

Etude des biorégulateurs de la bruche de la lentille *Bruchus signaticornis*



Mémoire de dominante d'approfondissement Gestion des Milieux Naturels

Maxime Bellifa

Année universitaire 2019 - 2020

MÉMOIRE

Présenté par : BELLIFA Maxime

Dans le cadre de la **dominante d'approfondissement** :

Gestion des Milieux Naturels

Stage effectué du (jj/mm/aa) : 01/ 03 / 2020 au 31 / 08 / 2020

Au :

Laboratoire d'Éco-Entomologie
5 rue Antoine Mariotte
45 000 ORLÉANS

Sur le **thème** :

Les biorégulateurs de la bruche de la lentille *Bruchus signaticornis*

Eventuellement : rapport confidentiel : Date d'expiration de confidentialité : /...../.....

Pour l'obtention du :
DIPLÔME D'INGÉNIEUR AGROPARISTECH

Enseignant/e-tuteur responsable de stage : François LEBOURGEOIS

Maître de stage : Jean-David CHAPELIN-VISCARDI

Soutenu le (jj/mm/aa) : 12/10/2020

FICHE SIGNALÉTIQUE D'UN TRAVAIL D'ÉLÈVE

AgroParisTech	TRAVAIL D'ÉLÈVE
TITRE : Les biorégulateurs de la bruche de la lentille <i>Bruchus signaticornis</i>	Mots clés : ravageur, agronomie, régulateur
AUTEUR ou AUTRICE : Maxime Bellifa	Année : 2020
Caractéristiques : 1 volume ; 64 pages ; 13 figures ; 8 tableaux ; 8 annexes ; bibliographie	

CADRE DU TRAVAIL

ORGANISME DE STAGE : Laboratoire d'Éco-Entomologie		
Nom du responsable : Jean-David Chapelin-Viscardi		
Fonction : Responsable du Laboratoire		
Nom du correspondant APT : François Lebourgeois		
<input type="checkbox"/> 1A <input type="checkbox"/> 2A <input checked="" type="checkbox"/> 3A	<input type="checkbox"/> Stage entreprise <input type="checkbox"/> Stage assistant ingénieur <input checked="" type="checkbox"/> Stage fin d'études Date de remise :	<input type="checkbox"/> Autre

SUITE À DONNER (à compléter par AgroParisTech)

<input checked="" type="checkbox"/> Consultable et diffusable <input type="checkbox"/> Confidentiel de façon permanente <input type="checkbox"/> Confidentiel jusqu'au/...../..... , puis diffusable
--

Photo de couverture : hyménoptère parasitoïde du genre *Triaspis* ayant émergé d'une lentille occupée par une larve de *Bruchus signaticornis*. En médaillon, *Bruchus signaticornis* dans une fleur de lentille en parcelle.

Toutes les illustrations, sauf mention contraire, sont de l'auteur.

Etude des biorégulateurs de la bruche de la lentille *Bruchus signaticornis*

Mémoire de dominante d'approfondissement Gestion des Milieux Naturels
AgroParisTech – centre de Nancy

Stage de fin d'études réalisé au Laboratoire d'Éco-Entomologie à Orléans

Tuteur de stage : Jean-David CHAPELIN-VISCARDI (Laboratoire d'Éco-Entomologie,
Orléans)

Enseignant référent : François LEBOURGEOIS (UMR FAM, AgroParisTech Nancy)

Auteur : Maxime BELLIFA

Année universitaire 2019 - 2020

Résumé

La bruche de la lentille, *Bruchus signaticornis*, est un coléoptère ravageur dont les larves se développent dans les graines de lentille, causant d'importants dégâts. Plusieurs études récentes apportent des connaissances sur sa biologie, mais ses biorégulateurs restent peu étudiés.

