2013-2017)
2014	Début du Projet ANR TripTIC (2014-2018)
2015	Création du CRB EPColl
2016	Rachat par INVIVO de Bioline (filiale de Syngenta) et regroupement avec Biotop pour former Bioline Agrosiences. Surfaces protégées en baisse du fait de la concurrence d'un produit allemand (Trichosafe de la société Biocare)
2017	Première vente de Trichogrammes « Colbics », nouvelle offre commerciale.
2020	Début du Projet ANR Ecophyto-maturation BIDIME (2020-2023)
Janvier 2024	Création de la start-up InnoFenso
Mars 2025	Rachat de Bioline Agrosience par le fonds EURAZEO

LÉGENDE :
EVÈNEMENT
 ACADÉMIQUE : INRA (EX INRAE)
 COLLABORATION PUBLIC-PRIVÉ : INRA (EX INRAE)/UNCAA PUIS BIOTOP
 PRIVÉ



Chronologie

Récapitulatif des 5 partenaires principaux (hors-INRAE) associés

Ne pas tenir compte des collaborations avec d'autres unités Inrae.

Nom du partenaire associé aux recherches (5 maximum)	type (académique, privé, instance publique, institut technique)	connaissances apportées disciplines, compétences spécifiques	moyens apportés (financiers, infrastructures..)	A participé depuis le début des recherches ?
UNCAA/INVIVO/BIOTOP (Bioline Agrosiences)	Privé	Recherche et développement en collaboration avec l'INRA Création du GIE puis de la société BIOTOP Commercialisation des Trichogrammes, diffusion, promotion de la méthode.		oui
Limagrain	Privé	Contribution au GIE sur les premières années de sa création		
AGPM	Institut technique	Diffusion de la méthode		Non. Diffusion sur le tard.

Impacts

La collaboration engagée en 1977 entre l'INRA et BIOTOP a permis de mettre au point une solution opérationnelle à base de *Trichogramma brassicae* qui constitue aujourd'hui encore, l'un des rares cas de développement significativement réussi d'une solution d'une protection de biocontrôle en grandes cultures.

Impact Économique

1/ Diminution des pertes de rendement sur maïs / Augmentation des coûts de traitement

L'utilisation des trichogrammes dans les parcelles de maïs limite les attaques de pyrale et donc évite les pertes de rendement aux champs ainsi que le développement de mycotoxines qui rendent les grains non commercialisables. Selon Arvalis, la baisse moyenne de rendement est de 7% par larve ou par galerie.

Sur la base d'un rendement du maïs à 100 q/ha, cela équivaut à une perte de 7 q/ha. Au cours actuel du marché de 180 € la tonne (FOB Bordeaux), cela représente 126 € de perte par ha, d'où l'intérêt de la protection contre la pyrale.

Actuellement, 100 à 120 000 ha globalement en France sont protégés contre la pyrale grâce au trichogramme, soit environ 25% des surfaces de maïs grain traitées contre la pyrale. Le marché se répartit entre les deux principaux fournisseurs que sont Bioline Agrosiences et Biocare pour un montant estimé à environ 5 millions d'€ (niveau utilisateur final) si on se base sur un coût moyen du traitement à 40 € par hectare. Bioline Agrosiences développe aussi des trichogrammes à l'export en Italie, Suisse, Allemagne, Autriche et pays de l'Est (Tchéquie, Hongrie).

La méthode de lâcher manuel qui prend du temps compte tenu des surfaces à traiter reste un frein au développement du fait du coût engendré. Bioline Agrosiences a développé un nouveau diffuseur mécanisable posé au sol avec un épandeur adapté, mais cela ne suffit pas à étendre l'utilisation, le prix étant trop élevé.

En une heure, une personne couvre 5 ha de culture avec les diffuseurs actuels. Le drone permet de couvrir 15 ha en une heure mais il faut rajouter le coût du prestataire de drone (10 € par heure selon un agriculteur du Tarn).

« D'après Arvalis, dans de bonnes conditions de mise en œuvre, la lutte par biocontrôle avec les trichogrammes présente une efficacité comparable aux insecticides conventionnels. Le coût est de l'ordre de 38 à 45 €/ha en application manuelle (environ 5ha/h) contre 25 à 50 €/ha avec les insecticides de synthèse, coût du passage compris. » d'après Réussir Lait. 25 mai 2020.

