



Gestion Territoriale de la Ceratite en Corse par la Technique de l'Insecte Stérile

## Responsable scientifique



**Ghais Zriki**

CTIFL

ghais.zriki@ctifl.fr

Ghais ZRIKI est un ingénieur de recherche en biocontrôle au CTIFL depuis février 2022. Il porte un PhD en écologie et biodiversité de l'Université de Montpellier (2020), ses travaux de recherche portent principalement sur l'écologie des arthropodes et le biocontrôle des ravageurs de cultures.

## Partenaires

- ◆ CTIFL,
- ◆ AREFLEC, UMR ISA,
- ◆ INRAE PACA, UMR AMAP,
- ◆ CIRAD,
- ◆ GREDEG UMR 721,
- ◆ Université Côte d'Azur

## Financements

**Coût total du projet : 688 960 €**

**Montant de la subvention OFB : 289 809 €**

## Le projet en bref

Quand on parle du succès de la Technique de l'Insecte Stérile (TIS) pour contrôler les ravageurs des cultures, on cite son utilisation contre la cératite. La TIS a été intégrée dans les programmes de gestion de la cératite dans plusieurs pays en Amériques et en Europe, mais pas encore France. En Corse, la cératite est le ravageur principal des agrumes et fruits d'été, les solutions durable de sa gestion sont très limitées. Le projet CeraTIS-Corse a étudié le potentiel de la TIS pour la gestion de la cératite en corse en mettant en œuvre un essai pilote des lâchers des mâles stériles dans le bassin de Vescovato.

Ceratita Capitata

Technique insecte stérile

Modélisation

Biocontrôle

Intégration sociétale



## Contexte et principaux objectifs

L'arboriculture fruitière joue un rôle socio-économique majeur en Corse : 2ème source économique et l'un des principaux employeurs de l'île.

La mouche méditerranéenne **Ceratitis capitata** ou la **cératite** est le **ravageur principal des agrumes** et fruits d'été. Les conditions climatiques de l'île et la phénologie successive des cultures impliquent une nuisibilité importante (Fig.1) d'avril à décembre. La gestion de la cératite en Corse repose principalement sur des produits phytopharmaceutiques utilisés à l'échelle de la parcelle. Au-delà des limites techniques (baisse progressive d'efficacité) et des risques de résidus sur les fruits, ces traitements engendrent des déséquilibres écosystémiques générant la recrudescence de ravageurs secondaires, nécessitant de nouvelles applications de pesticides. Une transition vers des pratiques plus durables est un impératif et une exigence politique et sociétale. **La Technique de l'Insecte Stérile (TIS)** rassemble des caractéristiques de mise en œuvre et de performance attractives : spécifique d'un ravageur cible, permettant à terme de s'affranchir des pesticides, et nécessitant **la conception d'une stratégie de gestion coopérative et multi-acteurs**. L'efficacité de la TIS dépend cependant d'une mise en place intégrant d'autres outils compatibles, et prenant en compte le territoire dans son ensemble.

**Le projet CeraTIS Corse** a pour objectif principal d'identifier les leviers techniques, écologiques et socio-économiques pour un déploiement durable. Il repose sur une opération pilote de lâchers de mâles stériles sur un site de 800ha comprenant une mosaïque de cultures d'agrumes et fruits d'été (Fi. 2). Ce site est situé dans le bassin de Vescovato en Corse. Celle-ci est accompagnée d'activités de recherche visant à mieux comprendre l'environnement écologique (dynamiques de population en jeu en fonction du paysage et de la phénologie des cultures) afin de proposer les modalités de lâchers de mâles stériles adaptées, d'en simuler et analyser l'effet. Un deuxième axe étudie l'environnement socio-économique qui permettrait l'adoption et le succès d'un programme à l'échelle du territoire (perception, identification des acteurs, évaluation technico-économique). Cette approche interdisciplinaire permettra de fournir aux différents porteurs d'enjeux, les informations nécessaires pour considérer l'intégration de la TIS dans la gestion territoriale de ce ravageur : projections de l'effet de la TIS à long terme sur les populations de Cératites sur le site étudié, propositions de dispositifs opérationnels pour le territoire.