Dans une première partie, une synthèse bibliographique des relations connues entre *Bruchus signaticornis* et ses biorégulateurs est réalisée, afin de cerner les espèces concernées. Elle met en évidence 8 espèces d'hyménoptères parasitoïdes connus. Cette approche est aussi faite à l'échelle du genre *Bruchus*. Dans un second temps, des élevages de gousses de lentille sont mis en place afin de suivre les émergences, pour vérifier ou compléter les informations de la bibliographie. Ils permettent de mettre en évidence trois taxons majoritaires, dont une interaction nouvelle faisant intervenir une espèce du genre *Pteromalus* (Hymenoptera : Pteromalidae). Le parasitisme oophage ressort comme étant très réduit, contrairement au parasitisme larvaire, qui est plus important. Une troisième partie consiste à développer les connaissances sur la biologie des parasitoïdes, pour mieux comprendre leur mode de développement et leurs exigences. Plusieurs données sur la répartition géographique, les taux de parasitisme et la biologie sont décrites, basées sur l'étude de la bibliographie et les résultats obtenus. Enfin, l'ensemble des résultats de ce travail permet de proposer des pistes de mesures de gestion, dans l'objectif de favoriser la présence des biorégulateurs de la bruche en parcelle.

Summary

The lentil bruchid, *Bruchus signaticornis*, is a pest beetle whose larvae develop by eating lentil seeds, causing extensive crop damage. Recent studies provide knowledge about its biology, but its bioregulators remain poorly understood.

The first part of this report includes a study of the scientific literature to determine the known relationships between *Bruchus signaticornis* and its bioregulators, with the aim to understand which species could be involved. This literature review highlights 8 known species of parasitoid wasps. This approach is also lead at the rank of the genus *Bruchus*. In a second part, lentil pods monitoring is set up to identify the parasitoid wasps which develop on bruchid beetle. The results enable the discussion of the preliminary list drawn from the literature review. Three main taxa stand out, revealing a new interaction, involving a species of the genus *Pteromalus* (Hymenoptera : Pteromalidae). Oophagous parasitism levels appear to be much lower than larvae parasitism. The third part aims at expanding knowledge on parasitoids biology, in order to better understand their developement modalities and their requirements. Several data on geographical distribution, parasitism rates and biology are described, based on literature study and results obtained. Lastly, building from these results, management measures avenues are suggested, with the aim of promoting bruchid bioregulators presence in agricultural fields.

Engagement de non-plagiat

❶ Principes

- Le plagiat se définit comme l'action d'un individu qui présente comme sien ce qu'il a pris à autrui.
- Le plagiat de tout ou parties de documents existants constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée
- Le plagiat concerne entre autres : des phrases, une partie d'un document, des données, des tableaux, des graphiques, des images et illustrations.
- Le plagiat se situe plus particulièrement à deux niveaux : ne pas citer la provenance du texte que l'on utilise, ce qui revient à le faire passer pour sien de manière passive ; recopier quasi intégralement un texte ou une partie de texte, sans véritable contribution personnelle, même si la source est citée.

❷ Consignes

- Il est rappelé que la rédaction fait partie du travail de création d'un rapport ou d'un mémoire, en conséquence lorsque l'auteur s'appuie sur un document existant, il ne doit pas recopier les parties l'intéressant mais il doit les synthétiser, les rédiger à sa façon dans son propre texte.
- Vous devez systématiquement et correctement citer les sources des textes, parties de textes, images et autres informations reprises sur d'autres documents, trouvés sur quelque support que ce soit, papier ou numérique en particulier sur internet.
- Vous êtes autorisés à reprendre d'un autre document de très courts passages *in extenso*, mais à la stricte condition de les faire figurer entièrement entre guillemets et bien sûr d'en citer la source.

❸ Sanctions

- En cas de manquement à ces consignes, la direction des études et de la pédagogie ou le correcteur se réservent le droit d'exiger la réécriture du document sans préjuger d'éventuelles sanctions disciplinaires.

❹ Engagement

Je soussigné (e) Maxime Bellifa

reconnais avoir lu et m'engage à respecter l'engagement de non-plagiat.

À Paris le 15/09/2020

Signature :



Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont permis la réalisation de ce stage.

En premier lieu, Jean-David Chapelin-Viscardi, mon maître de stage, qui m'a accueilli au Laboratoire d'Éco-Entomologie et m'a permis de travailler sur ce projet. Je le remercie pour ses conseils avisés et son aide tout au long de ce travail.