La protection contre la pyrale du maïs à l'aide de trichogrammes présente une efficacité de l'ordre de 75% en moyenne soit une efficacité équivalente aux insecticides conventionnels dans des conditions optimales de mise en œuvre. Selon les années, 400 à 450 000 ha de maïs font l'objet d'une protection en végétation contre les ravageurs. Les trichogrammes couvrent actuellement 23% des surfaces de maïs traitées annuellement contre la pyrale. Cf. Contrat de solutions. Fiche 23 Trichogramme contre la pyrale du maïs.

2/ Création de deux start-ups

La société BIOTOP, filiale de l'UNCCA (1991-1992)

Cette création prolonge la collaboration initiée en 1977 entre l'Inra et l'UNCAA, l'Union nationale des Coopératives Agricoles d'Approvisionnement. L'Inra cherchait à l'époque un partenaire privé pour le développement industriel et commercial de sa méthode de lutte biologique contre la pyrale et

l'UNCAA, souhaitait proposer aux agriculteurs des méthodes de lutte alternatives contre les ravageurs, efficaces et respectueuses de l'environnement. C'est cette conjonction d'intérêts fondée sur les résultats des recherches initiée par l'Inra puis menées conjointement avec l'UNCAA qui a abouti en 1991 à la création de BIOTOP.

Suite à cela, pour accroître ses parts de marché, Biotop signe un contrat d'exclusivité de distribution avec les entreprises du négoce. BASF rachète également à Biotop une partie des frais de recherche et d'industrialisation en contrepartie de l'autorisation de distribuer des trichogrammes.

En 2001, dix ans après la création de BIOTOP, 70 000 hectares de maïs sont protégés contre la pyrale grâce aux trichogrammes. C'est cette même année que l'UNCAA devient InVivo après sa fusion avec SIGMA, l'Union de coopératives agricoles de collecte céréalière.

Biotop met en service en janvier 2010 une seconde unité de production à Livron, dans la Drôme, en complément de l'usine de Valbonne (Alpes-Maritimes), dont les activités de production cesseront définitivement en 2013.

Selon les propos de Jacques Frandon, « Le fait que cette solution a été conçue à partir des recherches INRA, et produite sous licence INRA, nous a apporté beaucoup de crédibilité et un gage de sérieux, ce qui nous a grandement aidé pour son développement (il y avait d'ailleurs le logo INRA sur les documents techniques du produit). »

Après les succès du trichogramme, l'entreprise investit un nouveau marché, celui de la protection biologique intégrée des cultures sous abris (serres verre, multi-chapelles plastiques, tunnels, etc.) et propose une série de produits : trichogramme contre la mineuse de la tomate, bourdons pour la pollinisation, et une gamme complète d'auxiliaires pour la protection des cultures y compris pour le marché grand public dans les jardinerie et grandes surfaces de bricolage.

En 2016, InVivo rachète Syngenta BIOLINE, une filiale de SYNGENTA spécialisée dans la lutte biologique. InVivo regroupe BIOLINE de SYNGENTA et BIOTOP dans sa division Bioline Agrosciences (chiffre d'Affaires : 25 Millions d'€, 200 salariés environ).

En mars 2025, InVivo cède sa filiale Bioline AgroSciences. Le fonds Eurazeo (Eurazeo planetary boundaries fund) devient l'actionnaire principal de Bioline AgroSciences, avec Aurae en actionnaire minoritaire.

La start-up Innofenso

Cette start-up, créée en 2024 et domiciliée sur le site INRAE de Sophia-Antipolis compte actuellement 5 salariés. Elle a remporté 7 « concours d'innovation » (au sens large) depuis, ante- ou post-crédation dont le concours d'innovation I-Lab (BPI France). Forte de son expérience développée en amont, elle a réussi à convaincre trois filières de production agricole (lavandin, haricot vert en plein champ et prairie à destination de l'alimentation ovine) de tester des cocktails d'insectes directement au champ. L'objectif pour 2025 et 2026 est de développer le biocontrôle par les trichogrammes pour près de 10 filières agricoles dans quatre régions de France.

