

## Interactions entre la culture à floraison massive de fenouil aromatique en Provence et les insectes floricoles en milieu agricole : implications pour la production d'anéthole

La soutenance de thèse de **Lucie Schurr**, co-dirigée par Laurence Affre (HDR) et Véronique Masotti, et co-encadrée par Benoît Geslin et Sophie Gachet, aura lieu le **jeudi 21 avril 2022, 10h15 à Marseille, sur le campus Aix Marseille Université de Saint-Charles, amphi Charves.**

### **Le jury est composé de :**

Emmanuelle PORCHER, Rapporteuse, Professeure, CESCO MNHN, Paris  
Bertrand SCHATZ, Rapporteur, Directeur de recherche, CNRS, CEFE, Université de Montpellier

Audrey ALIGNIER, Examinatrice, Chargée de recherche, INRAE, BAGAP, Rennes

Xavier FERNANDEZ, Président du jury, Examineur, Professeur, ICN, Université Côte d'Azur, Nice

Laurence AFFRE, Directrice de thèse, Maître de Conférences, IMBE, Aix Marseille Université

Véronique MASOTTI, Co-directrice de thèse, Maître de Conférences, IMBE, Aix Marseille Université

Benoît GESLIN, Encadrant de thèse, Maître de Conférences, IMBE, Aix Marseille Université

Sophie GACHET, Co-encadrante de thèse, Maître de Conférences, IMBE, Aix Marseille Université

Lien [de visioconférence](#) disponible sur demande auprès de Lucie Schurr.

### **Résumé long**

Le fenouil (*Foeniculum vulgare*) est une plante aromatique à floraison massive, cultivée dans le sud de la France pour son huile essentielle (HE) contenant de l'anéthole d'intérêt économique puisqu'il entre dans la fabrication du pastis. Dans le contexte du déclin mondial des insectes où 75% des cultures en sont dépendantes, il est important d'étudier le degré de dépendance entre pollinisateurs et productions agricoles. Nous avons réalisé des traitements de pollinisation contrôlée pour comparer le succès reproducteur du fenouil entre fleurs pollinisées par les insectes et fleurs non-accessibles. L'absence d'insectes fait chuter la production de fruits de 92%.

Cette dépendance pourrait être un problème en milieu agricole intensif, inhospitalier pour la biodiversité. Certains milieux comme les habitats semi-naturels (SNH) ou les cultures à floraison massive (MFC) seraient a contrario bénéfiques pour les insectes. Des pièges colorés ont permis d'étudier l'influence de la composition et de la configuration du paysage sur l'abondance et la richesse d'insectes. Par captures au filet, nous avons ensuite exploré comment l'habitat adjacent du fenouil peut ou non être

attractif pour les insectes. Enfin, nous avons quantifié l'influence des insectes floricoles sur la production du fenouil. La configuration du paysage et la proximité au SNH influencent positivement la richesse d'insectes, laquelle influence positivement la quantité d'HE mais négativement la quantité d'anéthole. À l'échelle locale, la fréquence de visites des abeilles (surtout l'abeille domestique) et leur richesse spécifique affectent positivement la quantité d'anéthole et la production de fruits. La reproduction du fenouil pourrait ainsi dépendre de quelques espèces pollinisatrices légitimes comme les abeilles. Nos résultats indiquent une plus forte richesse spécifique d'abeilles à proximité des céréales, et la proximité des MFC n'influence pas la fréquence de visites ou la richesse d'insectes. Les processus de complémentarité conditionnant les déplacements des insectes pollinisateurs selon leurs besoins spécifiques pourraient expliquer ces résultats.

D'un point de vue des ressources, nous avons exploré la dynamique de la production de nectar du lavandin (*Lavandula hybrida*) et du fenouil, en relation avec la fréquence de visite des insectes. Nous avons développé un modèle de simulations pour identifier comment des différences de fréquences de visites et de stratégies de sélection florale pouvaient changer le nectar disponible au temps  $t$  et la production journalière de nectar (DNF) par fleur. Nous avons voulu savoir si les DNF estimées par nos modèles différaient de la quantité de nectar habituellement mesurée en 24h d'exclusion aux insectes. Pour les deux cultures, le volume de nectar à 24h était toujours plus faible que les DNF estimées. Nous avons observé des visites plus fréquentes sur le fenouil, dont le nectar disponible au temps  $t$  était proche de zéro, pouvant indiquer une plus grande exploitation de ses fleurs par les insectes, probablement dû au caractère généraliste de la fleur de fenouil et à sa fourniture en pollen. Nos simulations ont suggéré aussi que la production de nectar pour les deux plantes était influencée par les visites d'insectes, démontrant les effets complexes des interactions plantes-insectes sur celle-ci.

Cette thèse a montré l'importance des cultures de fenouil dans la fourniture de ressources florales pour divers insectes et leur effet bénéfique réciproque sur la production de fruits et la quantité d'anéthole. En termes de gestion, nous proposons de maintenir une configuration d'habitats diversifiés à l'échelle du paysage et de prêter attention à l'habitat adjacent aux parcelles de fenouil, afin de soutenir durablement la production des cultures et la diversité des insectes.

**Mots-clés** : Insectes floricoles - Abeilles - Pollinisation - Culture à floraison massive - Rendement - Paysages

**Abstract** :

Fennel (*Foeniculum vulgare*) is an aromatic mass-flowering crop cultivated in the south of France for its essential oil that contains anethole, a compound of food and economical interest due to its use in the

elaboration of anise drinks. In the context of global insect decline, where 75% of crops are dependent on insects, it is important to understand the level of dependence between pollinators and crop productions, especially for aromatic plants. We used controlled pollination treatments to compare the reproductive success and the fennel yield between insect pollinated flowers and flowers excluded from insects (bagged flowers). Insect pollination improved the fruit production and the amount of anethole: the fennel yield depended on insect pollination at 92%.