Je souhaite aussi remercier tout le personnel du laboratoire, pour les échanges et les moments passés ensemble : Julie, Samuel, Anthony, et surtout Fanny et Anthime, pour leur assistance plus que bienvenue lors des mises en émergence des lentilles !

Je veux par ailleurs exprimer ma reconnaissance à Gerard Delvare (CIRAD Montpellier), pour son aide précieuse lors de l'identification des hyménoptères parasitoïdes. Son expérience, son temps passé à étudier mes captures et la transmission de son importante bibliographie m'ont été indispensables.

Je souhaite ensuite remercier, pour la transmission de matériel à étudier, les opérateurs de terrain, sans lesquels cette étude n'aurait pas eu la même ampleur : Joel Batonnet (ODG Lentille du Puy), Flora Couturier (Chambre d'Agriculture de l'Aube), Diane Dentinger, Lucille Guillomo (Chambre d'Agriculture de l'Eure-et-Loir), Pascal Lacoffrette (Axereal), Gwénola Riquet (Terres Inovia) et Christophe SAYSSET (Qualisol).

Je remercie chaleureusement Christophe Jeffray et Pascal Cointepas, agriculteurs à Tournosis, dans le Loiret, pour m'avoir autorisé à prospecter et à prélever des lentilles dans leurs parcelles.

Enfin, merci aux étudiants de la promotion GMN 2019-2020 et à mes amis (les premiers étant bien sûr compris dans mes deuxièmes), pour leur soutien, leurs conseils et leur présence, par visio la plupart du temps !

Table des matières

Liste des figures	3
Liste des tableaux	4
Liste des sigles	4
Introduction.....	5
1. Les connaissances actuelles des relations lentille-bruche-biorégulateurs	6
1.1. Organismes étudiés.....	6
1.1.1. <i>Vicia lens</i> , la plante-hôte.....	6
1.1.2. <i>Bruchus signaticornis</i> , le ravageur.....	7
1.1.3. Les biorégulateurs.....	8
1.2. Synthèse des données bibliographiques	9
1.2.1. Etablissement de la liste.....	9
1.2.2. Chronologie de la littérature	10
1.2.3. Analyse de la liste établie	11
2. Actualisation des connaissances	19
2.1. Matériel et méthodes	19
2.1.1. Principe de l'élevage.....	19
2.1.2. Mise en place de l'élevage.....	19
2.1.3. Répartition des données	20
2.2. Résultats des mises en émergence	21
2.2.1. Un parasitisme oophage existant mais très réduit	21
2.2.1.1. Des émergences peu nombreuses.....	21
2.2.1.2. Des œufs qui apparaissent comme étant peu sujets au parasitisme	22
2.2.2. Un parasitisme larvaire plus important que le parasitisme oophage.....	24
2.2.2.1. Des émergences de bruches et d'hyménoptères parasitoïdes	24
2.2.2.2. Un lien parasitoïde - hôte vérifié.....	25
2.2.3. Données complémentaires apportées par des mises en émergence réalisées en 2019 ...	26
2.3. Analyses et comparaisons avec la liste des biorégulateurs établie	27
2.3.1. Un parasitisme oophage probable mais faible.....	27
2.3.2. Trois espèces de parasitoïdes larvaires	27
3. Ecologie des biorégulateurs.....	28
3.1. Données disponibles.....	28
3.1.1. Données issues de la bibliographie	28
3.1.2. Etudes de piégeage par tente Malaise	28