Impact Environnemental

L'utilisation des trichogrammes permet de réduire l'utilisation de pesticides qui peuvent se répandre dans l'environnement et donc réduit les risques de pollution des sols et des milieux aquatiques. Elle évite ainsi les atteintes à la biodiversité (insectes auxiliaires, abeilles notamment, animaux aquatiques, ...). Elle évite également le développement de résistances aux pesticides. Utilisable en agriculture biologique, la lutte biologique contre la pyrale du maïs grâce aux trichogrammes a donc un impact environnemental globalement positif.

Selon le témoignage de Nicolas Boutié, agriculteur à Lautrec dans le Tarn, les trichogrammes qu'il utilise depuis 2016 pour lutter contre la pyrale sur les 15 ha de maïs semences que compte son exploitation de 174 de SAU lui permettrait de réduire son IFT de 1 point soit 15% de moins pour l'IFT maïs (retour d'expérience des agriculteurs d'Occitanie réalisé dans le cadre du projet AGLAE (les Agriculteurs partaGent Leurs pratiques AgroÉcologiques)).

Plus globalement, des mesures financières ont été mises en place successivement dans le cadre des mesures agroenvironnementales de la PAC, successivement les MAET (Mesures agroenvironnementales territorialisées) puis les MAEC (Mesures agroenvironnementales et climatiques) afin d'inciter les agriculteurs à modifier l'itinéraire technique d'une culture en remplaçant certains traitements chimiques par des moyens de lutte biologique, lorsque cela est techniquement possible, notamment dans le cas de la lutte contre la pyrale du maïs et ainsi réduire leur IFT (l'indicateur de fréquence de traitement). Peut être cité par exemple, le cas du département de l'Isère avec la « Mise en place de la lutte biologique sur Grandes cultures (Maïs et/ou Colza).

Impact Politique

De l'avis de Guy Riba, Directeur Général Délégué aux Affaires scientifiques de l'INRA et de Bernard Raynaud, Directeur agriculture durable et développement d'InVivo, tous deux à l'origine du lancement des recherches sur la lutte biologique contre la pyrale du maïs, le contexte réglementaire des années 70 qui n'imposait pas d'autorisation officielle pour l'échange de matériels biologiques (qui n'étaient pas forcément tracés) puis pour l'évaluation (en laboratoire comme au champ) d'auxiliaires d'origine exotique a été un facteur favorable au développement de cette innovation.

Les trichogrammes constituent l'un des symboles du plan Ecophyto et sont souvent cités comme exemple de réussite de lutte biologique dès les années 2000. Ils sont respectivement :

- intégrés dès 2008 dans les mesures CEPP (Certificats d'Economie de Produits Phytosanitaires),
- présents dans les fiches Ecophytopic et catalogues DEPHY comme méthode de substitution reconnue,
- soutenus par le Ministère de l'Agriculture (article "Le trichogramme, la star des campagnes", 2018).

Le Trichogramme fait l'objet d'un CEPP n° 2017/006 MMA DGAL qui vise à inciter tous les acteurs du secteur phytopharmaceutique à promouvoir ou à mettre en œuvre auprès des utilisateurs professionnels des actions permettant de réduire l'utilisation, les risques et les impacts de ces produits. Chaque acteur a une obligation de réalisation d'actions visant à favoriser la réduction de l'utilisation de produits phytopharmaceutiques. L'obligation est calculée en fonction des ventes ou des achats de produits des années passées et correspond à un objectif en nombre de CEPP à obtenir.

Actuellement, le trichogramme bénéficie d'un statut dérogatoire vis-à-vis de l'APA (partage des avantages) découlant de l'utilisation des ressources génétiques tant qu'il est utilisé pour la recherche en tant que modèle biologique.

Impact Sanitaire

L'utilisation des trichogrammes est un procédé inoffensif sur les humains et sur les autres organismes vivants. Elle évite l'utilisation de pesticides dangereux pour les agriculteurs et pour les autres organismes vivants et a donc un impact positif en termes de sécurité sanitaire.

Un trichogramme est un organisme vivant qui n'est pas considéré par le Code rural comme un produit phytopharmaceutique et qui est donc exempté des mesures de gestion des risques imposées à ces derniers : aucun EPI et aucune contrainte pendant et après l'application de la solution (zone non traitée, délai de ré-entrée...) ce qui facilite le travail et autorise les interventions en parcelle (castration par exemple) immédiatement après l'apport de trichogrammes.

