



INRAE



L'INSTITUT  
agro  
Rennes  
Angers

## PROPOSITION DE STAGE 2024-2025

Le GIS Fruits souhaite soutenir des stages étudiants de 6 mois, niveau Master 2 sur le thème des fruits et offre pour cela de financer des bourses de stages réalisés dans des labos INRAE. Le sujet proposé doit :

- i) s'inscrire dans les axes thématiques du GIS,
- ii) être construit en partenariat entre au moins 3 membres du GIS\*,
- iii) le stagiaire doit être encadré par un maître de stage INRAE.

\* Les trois partenaires proposant le stage ne doivent pas appartenir à la même unité.

>Axes thématiques du GIS : <https://www.gis-fruits.org/groupe-thematiques>

>Partenaires du GIS : <https://www.gis-fruits.org/presentation-du-gis/membres-du-consortium>

**Organismes partenaires : (1) INRAE (2) CTIFL (3) Institut Agro**

*Dont l'école membre du GIS le cas échéant : Institut Agro*

**Lieux du stage : UMR PHIM, avenue du Campus d'Agropolis, 34980 Montferrier-sur-Lez**

**Durée : 6 mois**

**Dates : Début 2024 (selon les contraintes de la formation et les disponibilités de l'étudiant-e)**

**Niveau : Stage de fin d'études BAC + 5 (Option Ingénieur, ou Master 2)**

**Profil du stage : Recherche appliquée**

### **INTITULE DU STAGE : Optimisation du compromis stérilité-compétitivité chez les mâles utilisés pour la lutte autocide**

#### Contexte et problématique :

Le développement de nouvelles stratégies des gestions des ravageurs de cultures représente un enjeu majeur de la transition agro-écologique. La lutte autocide est une stratégie de gestion qui vise à relâcher dans la nature des milliers de mâles stérilisés afin de contrôler les populations de ravageurs. Cette méthode de lutte nécessite de maximiser la stérilisation des mâles. Cependant, on observe souvent que maximiser la stérilité des mâles contribue à réduire leur compétitivité (p.ex. survie et succès d'accouplement ; Fisher 1997, Toledo et al 2004). Il existe donc un compromis qui ne permet pas de maximiser à la fois la stérilité et la compétitivité des mâles. Actuellement, les modèles de dynamique des populations développés pour la lutte autocide ne considèrent pas l'existence d'un compromis entre traits d'histoire de vie (p.ex. Aronna & Dumont 2020, Dumont & Oliva 2024). Ce projet vise à développer un nouveau modèle de dynamique des populations (1) qui intègre explicitement l'existence d'un compromis entre stérilisation et compétitivité, (2) qui soit paramétrable avec des données empiriques de terrain, (3) qui soit accessible et directement utilisable par les acteurs impliqués dans la gestion des ravageurs.

#### Objectifs généraux du stage / Résultats attendus :

Le modèle développé dans le cadre du projet permettra de développer une stratégie tenant compte du compromis entre minimiser la fertilité résiduelle et maximiser la compétitivité des mâles stériles relâchés sur le terrain. Le modèle aura un impact important pour le contrôle de différentes espèces ciblées par la lutte autocide en santé des plantes (*Drosophila suzukii*, *Ceratitidis capitata*, *Bactrocera dorsalis*). Les livrables du projet sont :

- un modèle de dynamique des populations finalisé pour la gestion des insectes ravageurs pour la lutte autocide (techniques de l'insectes stérile et/ou incompatible). Ce modèle pourra être paramétré avec les

paramètres spécifiques que l'espèce et des populations ciblées (taille de population, taux de fertilité résiduelle, taux d'accouplement des mâles stériles, etc.)

- la formation d'un·e étudiant·e en Master en modélisation.
- la publication d'un article scientifique dans une revue à comité de lecture
- développer le lien entre recherche académique et recherche appliquée, via l'implication du CTIFL

#### Publications de l'équipe d'accueil et/ou relative au sujet (et/ou au projet dans lequel s'insère le stage) :

Aronna, M. S., & Dumont, Y. (2020). On nonlinear pest/vector control via the sterile insect technique: Impact of residual fertility. *Bulletin of Mathematical Biology*, 82(8), 110. <https://doi.org/10.1007/s11538-020-00790-3>

**Cotto, O.**, & Servedio, M. R. (2017). The Roles of Sexual and Viability Selection in the Evolution of Incomplete Reproductive Isolation: From Allopatry to Sympatry. *The American Naturalist*, 190(5), 680-693. <https://doi.org/10.1086/693855>

**Cotto, O.**, Schmid, M., & Guillaume, F. (2020). Nemo-age: Spatially explicit simulations of eco-evolutionary dynamics in stage-structured populations under changing environments. *Methods in Ecology and Evolution*, 11(10), 1227-1236. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13460>