3.1.3.	Observations issues des mises en émergences	29
3.2.	Apports sur l'écologie des parasitoïdes	30
3.2.1.	Des parasitoïdes larvaires qui ont différentes stratégies de ponte	30
3.2.1.1.	Un parasitisme ovo-larvaire chez <i>Triaspis</i> cf. <i>thoracica</i>	30
3.2.1.2.	Un parasitisme larvaire chez les <i>Dinarmus</i>	30
3.2.1.3.	<i>Pteromalus sequester</i> , un parasitoïde larvaire	30
3.2.2.	Une répartition géographique difficile à estimer	31
3.2.3.	Des taux de parasitisme très variables et difficilement explicables	32
3.2.4.	Résultats et analyses de l'étude des fonds de pièges	34
3.2.4.1.	Le genre <i>Triaspis</i> , présent en parcelle de lentille	34
3.2.4.2.	Une détection en parcelle au moment de la floraison	35
3.2.4.3.	Des effectifs de bruches et de parasitoïdes non corrélés	35
3.2.5.	Une écologie peu étudiée	36
3.2.5.1.	Des éléments d'écologie épars et peu nombreux	36
3.2.5.2.	Un sexe ratio très variable chez les <i>Triaspis</i>	36
3.2.5.3.	Un passage de l'hiver à préciser	36
3.3.	Des pistes de favorisation des biorégulateurs de <i>B. signaticornis</i>	37
3.3.1.	Un parasitisme oophage à étudier	37
3.3.2.	Une lutte biologique par favorisation	37
3.3.3.	Des aménagements variables	37
3.3.3.1.	Une source de nectar à disposition des parasitoïdes	37
3.3.3.2.	Des itinéraires techniques à adapter	38
3.3.3.3.	De nombreux paramètres à prendre en compte	38
	Conclusion	39
	Bibliographie	40
	Glossaire	46
	Annexes	47

Liste des figures

Figure 1. Plant de lentille en fleur.	6
Figure 2 : <i>Bruchus signaticornis</i> mâle. Longueur : 3,2 mm.	7
Figure 3. Carte de répartition de <i>Bruchus signaticornis</i> d'après les données de répartition issus de Anton 2010.	7
Figure 4. Mise en émergence des gousses de lentille. En haut, bouteille d'élevage. Au centre, flacons collecteurs étiquetés. En bas à gauche, vue d'ensemble des mises en émergence.....	19
Figure 5. Carte de répartition des points de prélèvement des gousses de lentilles, pour la partie œufs et larves du protocole.....	21
Figure 6. Les catégories d'œufs de <i>Bruchus signaticornis</i> utilisées. a, œuf plein. b, œuf intact. c, œuf éclos. d, œuf mort. e, œuf enfoncé. f, œuf à la coloration inhabituelle. g, œuf parasité. h, œuf semblant parasité. i, œuf semblant parasité, de dessous.	23
Figure 7. <i>Pteromalus sequester</i> . a, femelle. b, lentille avec trou d'émergence. c, lentille ouverte avec les reste de nymphe de bruche.	26
Figure 8. <i>Triaspis</i> cf. <i>thoracica</i> . a, femelle. b, individu émergeant d'une lentille. c, lentille ouverte laissant voir le cocon de la nymphose.	26
Figure 9. Dispositif de piégeage tente Malaise, disposé en parcelle de lentille.	28
Figure 10. Fond de piège étudié. Indiqué par la flèche rouge, un individu de <i>Triaspis</i> , hyménoptère parasitoïde recherché.	29
Figure 11. Taux de graines bruchées et de parasitisme pour chaque prélèvement mis en émergence.....	32
Figure 12. TM1 Berry 2019. Nombre de bruches et de <i>Triaspis</i> interceptés par jour, respectivement en noir et en rouge, en fonction de la date. La ligne verticale bleue symbolise la date de pleine floraison, pour laquelle au moins 50 % des plants de lentille sont en fleur.	35
Figure 13. <i>Bruchus signaticornis</i> hésitant à quitter sa graine de lentille, après avoir lu les conclusions de ce rapport.	39

Liste des tableaux

Tableau 1. Nombre d'espèces biorégulatrices citées par espèce de <i>Bruchus</i>	12
Tableau 2. Nombre d'espèces de <i>Bruchus</i> associées à chaque espèce de parasitoïde. En bleu les Ichneumonoidea, en blanc les Chalcidoidea, en orange le Chrysoidea.	16
Tableau 3. Liste des biorégulateurs associés à <i>Bruchus signaticornis</i>	17
Tableau 4. Liste des organismes ayant émergé des mises en élevage d'œufs.	22
Tableau 5. Pourcentage de chaque catégorie d'œuf, données sur 2 399 observations.	24
Tableau 6. Liste des organismes ayant émergé des mises en élevage de larves.	25
Tableau 7. Résultats des mises en émergence de graines de lentille de l'année 2019.	27
Tableau 8. Résultats des mises en émergence, faisant apparaître le taux de graines bruchées et le taux de parasitisme observés.	33