Impacts généralisés

Les travaux scientifiques menés par INRAE et l'implication de INRAE dans la création de BIOTOP ont créé un terreau favorable à la diversification progressive de la gamme de produits « trichogrammes ». (Lépidoptères, nuisibles ciblés et cultures)

Actuellement, Bioline Agrosiences commercialise plusieurs espèces de trichogrammes sur plusieurs marchés :

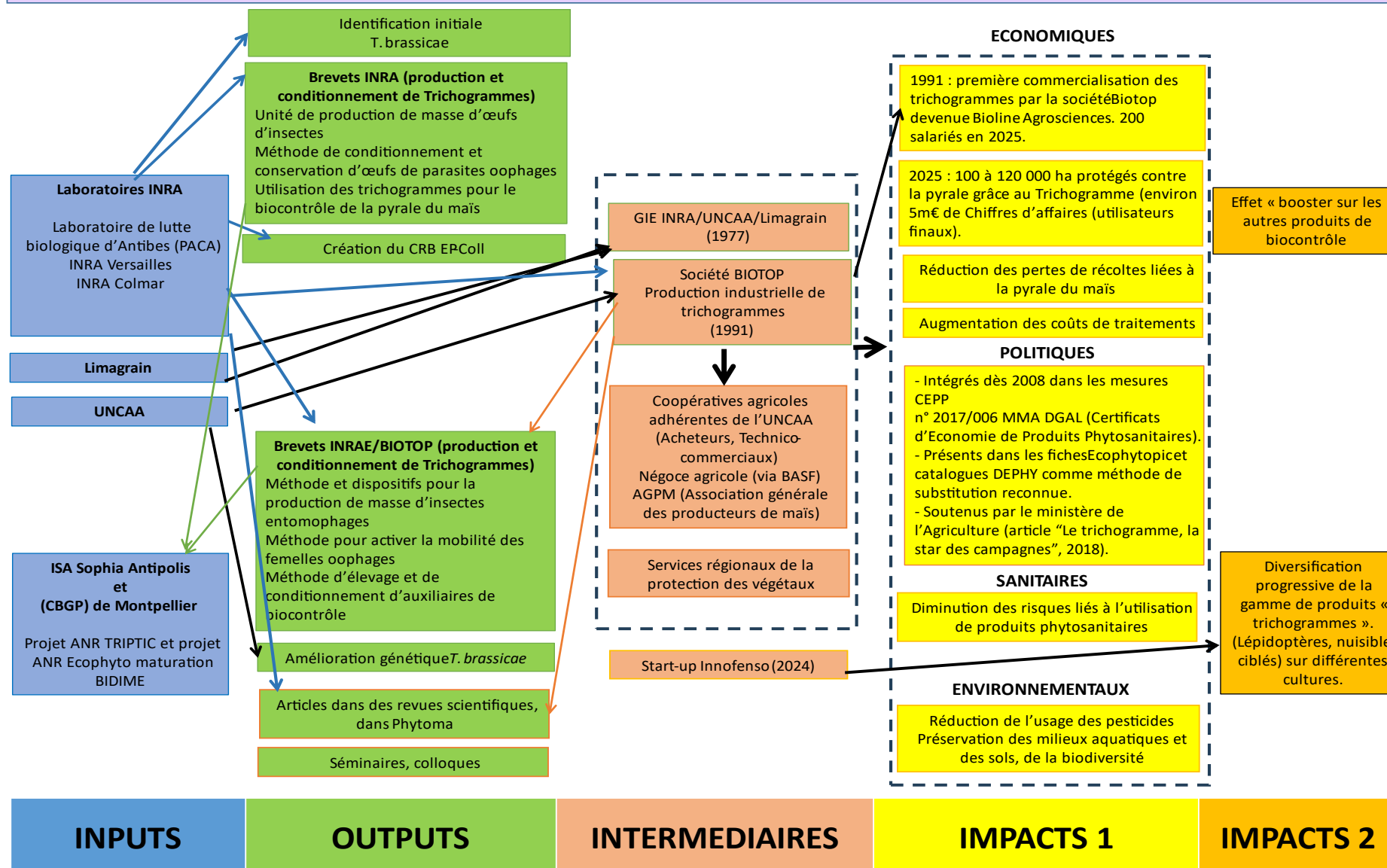
- Trichotop Max, Vs. Pyrale du maïs
- Trichotop Vitis, Vs. Vers de la grappe
- Tricholine Tuta, Vs. Tuta Absoluta, Dupontchiella
- Trichotop Buxus, Vs. Pyrale du buis
- Trichotop storages, Vs. Mites alimentaires

Impacts potentiels

Les tests lancés par la start-up Innofenso sont prometteurs. A ce jour, Innofenso dispose de trois produits homologués pour la lutte contre l'Heliothis, également ravageur du maïs et le Cirphis, ravageurs du maïs et surtout des prairies (graminées).