This dependence could be an issue in intensive agricultural landscapes, inhospitable for biodiversity. However, some environments such as semi-natural habitats (SNH) or mass-flowering crops (MFC), are considered beneficial to insects given the amount of resources they provide contrary to other crops such as wheat. We used coloured pan-traps to investigate the influence of the landscape composition and configuration on fennel insect abundance and richness, and their impact on the amount of essential oil produced. Using net captures, we also explored how a neighboring habitat along fennel crops could be or not attractive to flower visitors, and how it could influence fennel production. Landscape configuration and proximity to SNH positively influenced flying insect family richness, which positively influenced fennel essential oil quantity but negatively the anethole amount. At the local scale, bee visitation rate (mainly driven by honey bees) and species richness positively influence the amount of anethole and fruit production. Surprisingly, our results show a higher bee species richness close to cereals, and we did not find any influence of the vicinity to MFC on insect and bee visitation rates nor on their richness. The landscape complementary processes, conditioning the shifts of insects according to their specific resource needs, could explain these results. The fennel yield was higher close to MFC. We can then wonder if the reproduction of fennel could not depend only on a few legitimate pollinating species.

From a resources point of view, we explored the nectar production dynamic of lavender (*Lavandula hybrida*) and fennel, in relation to insect visitation rate. We developed a simulation model to identify how plausible different scenarios of visitation rates and different insect strategies for flower selection by insects may change the available nectar at time  $t$  and the daily nectar production (DNF) per flower. Then, we tested whether estimated DNF differed from the commonly used nectar production (after 24h of insect exclusion). Lavender and fennel had equal nectar volume replenishment in 24h, but lavender replenished nectar volumes quicker. For both crops, the DNF estimated were always greater than the amount of nectar replenished in 24h. We found a higher fennel visitation rate and an availability of nectar close to zero which could indicate a higher exploitation of fennel flowers by insects possibly due to the generalist morphology of flowers and the pollen provision. Finally, our simulations suggest that nectar production for both species is insect visitation driven,

demonstrating complex effects of plant – insect interactions on nectar production.

We demonstrated the importance of fennel crops in the furniture of floral resources for insects and the mutually beneficial effect of insects, especially bees, on the fennel fruit production and the amount of anethole. From a management point of view, we suggest maintaining complex landscape configurations of diversified habitats and paying attention to the adjacent habitats of fennel crops, to sustain both the crop production of fennel and insect biodiversity.

**Keywords:** Flower-visiting insects - Bees - Pollination - Mass-flowering crop - Yield - Landscapes

---

### **Résumé court**

Le fenouil est une plante aromatique à floraison massive cultivée en Provence (France), caractérisé par la culture de lavandin, pour son huile essentielle (HE) contenant de l'anéthole d'intérêt économique pour la fabrication du pastis. La réalisation de pollinisations contrôlées (fleurs pollinisées par les insectes et fleurs non-accessibles aux insectes) a démontré une chute de la production de fruits de 92% en absence d'insectes floricoles. L'utilisation de pièges colorés et de captures au filet dans les parcelles de fenouil a révélé que la configuration du paysage et la proximité des parcelles de fenouil à des habitats semi-naturels (SNH) influencent positivement la richesse d'insectes floricoles, laquelle influence positivement la quantité d'HE mais négativement la quantité d'anéthole. Au niveau de la parcelle, la fréquence de visites des abeilles (surtout domestiques) et leur richesse spécifique affectent positivement la quantité d'anéthole. La dynamique de la production de nectar du lavandin et du fenouil a aussi été explorée grâce à un modèle de simulations afin d'identifier comment les comportements de butinage peuvent changer la production journalière de nectar. Nous avons montré que la production de nectar pour les deux plantes était influencée par les visites d'insectes, mais le nectar des fleurs de lavandin se reconstitue plus rapidement. Cependant, les visites étaient plus fréquentes sur le fenouil, probablement dû au caractère généraliste de la fleur et à sa fourniture en pollen. Enfin en termes de gestion, nous proposons de maintenir une configuration d'habitats diversifiés afin de préserver la diversité des insectes floricoles et la production du fenouil.

**Mots-clés :** Insectes floricoles - Abeilles - Pollinisation - Culture à floraison massive - Rendement – Paysages

### **Short abstract**

Interaction between flower-visiting insects and aromatic fennel crops (*Foeniculum vulgare*): influence of local and landscape variables and

implications for anethole production. Fennel is an aromatic mass-flowering crop cultivated in Provence (France), characterized by lavender crops, for its essential oil that contains anethole, a compound of food and economical interest for the elaboration of anise drinks. The realization of controlled pollinations (flowers pollinated by insects and flowers not accessible to insects) demonstrated a drop in fruit production of 92% in the absence of flying insects. The use of coloured pan-traps and net captures in fennel field revealed that the landscape configuration and the vicinity of fennel fields to semi-natural habitats (SNH) positively influence the richness of flying insects. This richness influences then positively the amount of essential oil but negatively the amount of anethole. At the field level, bee visitation rate (mainly driven by honey bees) and species richness positively influence the amount of anethole. The nectar production dynamic of lavender and fennel was also explored thanks to simulation model to identify how insect foraging behaviours could change the daily nectar production. We showed that nectar production for both species is insect visitation driven, but the nectar of lavandin flowers is replenished more quickly. However, visits were more frequent on fennel, probably due to the general nature of the flower and its pollen supply. From a management point of view, we suggest maintaining complex landscape configurations of diversified habitats, to sustain both the crop production of fennel and insect biodiversity.

**Keywords:** Flower-visiting insects - Bees - Pollination - Mass-flowering crop - Yield - Landscapes