Liste des sigles

ANILS : Association Nationale Interprofessionnelle des Légumes Secs

LEE : Laboratoire d'Éco-Entomologie

TM : tente Malaise

Introduction

La gestion des ravageurs de cultures est un défi majeur de l'agriculture. Leurs dommages infligés en parcelles agricoles, comme en lieux de stockage après la récolte, peuvent être importants et nuire à la quantité comme à la qualité de la production. Il en résulte des impacts sanitaires et économiques très conséquents (Riba et Silvy 1989). Après une intensive lutte chimique, basée sur l'utilisation à grande échelle de produits insecticides à large spectre d'action, de nouveaux concepts, associant plusieurs moyens de luttés, ont émergés dès les années 1960. Ainsi, la protection intégrée des cultures permet de lutter contre les ravageurs grâce à l'association des concepts de pratiques culturales, de diversité variétale, d'utilisation sélectives de pesticides et de favorisation des ennemis naturels existants (Ferron 1999).

La lutte biologique a pour objectif l'utilisation d'organismes vivants, les biorégulateurs, pour contrôler les populations de ravageurs. Trois grands processus ont été définis. Il peut soit s'agir d'introduire un ennemi naturel exotique, non présent dans le milieu considéré, pour lutter contre un ravageur, lui aussi souvent non indigène. Un second principe consiste à favoriser la présence d'ennemis naturels déjà présents dans le milieu, en modifiant les conditions du milieu. Enfin, il peut s'agir d'augmenter les populations de biorégulateurs présentes en réalisant des lâchers dans les parcelles (Aubertot et Savary 2005).

Cependant, la mise en place de solutions relevant de la lutte biologique nécessite au préalable des connaissances fines sur les espèces qui interagissent. Ainsi, il est nécessaire d'étudier la plante-hôte et la biologie du ou des ravageur(s) en cause, avant de développer des connaissances précises sur les espèces biorégulatrices en jeu. En effet, une lutte biologique mal planifiée peut avoir des conséquences néfastes à long terme sur l'environnement, alors que le concept même est de limiter les impacts sur la biodiversité. Si de telles études ont été menées sur certaines cultures et certains ravageurs et leurs biorégulateurs, elles font défaut pour de nombreux autres cas, et notamment pour la lentille, une culture légumineuse en croissance actuellement en France.

L'objectif de ce stage est dans un premier temps de réaliser une étude bibliographique des connaissances disponibles sur le système lentille-bruche-biorégulateurs. Dans une seconde partie, le protocole et ses résultats visant à accroître les données sur les biorégulateurs de la bruche de la lentille sont présentés. Enfin, les informations rassemblées sur la biologie des biorégulateurs sont compilées dans une troisième partie, avant d'aborder les pistes de gestion envisageables pour favoriser la régulation naturelle de la bruche.

1. Les connaissances actuelles des relations lentille-bruche-biorégulateurs

1.1. Organismes étudiés

Ce travail a pour objectif de développer les connaissances sur les biorégulateurs* de *Bruchus signaticornis*, un coléoptère ravageur* de *Vicia lens*, la lentille cultivée. Il est dans un premier temps nécessaire de bien définir les trois organismes (ou groupes d'organismes) qui entrent en interaction : la plante-hôte, le ravageur et les biorégulateurs.

1.1.1. *Vicia lens*, la plante-hôte

Vicia lens (L.) Coss. & Germ. est une plante légumineuse de la famille des Fabaceae. Elle est de petite taille (20 à 40 cm) et se caractérise notamment par ses fleurs blanches veinées de violet, ses feuilles terminées par une vrille, de 5 à 7 paires de folioles, et par ses gousses qui renferment 1 à 2 graines discoïdes (Figure 1). C'est une plante annuelle qui fleurit d'avril à juillet (Tison et De Foucault 2014).



Figure 1. Plant de lentille en fleur.