Chemin d'impact

Contexte : Recherche d'une méthode de lutte biologique contre la pyrale du maïs. Une communauté dédiée depuis les années 70 à l'INRA d'Antibes (ex INRAE). Un partenariat public/privé favorable avec l'UNCCA.



Les impacts en résumé

Dimension d'impact	Notation de l'importance de l'impact : de 1 à 5 ou faible, moyen, fort	Résumé de chacun des impacts
Economique	Fort	Création d'une société de production et de commercialisation de Trichogrammes. Augmentation des coûts de traitement
Environnemental	Fort	Réduction de l'usage des pesticides Préservation des milieux aquatiques et des sols, de la biodiversité
Sanitaire	Moyen	Diminution des risques liés à l'utilisation de produits phytosanitaires
Territorial-social		
Politique	Moyen	Intégration des trichogrammes dans les mesures CEPP (Certificats d'Economie de Produits Phytosanitaires). - Présents dans les fiches Ecophytomic et catalogues DEPHY comme méthode de substitution reconnue. - Soutenus par le Ministère de l'Agriculture (article "Le trichogramme, la star des campagnes", 2018).

Source des données – Références

Liste des entretiens réalisés (personnel INRAE + acteurs socio-économiques) :

- Nicolas RIS : Ingénieur de Recherche, Institut Sophia Agrobiotech UMR INRAE Univ. Nice Sophia Antipolis - CNRS Inra PACA. Equipe RLDB : Recherche et Développement en Lutte Biologique.
- Cécilia Multeau : Chargée de Partenariat et d'Innovation « Biocontrôle & Biostimulation » au Département Santé des Plantes et Environnement.
- Jacques Frandon : Responsable R&D BIOLINE AGROSCIENCES France
- Bernard Raynaud, retraité, ancien responsable de la Division Agriculture et développement durable d'InVivo : compte-rendu d'entretien du 01/12/2017.