Dumont, Y., & Oliva, C. F. (2024). 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*, 20(5), e1012052. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1012052>

Olazcuaga, L., Foucaud, J., Deschamps, C., Loiseau, A., Claret, J. L., Vedovato, R., ... Gautier, M., Hufbauer, R.A., **Rode, N. O.** & Estoup, A. (2022). Rapid and transient evolution of local adaptation to seasonal host fruits in an invasive pest fly. *Evolution Letters*, 6(6), 490-505. <https://doi.org/10.1002/evl3.304>

Parker, A., & Mehta, K. (2007). Sterile insect technique: a model for dose optimization for improved sterile insect quality. *Florida entomologist*, 90(1), 88-95. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2007\)90\[88:SITAMF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2007)90[88:SITAMF]2.0.CO;2)

Ris, N., Borowiec, N., Bout, A., Debelle, A., Fellous, S., **Le Ralec, A.**, Moquet, L., Ogier, J.C., **Rode, N. O.**, Van Oudenhove, L., Fauvergue X. (2022) Biocontrôle et macro-organismes : panorama. De la lutte biologique par acclimatation à la technique de l'insecte incompatible, les stratégies de biocontrôle faisant appel aux macro-organismes se diversifient. *Phytoma* (756) : 14-18. <https://hal.inrae.fr/hal-03884638>

**Zriki, G.**, Belois, R., Fournier, C., Tergoat-Bertrand, L., Poupard, P. Y., Bardel, A., ... & **Rode, N. O.** (2024). A fast and reliable larval sampling method for improving the monitoring of fruit flies in soft and stone fruits. *Journal of Economic Entomology*, 117(2), 578-584. <https://doi.org/10.1093/jee/toae001>

#### **ACTIVITES DOMINANTES CONFIEES AU STAGIAIRE :**

- intégrer un compromis entre la stérilité et la survie ou le succès d'accouplement des mâles stérilisés en se basant sur le modèle d'Aronna & Dumont (2020). Par exemple, cette modélisation pourra se baser sur les données compilées dans Parker et Mehta (2007).
- analyser le modèle en utilisant des méthodes mathématique et numérique pour identifier la stratégie optimale de stérilisation en fonction des paramètres biologiques de l'espèce ciblée. Les ravageurs *D. suzukii* et *C. capitata* seront utilisés pour développer deux cas d'études.
- tester comment le compromis entre stérilité et compétitivité des mâles stériles pourrait interagir avec d'autres aspects de l'histoire de vie (travail optionnel réalisé uniquement si le temps le permet). Par exemple, le modèle pourrait tenir compte d'histoires de vie plus complexes en intégrant la possibilité d'un ré-accouplement des femelles sauvages (Dumont & Oliva 2024). Ce modèle plus réaliste permettrait d'étudier comment la réussite du contrôle dépend des différences de compétitivité entre mâles sauvages et mâles stériles.

L'étudiant·e sera formé·e aux principes de la recherche reproductible via la mise en place d'une stratégie de gestion FAIR afin que les données puissent être facilement accessibles, comprises, échangeables et réutilisables. Les codes et les scripts seront partagés dès la soumission du manuscrit par le biais d'entrepôt ouverts tels que GitHub.

#### **PROFIL REQUIS :**

- Dernière année de Formation Supérieure BAC + 5
- Connaissances : biologie des populations, écologie évolutive, évolution des traits d'histoire de vie, modélisation
- Compétences opérationnelles : utilisation de R, bases de programmation, lecture et compréhension d'articles scientifiques en anglais
- Langues : Français, anglais
- Permis de conduire (le cas échéant) : non requis

### **INDEMNISATION (SUR BUDGET INRAE-GIS FRUITS) :**

Selon la réglementation en vigueur pour 2025 (environ 650 €/mois)

### **AVANTAGES PROPOSES (le cas échéant) :**

- logement : logement en CROUS possible sous critère sociaux
- restauration : repas à la cantine subventionnés par INRAE
- déplacements : remboursement de 50% des frais de transport

### **CONTACT MAITRE DE STAGE INRAE :**

(1) Maître de stage INRAE (obligatoire)

Nom et fonction du responsable à contacter : COTTO Olivier (CR INRAE)

Adresse : UMR PHIM, avenue du Campus d'Agropolis, 34980 Montferrier-sur-Lez

Tél. : 04 67 61 75 38

Site web (équipe et/ou projet) : <https://umr-phim.cirad.fr/recherche/interactions-virus-vecteurs-plantes-virom/equipe-camepi>

Mail : [olivier.cotto@inrae.fr](mailto:olivier.cotto@inrae.fr)