**Figure 1** :Fruits infestés par des larves de *C. capitata*  
(crédit photo B. Quaglietti)

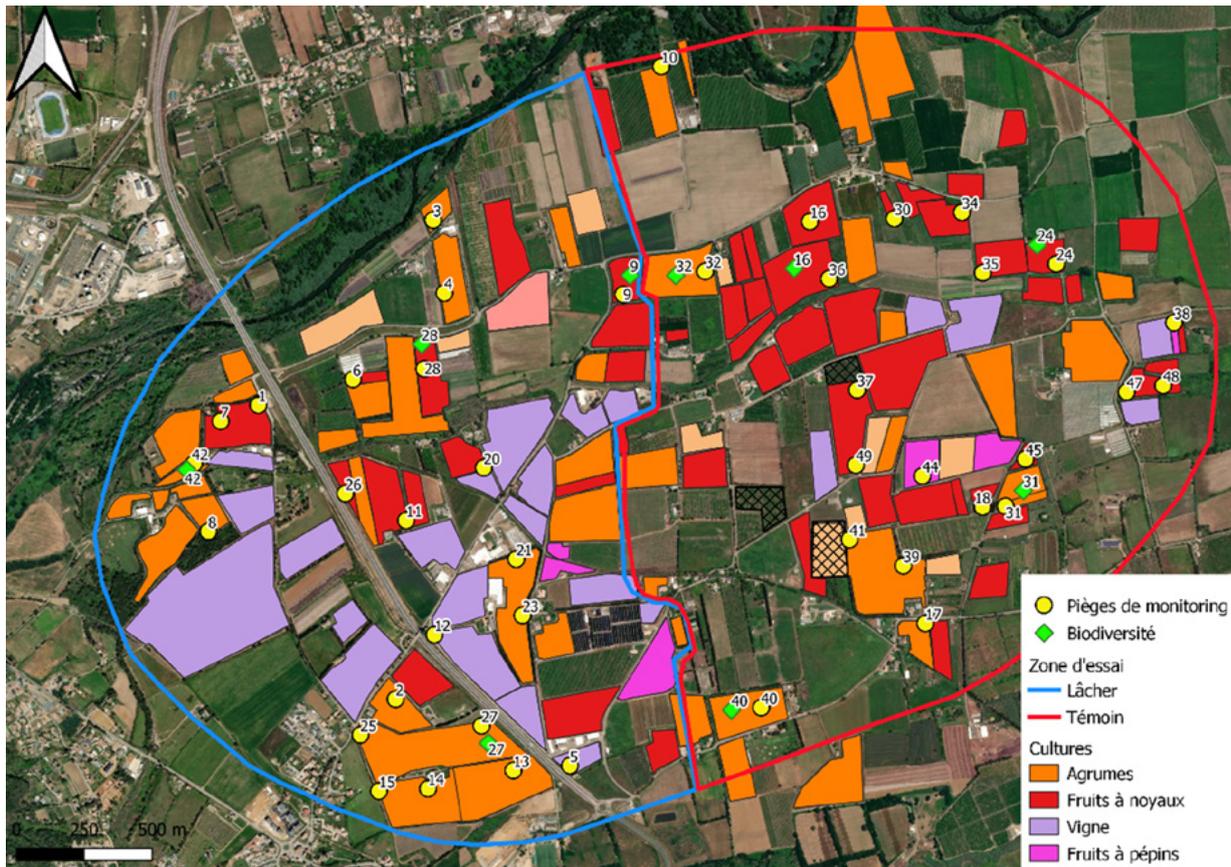


Figure 2 : Cartographie de la zone d'étude en Haute-Corse à Vescovato

## Principaux résultats en lien avec le plan Ecophyto

L'opération pilote TIS consistait à réaliser trois campagnes des lâchers stériles (2021 à 2023). L'unité d'élevage massif de la cératite TRAGSA se situe à Valence en Espagne et elle est la seule en Europe. L'opération des lâchers stériles en Corse a été basée sur l'import des mâles stériles vendus sous une forme de chrysalides (pupes) de TRAGSA. Notre opération a été confrontée à des difficultés logistiques liées à l'importation des mâles stériles. Ainsi, une seule campagne de lâchers stérile a été réalisée en 2022 sur 34 semaines (semaine 16 à 49) (Fig. 3). Environ 400k mâles stériles ont été lâchés par semaine sur une zone de 300 ha de cultures fruitière. En total, 9,5 mi mâles stériles ont été lâchés et leur dispersion et survis sur le terrain ont été suivis. La mise en place opérationnelle de ces lâchers a été réalisé avec la participation des producteurs de la zone d'essai. Les méthodes de

luttons prophylactiques mises en place par les producteurs locaux ont également été intégrées pour positionner les lâchers.