Il existe des sous-espèces sauvages, distribuées en région méditerranéenne, en plus de la sous-espèce nominale, aujourd'hui répandue dans le monde entier. L'origine de sa culture est supposée remonter au début du Néolithique (8000 ans av. J.C.) au Moyen Orient, avant de se répandre en Asie, en Europe, en Afrique du Nord, puis plus récemment dans le Nouveau Monde (Carles 1939; Muehlbauer et McPhee 2005).

La culture de la lentille connaît une croissance très importante en France depuis quelques années : la surface cultivée a plus que doublé depuis 2015, passant de 16 000 hectares à plus de 36 000 en 2018 (Terres Univia 2018). Elle est cultivée sur une grande partie du territoire, avec cependant des bassins de production historiques bien identifiés, comme le Puy et le Berry. C'est la lentille verte, de la variété Anicia, qui est la plus largement semée. Le semis a lieu entre mi-mars et début avril, suivant la localisation et l'altitude des parcelles. La floraison se déroule au mois de juin et la maturation des grains se poursuit jusqu'en juillet. La récolte est réalisée à partir de mi-juillet et les grains sont ensuite stockés en silo (ANILS 2017a; 2017b).

Plusieurs ravageurs sont identifiés pour cette culture, dont les deux principaux sont des diptères cécidomyiidés, qui se développent dans les bourgeons floraux, et des coléoptères du genre *Bruchus*, qui se développent dans les graines (Réseau des Chambres d'Agriculture 2018). Une larve de bruche évide environ 70 % d'une graine, qui est alors qualifiée de bruchée*. Lorsque le taux de graines bruchées est supérieur à 1 % pour l'alimentation humaine et 10 % pour la consommation animale, le lot est déclaré impropre, ce qui induit des conséquences économiques importantes (Chapelin-Viscardi et al. 2019).

D'après la littérature, 11 espèces de bruches sont susceptibles de se développer dans les graines de lentille (Delobel et Delobel 2003). Parmi ces espèces, trois causent des dégâts importants sur la lentille en Europe : *Bruchus ervi* Frölich, 1799, *Bruchus lentis* Frölich, 1799 et *Bruchus signaticornis* Gyllenhal, 1833. Les deux premières se retrouvent en France en zone méditerranéenne et restent très peu fréquentes (Carles 1939; de Luca 1956; Balachowsky 1962).

Des données anciennes, complétées par de récentes études ciblées sur les bruches en cultures de lentille, ont permis de confirmer que la principale espèce de ravageur de la lentille en France est bien *Bruchus signaticornis* (Hoffmann 1945; Chapelin-Viscardi et al. 2019).

1.1.2. *Bruchus signaticornis*, le ravageur

Bruchus signaticornis Gyllenhal, 1833 est un coléoptère de la famille des Chrysomelidae. Il appartient à une sous-famille bien caractérisée, les Bruchinae, qui regroupe les coléoptères appelés « bruches ». Il existe au niveau mondial près de 1 650 espèces de bruches (Rheinheimer, Hassler 2018). Au stade larvaire, la quasi-totalité des espèces sont séminivores*, c'est-à-dire que le développement se réalise aux dépens de graines. Les adultes sont eux floricoles (Delobel et Tran 1993; Borowiec 1987). De nombreuses familles botaniques sont attaquées, mais dans 80 % des cas, il s'agit de légumineuses (Delobel et Delobel 2003).

Le genre *Bruchus* est représenté en France métropolitaine par 25 espèces (Tronquet 2014). Les larves se nourrissent de différentes espèces de légumineuses, sauvages ou cultivées. Le même schéma de développement est valable pour les espèces de ce genre : la ponte est effectuée sur une gousse verte. La larve pénètre après éclosion dans la gousse puis dans la graine. La nymphose a lieu dans la graine et l'imago* en sort, avant ou après la récolte, en perforant l'enveloppe externe. Il hiberne ensuite, et le cycle recommence l'année suivante. Le développement des *Bruchus* ne peut pas s'effectuer sur une graine sèche, le cycle est donc intimement lié au développement du végétal. Ces insectes sont alors monovoltins*, ils réalisent une génération par an (Huignard et al. 2011; Balachowsky 1962).

