

## LE RÔLE DES INTERACTIONS BIOTIQUES DANS UN SYSTÈME PROIE-PRÉDATEUR :

### LE CAS DE LA PRÉDATION ET DE LA RÉGULATION DES GRAINES D'ADVENTICES PAR LES CARABES

Thèse de **Benjamin CARBONNE**<sup>1</sup>

Analysée par **Charles VINCENT**<sup>2</sup>

Directrice de thèse : Sandrine **PETIT MICHAUT**, Directrice de recherches, INRAE, Dijon (France)

Co-directeur de thèse: David **A. BOHAN**, Directeur de recherches, INRAE, Dijon (France)

Structurée en quatre parties déclinées en neuf chapitres, dont cinq articles scientifiques soumis ou publiés, la thèse de doctorat de Benjamin CARBONNE comporte 288 pages. Les chapitres sont introduits par un résumé d'une ou deux pages. L'objectif principal de cette thèse est d'évaluer comment la prédation et la régulation des graines d'adventices par les carabes sont modulées par la diversité des interactions biologiques. Ce genre d'étude est complexe en raison du nombre important d'organismes impliqués (117 espèces de carabes et de nombreuses adventices), de la méconnaissance de ces derniers, et de la grande diversité des interactions en jeu. Il convient de souligner ici que les adultes carabes ont des diètes variées car ils peuvent être granivores, carnivores (mono-prédateur, multi-prédateur) ou omnivores et sont généralement nocturnes.

**Chapitre 1 - Introduction générale.** B. CARBONNE dresse un état des lieux en expliquant les liens entre les connaissances en agro-écologie et en écologie des communautés de carabes. Pour ce faire, il traite de l'essentiel des concepts pertinents et des faits publiés dans une perspective d'agriculture durable. Cette démarche intellectuelle permet de bien comprendre les enjeux scientifiques actuels et la démarche méthodologique traitée au Chapitre 2.

**Chapitre 2 - Matériels et méthodes.** Afin de répondre aux questions et objectifs posés, B. CARBONNE a utilisé de nombreuses méthodes, lesquelles sont expliquées dans un style clair et succinct. Les dispositifs d'observation en 2018 sont non seulement de nature multidisciplinaire, mais ils sont de plus pan-européen, car les 60 parcelles à l'étude étaient

<sup>1</sup>Thèse de doctorat pour obtenir le grade de docteur de l'Université de Bourgogne Franche-Comté, préparée à l'Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement (INRAE) de Dijon, Ecole doctorale n°554 « Environnements - Santé » (E-S), Doctorat de spécialité : Sciences agronomiques, soutenue le 4 décembre 2020

<sup>2</sup> Membre associé de l'Académie d'agriculture de France, Canada, section 1 « Productions végétales »

situées en France, en Autriche, en Suède et en République tchèque. Ce dispositif, qui implique un effort de standardisation des méthodes et de réseautage entre quatre laboratoires, couvre un large gradient de cultures ayant des intensités de gestion variables, ce qui permet de généraliser les résultats sur une grande échelle géographique. B. CARBONNE a passé de nombreuses journées en parcelles avec ses collaborateurs à Dijon et a puisé dans une base de données regroupant des résultats de 111 parcelles dijonnaises suivies de 2012 à 2018. La masse de données à analyser numériquement est imposante.

La partie 1 porte sur le rôle des proies alternatives et comprend les chapitres 3 et 4.

**Chapitre 3** - L'objectif est ici d'évaluer les effets directs et indirects des pratiques agricoles et du paysage sur les populations de Carabes en fonction de leur stratégie alimentaire et sur les populations des adventices et de proies alternatives, en valorisant le jeu de données européennes BLOWARE. Les résultats montrent des relations croisées entre les effets directs et indirects du paysage et des pratiques.

Carbonne, B., Bohan, D.A., Foffova, H., Daouti, E., Frei, B., Neidel, V., Saska, P., Skuhrovec, J. & Petit, S. *Direct and indirect effects of landscape and field management intensity on carabids through trophic resources and weeds*. (En préparation pour Proceedings of the Royal Society B).

**Chapitre 4** - Quatre hypothèses étaient posées. Les résultats mettent en évidence l'importance de la contribution des carabes à la régulation de la banque de graines d'adventices à une échelle européenne.

Carbonne, B., Petit, S., Neidel, V., Foffova, H., Daouti, E., Frei, B., Skuhrovec, J., Řezáč, M., Saska, P., Wallinger, C., Traugott, M. & Bohan, D.A 2020. *The resilience of weed seedbank regulation by carabid beetles, at continental scales, to alternative prey*. Scientific Reports. 10:19315, DOI: 10.1038/s41598-020-76305-w

La partie 2 porte sur les interactions au sein de la communauté de carabes et comprend les chapitres 5, 6, 7 et 8.