La réalisation d'une seule campagne de lâchers stériles n'a pas permis d'évaluer l'efficacité de la TIS dans le contrôle de population sauvage de la cératite dans la zone de l'étude. Cependant, l'ensemble des activités de recherche associées à l'opération pilote a permis une meilleure compréhension de la dynamique de la population de la cératite en Corse. En outre, le projet a permis d'établir des modèles mathématiques pour l'application de la TIS pour une gestion territorialisée de la cératite.

En Corse, la période d'activité de la cératite s'étend de mai à fin décembre et sa présence est concomitante avec la maturité et la sensibilité des fruits d'été et des agrumes principalement (Fig. 4). Le suivi de la densité de la population sauvages a aidé à développer un modèle pour représenter les dynamiques de la cératite dans le contexte des cultures fruitières caractéristiques de la zone d'étude en



Corse. D'autres modèles, développés dans le cadre du projet se sont focalisés sur l'impact de la qualité des mâles stériles (i.e. le niveau de la fertilité résiduelle chez les mâles irradiés qui varie entre  $1.13 \pm 0.55$  %) sur les stratégies de lâchers. Ces modèles prennent en compte le comportement des femelles sauvages accouplées par les mâles sauvage et/ou stériles afin d'en étudier les conséquences sur l'efficacité de la TIS.

L'analyse de ces différents modèles mathématiques montre que la prise en compte de ces paramètres aide à déterminer le nombre de mâles stériles à relâcher pour obtenir l'efficacité attendue de la TIS. Ces modèles sont ainsi un outil important pour une application territoriale de la TIS en Corse en prenant en compte les conditions environnementales et leur influence sur la dynamique de la cératite dans les zones ciblées.

L'approche socio-économique qui accompagne la réalisation du projet dès son démarrage a permis d'identifier les attendus de producteurs vis-à-vis du déploiement de la TIS et aussi de déterminer les

Dynamique pluri-annuelle des cératites sauvages

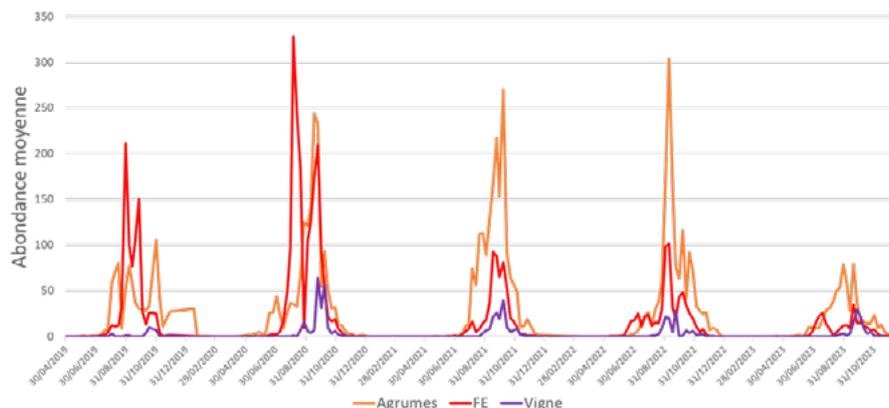


Figure 4. Dynamiques pluriannuelles des cératites sauvages en culture d'agrumes, fruits d'été (FE) et Vigne dans le bassin de Vescovato en Corse.

facteurs principaux pour fonder un déploiement durable. La communication avec les acteurs du terrain est un élément central pour mettre en place un modèle organisationnel de déploiement.