L'espèce *Bruchus signaticornis* (Figure 2) a été décrite par Gyllenhal en 1833. L'imago mesure 2,8 à 3,5 mm environ. Il est notamment caractérisé par la forme de l'apex des tibias médians du mâle, ainsi que la couleur et la dilatation des tibias antérieurs (Hoffmann 1945; Zampetti et Ricci 2012). *B. signaticornis* est distribuée dans tout le pourtour du bassin méditerranéen et se retrouve dans presque toute la France (Figure 3). Il est probable que sa répartition en France suive la distribution de la lentille cultivée.



Figure 2 : *Bruchus signaticornis* mâle. Longueur : 3,2 mm. Cliché : J.-D. Chapelin-Viscardi.

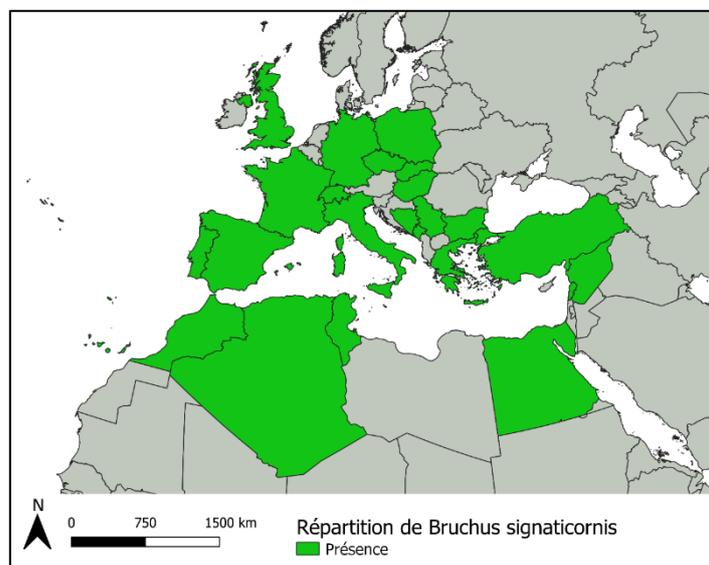


Figure 3. Carte de répartition de *Bruchus signaticornis* d'après les données de répartition issus de Anton 2010.

Au moins 8 plantes-hôtes lui sont attribuées, appartenant aux genres *Vicia* (6 espèces) et *Lathyrus* (2 espèces). Il s'agit d'une espèce oligophage*, restreinte à ces deux genres (Delobel et Delobel 2003; 2005). Parmi ces espèces, l'une est une légumineuse cultivée : *Vicia lens*, la lentille.

Elle est considérée depuis longtemps comme un ravageur important de la lentille en France. Des citations du milieu du XIX^e siècle la qualifient de très nuisible en Beauce et Hoffman écrit à son sujet « Espèce très commune dans toutes les cultures de Lentille dans lesquelles elle produit d'énormes dégâts » (Hoffmann 1945).

Cependant, malgré l'importance agronomique de *B. signaticornis*, très peu d'études lui ont été consacrées, ce qui aboutit à une somme réduite de connaissances sur la biologie de cette espèce. Mais une volonté récente de mieux connaître le fonctionnement de cet insecte a émergé ces dernières années, portée par l'ANILS (Association Nationale Interprofessionnelle des Légumes Secs). Les travaux réalisés permettent de préciser les points suivants (Chapelin-Viscardi et al. 2019; Loiseau et Chapelin-Viscardi 2020).

B. signaticornis est la principale espèce de bruche ravageur en champ de lentilles. La colonisation des parcelles a lieu avant la floraison de la plante, dès les premières semaines de mai (suivant les conditions météorologiques). Un pic de colonisation important est observé, caractérisé par un nombre plus important de mâles que de femelles au début. La maturité sexuelle des femelles est précoce, et une partie d'entre elles est prête à pondre avant même l'apparition des premières gousses.