Liste des documents et sites web consultés

- Le maïs, vu par le monde (YARA). <https://www.yara.fr/fertilisation/solutions-pour-cultures/maïs/panorama-culture-maïs/>
- Le maïs : repères sur sa production et ses usages, et pistes pour limiter la vulnérabilité aux risques d'approvisionnements. Solagro. Note d'information. Avril 2022. https://solagro.org/medias/publications/f119_2022_04_note_maïs_solagro.pdf
- Daumal J, Voegelé J, Brun P (1975) Les trichogrammes. II : Unité de production massive et quotidienne d'un hôte de substitution *Ephestia kuehniella* Zell. (Lepidoptera, Pyralidae). *Ann Zool Ecol Anim* 7 : 45-59).
- Maïs, pyrale et trichogramme : un trio dont on reparlera ! Les naturalistes orléanais. Volume 8 n°4 avril 1989. https://www.loiret-nature-environnement.org/images/Naturalistes/Naturalistes_orleanais_1989-04_vol_8_n_4.pdf
- Nicole Hawlitzky. La lutte biologique à l'aide de Trichogrammes. *COURRIER DE LA CELLULE ENVIRONNEMENT INRA*, 1992, 16 (16), pp.9-26. (hal-01207863). <https://hal.science/hal-01207863/file/C16Hawlitzky.pdf>
- Pyrale du maïs : les trichogrammes, une solution de biocontrôle à l'efficacité comparable aux insecticides. Arvalis. 29 mars 2022. <https://www.arvalis.fr/infos-techniques/les-trichogrammes-une-solution-de-biocontrôle-lefficacité-comparable-aux>
- Ravageur du maïs : trois moyens de lutte contre la pyrale. Réussir lait. Emeline Bignon. 25 mai 2020. <https://www.reussir.fr/lait/ravageur-du-maïs-trois-moyens-de-lutte-contre-la-pyrale>
- Pintureau Bernard. Polymorphisme, biogéographie et spécificité parasitaire des Trichogrammes européens. In: *Bulletin de la Société entomologique de France*, volume 95 (1-2), juin 1990. pp. 17-38. <https://doi.org/10.3406/bsef.1990.17627>. https://www.persee.fr/doc/bsef_0037-928x_1990_num_95_1_17627
- Jérôme Thibierge. Mise en œuvre du biocontrôle par les agriculteurs : Retour d'expérience sur le succès du trichogramme contre la pyrale du maïs. Quels enseignements pour développer de nouvelles solutions ?. *Innovations Agronomiques*, 2015, 46, pp.95-104. (10.15454/1.462267409629086e12). (hal-04505957)
- Les trichogrammes au secours du maïs. Perspectives agricoles. N° 341. Janvier 2008. https://www.perspectives-agricoles.com/sites/default/files/imported_files/341_4816778424011784680.pdf
- Film Trichogramme INRA Bioline Agrosociences. INRA 2018. <https://www.youtube.com/watch?v=AmaufXAEIz4>
- Les conquêtes de l'INRA pour le biocontrôle. Dossier de presse INRA. Juillet 2018. https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/180529_presse_BIOCONTROLE_BD_.pdf
- Le biocontrôle pour la protection des cultures : 15 recommandations pour soutenir les technologies vertes. Rapport au Premier ministre François Fillon. Lutte non chimique contre la pyrale du maïs utilisant des trichogrammes. Annexe 10. Avril 2011. https://agriculture.gouv.fr/sites/default/files/documents/pdf/le_biocontrôle_Rapport_Herth_web_mail.pdf
- Projet ANR TriPTIC (*Trichogramma* for plant protection : Pangenomics, Traits and establishment Capacities. Compte-rendu de fin de projet. Mai 2020. https://ecophytopic.fr/sites/default/files/2022-06/Rapport-final_Projet-TriPTIC.pdf
- Bulletin de santé du végétal Grandes cultures Hauts de France. Bilan sanitaire Maïs. 17 décembre 2024. <https://www.arvalis.fr/infos-techniques/bulletin-de-santé-du-végétal-de-hauts-de-france>
- En procédant à l'acquisition de la société Bioline auprès de Syngenta, InVivo devient un acteur majeur du biocontrôle. Communiqué de presse InVivo du 29 février 2016. <https://www.invivo-group.com/sites/default/files/documents/2022-11/invivo-acquiert-bioline-aupres-de-syngenta.pdf>

InVivo se sépare de Bioline Agrosiences. Agrodistribution. 4 mars 2025.

<https://www.agrodistribution.fr/biocontrôle/article/879455/invivo-se-separe-de-bioline-agrosiences>

- Innofenso, la start-up qui utilise des micro-insectes pour lutter contre les ravageurs des cultures. Actualité INRAE publiée le 16 février 2025.

<https://www.inrae.fr/actualites/innofenso-startup-biocontrôle>.

Cette étude de cas a été réalisée par le département de recherche **SPE** (Santé des Plantes et Environnement) selon la méthode ASIRPA (Analyse de l'impact sociétal de la recherche) mise au point par INRAE.

Pour en savoir plus sur la méthode : <https://www6.inrae.fr/asirpa/>

Auteurs principaux :

Christine DOUCHEZ, Ingénieur de recherche, Chargée de mission à la Direction de l'évaluation. INRAE Centre siège Paris. Equipe ASIRPA.

Nicolas RIS, Ingénieur de Recherche, Institut Sophia Agrobiotech UMR INRAE Univ. Nice Sophia Antipolis - CNRS Inra PACA. Equipe RLDB : Recherche et Développement en Lutte Biologique.

Avec la participation de **Cécilia MULTEAU**, Chargée de Partenariat et d'Innovation « Biocontrôle & Biostimulation » au Département Santé des Plantes et Environnement et de **Jacques FRANDON**, Responsable R&D BIOLINE AGROSCIENCES France.

Photo de couverture : Getty

Ce document est sous licence Creative Commons BY NC SA : Attribution – Utilisation non commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions.



> Pour citer ce document : **Lutte biologique contre la pyrale du maïs : efficacité et succès des trichogrammes**. Rapport ASIRPA, 2025, INRAE, 28 pages

<https://hal.inrae.fr/hal-05662275>

> Contact : asirpa@inrae.fr