CeraTIS Corse contribue au plan Ecophyto 2+ par le développement de méthodologies et de connaissances nécessaire au déploiement d'un nouveau type de solution, territorialisé et multi-acteurs, sortant des modèles classiques d'utilisation d'intrants. CeraTIS Corse propose une méthode ayant de multiples externalités positives : sur la biodiversité, sur la santé, sur l'engagement des acteurs territoriaux dans la démarche agroécologique.

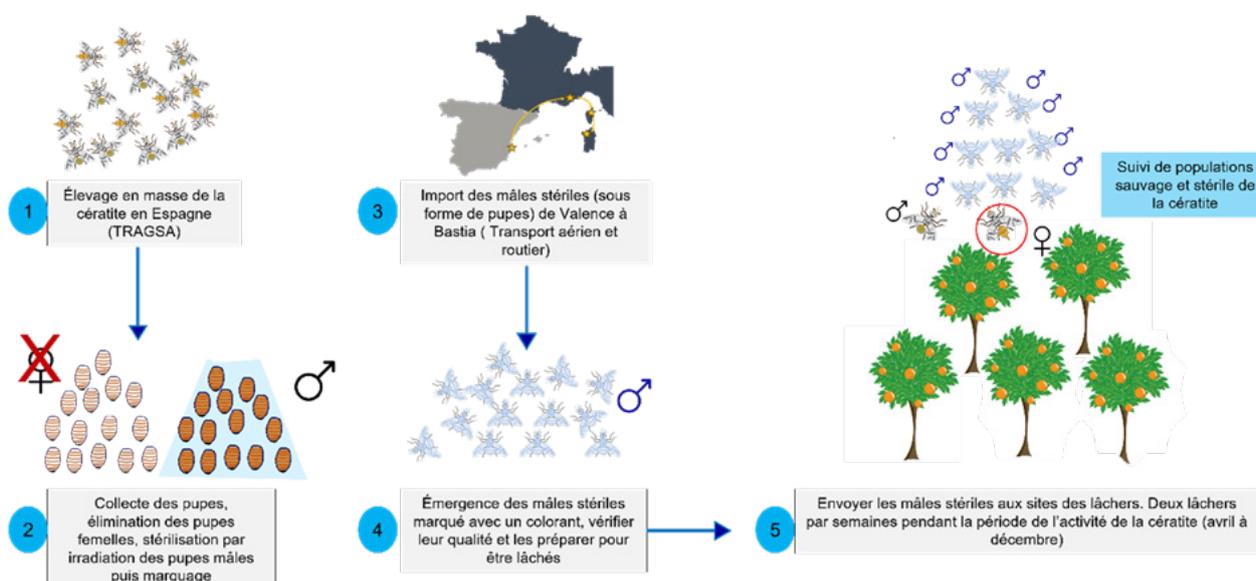


Figure 3.: La Technique de l'Insecte Stérile. Les Étapes principales de la mettre en œuvre dans la zone ciblée.



## Perspectives futures en termes de transfert ou de recherche

### Transfert

L'étude des dynamiques de la cératite sur les territoires corse est un prérequis pour le développement d'un programme de gestion intégrant la TIS comme un élément central. Les modèles développés dans le cadre de ce projet représentent les dynamiques de la cératite et l'impact des lâchers stériles sous l'efficacité de la TIS. Ces modèles sont des outils importants pour l'application de la TIS et son déploiement territorial en Corse et en France. La participation des producteurs dans la réalisation du projet (lâchers des mâles stériles et suivi des pièges) a permis de les sensibiliser davantage sur la TIS et l'importance de la prophylaxie pour la réussite de cette technique.

### Recherche

Les modèles mathématiques développés ici ont mis en évidence l'importance de la fertilité résiduelle chez les mâles stériles et des paramètres des femelles sauvages après ré-accouplement. Étudier l'impact de ces paramètres sur l'efficacité des lâchers en conditions du terrain est une piste importante à investiguer. Dans le prospectif de l'application de la TIS, une stratégie combinant toutes méthodes alternatives du contrôle devrait être étudiée à l'échelle du territoire Corse. Des analyses d'efficacités avec des indicateurs économiques devrait être réalisées afin de déterminer la stratégie la mieux adaptée au contexte socio-économique du territoire.