**Chapitre 5** - Parmi les espèces testées en dispositifs contrôlés, quatre espèces de carabes jouent un rôle déterminant sur la prédation des graines de *Viola arvensis*.

Carbonne, B., Bohan, D.A. & Petit, S. 2019. *Key carabid species drive spring weed seed predation of Viola arvensis*. Biological control. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2019.104148

**Chapitre 6** - On a quantifié l'effet de la densité des graines et des carabes conspécifiques (*Poecilus cupreus* et *Harpalus affinis*), potentiellement responsables d'interférences intraspécifiques, sur la consommation de graines des adventices *Taraxacum officinale* et *Viola arvensis*. Quoique les interactions intraspécifiques ne semblent pas affecter la prédation des graines par les carabes, les interactions interspécifiques avec des espèces compétitrices ou prédatrices le pourraient.

Carbonne, B., Bohan, D.A., Charalabidis, A., Petit, S. 2019. *Weed seed availability, carabid intraspecific interference and their interaction drive weed seed consumption by carabid beetles*. Agricultural and Forest Entomology. DOI: 10.1111/afe.12346

**Chapitre 7-** Ce chapitre rapporte des résultats du stage de Master 2 que Chloé Galland a effectué de mars à août 2018. Trois espèces-clés de carabes capables de consommer les graines de l'adventice *Taraxacum officinale* ont été utilisés pour déterminer comment la prédation de graines peut être affectée par la présence d'autres espèces de carabes. Après 24 h, il n'y a pas d'effet de la présence d'espèces compétitrices ou potentiellement prédatrices sur les consommations de graines de *T officinale*.

Carbonne, B., Gallant, C., Dechaume-Moncharmont, F.X., Petit, S., Bohan, D.A. *L'effet des interactions intra et interspécifiques des carabes sur la prédation des graines d'adventices*. (non-publié).

**Chapitre 8** - L'objectif est de tester, en conditions semi-contrôlées, la présence d'effets multi-prédateurs entre trois espèces-clés de carabes sur la prédation et la régulation de cinq espèces de graines d'adventices. Des différences de préférences entre les trois espèces de carabes pour les espèces de graines d'adventices ont été notées. Elles sont probablement liées à leur régime trophique et à des contraintes morphologiques.

Carbonne, B., Petit, S., Bohan, D.A. *L'émergence d'un effet multi-prédateur entre carabes sur la prédation de graines d'adventices*. (non-publié).

L'auteur rapporte deux articles publiés hors thèse. Ceci démontre sa capacité à réseauter avec succès avec des équipes de recherche.

Charalabidis, A., Dechaume-Moncharmont, F.-X., Carbonne, B., Bohan, D.A. & Petit, S. 2019. *Diversity of foraging strategies and responses to predator interference in seed-eating carabid beetles*. Basic and Applied Ecology, DOI: 10.1016/j.baae.2019.02.003

Petit, S., Muneret, L., Carbonne, B., Hannachi, M., Ricci, B., Rusch, A. & Lavigne 2020. *Landscape-scale expansion of agroecology to enhance natural pest control: a systematic review*. Advances in Ecological Research, DOI: 10.1016/bs.aecr.2020.09.001

**Chapitre 9 - Discussion générale.** B. CARBONNE reprend, sur 19 pages, les principaux résultats des chapitres expérimentaux pour en dégager une perspective générale. A la p. 256, une phrase percutante témoigne de la lucidité et de l'honnêteté de l'auteur : « Une coopération plus étroite entre la recherche et les agriculteurs pourrait conduire à l'identification d'indicateurs simples et pertinents d'évaluation de l'efficacité de la régulation biologique des adventices ».

### **Considérations générales.**

Cette thèse est une contribution scientifique importante menant à une meilleure compréhension du système Carabidae/ graines d'adventices retrouvés dans des paysages agricoles européens gérés avec des intensités variables. Écrite dans un style fluide, succinct et exempt de fautes d'orthographe et de grammaire en français et en anglais, cette thèse est parsemée de nombreuses figures et schémas qui ont une valeur pédagogique indéniable et dont les qualités esthétiques en agrémentent la lecture. Certains tableaux sont surchargés, mais l'auteur se devait de produire des résultats complets dans le cadre de sa thèse.

Alors qu'ils éclairent sur le plan scientifique une priorité de la transition agricole de l'Europe vers des modes de production plus respectueux des paysages et mobilisant davantage la

biodiversité, les résultats restent à être valorisés. La valorisation de cette thèse dans la pratique agricole sera un défi de taille qui sera proportionnel à la quantité et à la complexité des résultats. L'appropriation d'un sujet de recherche de cette ampleur, le traitement complet et clair, justifient que l'analyse de cette thèse figure sur le site de l'Académie d'agriculture de France.