## Livrables, valorisation et transfert réalisés

### Journées techniques et colloques scientifiques

#### Interventions lors de colloques nationaux et internationaux

- ◆ Conférence BIOMATH (2021)
- ◆ Conference: "Institutional logics and the conflictual emergence of new agricultural practices" PROS 2021 (Boutet, Bui, Cajaiba Santana, Parmentier Cajaiba) Consortium Biocontrôle
- ◆ MC et al. "Sterile insect technique against the medfly: modelling, calibration and effect of residual fertility" (ECMTB – Heidelberg- September 2022)
- ◆ Conférence plénière YD, "On the usefulness of Mathematics in Crop protection" (ADEANS, Dur-

ban, South Africa – September 2022)

- ◆ Conférence plénière YD « Mathematical issues in Crop protection, yield improvements, and Pest Control », (conference D2SSAL, Bedlowo, Poland) en Mai 2022
- ◆ MC et al. How does residual fertility impact the effectiveness of the sterile insect technique in controlling *Ceratitis capitata*? MPDEE – Marseille, April 2023
- ◆ MC et al. Sterile insect technique for crop protection: accounting for residual fertility. DSABNS, Bilbao, February 2023
- ◆ MC et al. Sterile insect technique for crop protection: accounting for residual fertility. MOMI 2023, Sophia Antipolis, April 2023
- ◆ LM et al. A sex- and stage-structured population dynamics model for pest control using the sterile insect technique. MPDEE – Marseille, April 2023
- ◆ Workshops IAEA
- ◆ Collectif TIS



### Conférences scientifiques et techniques, avec et sans actes

Présentation à des instances professionnelles ou de décision

Réunions avec les producteurs et techniciens de la chambre d'agriculture en Corse (2022)

### Publications scientifiques

◆ Yves Dumont, Clelia Oliva. On residual fertility and remating in the Sterile Insect Technique against fruit flies. BIOMATH 2021 - International Conference on Mathematical Methods and Models in Biosciences, Jun 2021, Pretoria, South Africa. hal-03286380

◆ Y. Dumont. 2022. Mathematical issues in crop protection, yield improvement, and pest control. In : Dynamical systems and applications in life and social sciences -Book of Abstracts - DSAL2S. Bedlewo : IMPAN, 2 p.. Dynamical Systems and Applications in Life and Social Sciences, 2022-05-08/2022-05-13, Bedlewo (Pologne).

◆ Yves Dumont, Clelia F.Oliva, On the impact of re-mating and residual fertility on the Sterile Insect Technique efficacy: case study with the medfly *Ceratitis capitata*. PLOS Computational Biology, 2024, vol. 20, no 5, p. e1012052

◆ Courtois et al. How residual fertility impacts the efficiency of crop pest control by the sterile insect technique. Sub. to JTB

### Articles de valorisation/vulgarisation

Mise en ligne de comptes-rendus techniques sur les sites CTIFL, AREFLEC, INRA ISA, UCA, Collectif

TIS

Articles d'information dans Infos CTIFL

Compte rendu sur la qualité des *C. capitata* TRAG-SA stériles.

### Autres valorisations

◆ Compléments d'information à la page «Lutte autocide» du portail EcophytoPIC

◆ Fiche de connaissance TIS pour l'outil GECO

◆ Package R issu des activités de recherche en modélisation

◆ Présentations lors des journées portes-ouvertes et de rencontres techniques des partenaires

◆ Deux Rapports de Stage M1 & M2

◆ Obtention bourse Doctorat INRAE 2022-2025 : Modélisation de la Technique de l'Insecte Stérile dans un contexte agricole : comment intégrer les réalités biologiques et techniques pour optimiser son déploiement ?

◆ Atelier « Modélisation TIS » organisé à la réunion.

◆ Intervention Fête de la Science : TIS et point de basculement. Sophia 10/2022. Création d'une application web Python/streamlit.

◆ Présentation du projet CeraTIS au salon Alternatives aux pesticides au lycée agricole de Borgo 15/12/22 (JD). Edition de flyers sur le projet CeraTIS pour vulgarisation et communication.

◆ Module sur la Technique de l'Insecte Stérile

◆ Sensibilisation protection cultures, biocontrôle

◆ Exploitation bifurcation

◆ Appli interactive web / smartphone basé modèles dynamique des populations