1.1.3. Les biorégulateurs

Les biorégulateurs*, ou auxiliaires*, sont des organismes vivants qui du fait leur écologie, impactent les ravageurs de cultures. En effet, leur développement se réalise aux dépens d'espèces impactant les activités agricoles, en provoquant la plupart du temps la mort des individus (Boyer et al. 2017).

Ils peuvent être classés en deux groupes, en fonction de leur écologie :

- Les prédateurs, qui sont des animaux qui se nourrissent d'autres animaux. Ils tuent leurs proies pour y prélever de quoi se nourrir ou pour nourrir leur progéniture. Les stades larvaires ou les adultes peuvent être prédateurs. On distingue les prédateurs généralistes des prédateurs spécialistes, ces derniers s'attaquent à une diversité de proies réduite.
- Les parasitoïdes. Ce sont des organismes qui se développent au stade larvaire dans ou sur un hôte* et qui y prélèvent leur nourriture. A la différence du parasitisme, l'hôte est systématiquement tué à la fin du développement. Contrairement à la prédation, un seul hôte est nécessaire au développement.

Les parasitoïdes présentent des développements et des mœurs divers. Il existe ainsi des endoparasitoïdes*, dont l'œuf est pondu directement dans le corps de l'hôte, où se réalise le développement de la larve, et des ectoparasitoïdes*, dont l'œuf est pondu sur l'hôte, et pour lesquels le développement est réalisé à l'extérieur de l'hôte. Il est important de préciser aussi l'existence de parasitoïdes oophages*, se développant dans l'œuf de l'hôte, de parasitoïdes larvophages*, se développant dans la larve de l'hôte, mais il y a aussi des cas où le parasitoïde se développe dans la nymphe ou l'imago. Ensuite, les koinobiontes*, dont le développement ne stoppe pas immédiatement celui de l'hôte, sont distingués des idiobiontes*, qui paralysent ou tuent l'hôte lors de la ponte. Il existe aussi une différence entre les parasitoïdes solitaires, pour lesquels un hôte correspond au développement d'une larve, et les parasitoïdes grégaires*, chez lesquels un seul hôte peut nourrir pour plusieurs larves.

Comme pour les prédateurs, il existe des espèces de parasitoïdes à très large spectre d'hôtes, s'attaquant parfois même à plusieurs ordres différents, alors que d'autres espèces sont beaucoup plus spécialisées, et ne se développent que sur un genre taxonomique (Delvare 2018).

Les interactions liant plante-hôte, ravageur et biorégulateurs peuvent être complexes. Les relations lentille – bruches ont fait l'objet d'études récentes. La suite de cette partie s'intéresse aux connaissances disponibles sur les biorégulateurs de *Bruchus signaticornis*.

1.2. Synthèse des données bibliographiques

1.2.1. Etablissement de la liste

L'objectif de cette partie est de dresser une liste des biorégulateurs connus de *B. signaticornis*, basée sur l'étude de la bibliographie, afin dans un premier temps de comprendre quelles espèces ou groupes d'espèces sont potentiellement impliqués.

Les autres espèces du genre *Bruchus* ayant un développement assez similaire à *B. signaticornis* et ayant une forte proximité taxonomique, il est intéressant d'inclure leurs biorégulateurs à la liste d'étude. En effet, cela permet d'avoir une vue plus générale des espèces biorégulatrices impliquées, et d'étudier plus finement leurs relations.

L'emprise de cette synthèse bibliographique correspond donc aux biorégulateurs liés au genre *Bruchus*, restreint aux espèces citées de France dans le Catalogue des Coléoptères de France (Tronquet 2014) et ses suppléments (Tronquet 2015; 2016; 2017). Lorsque seul le genre est mentionné dans la littérature, l'espèce n'ayant pas été déterminée, la donnée est intégrée comme liée à *Bruchus sp.* Tous les arthropodes prédateurs et parasitoïdes mentionnés dans la littérature comme étant liés à ces espèces de *Bruchus* sont inclus dans le document, qu'ils soient cités de France ou non.

Format de la liste

Toutes les informations sont intégrées dans un tableau récapitulatif. Une donnée, qui correspond à une ligne, est l'information d'une espèce de *Bruchus* liée à une espèce biorégulatrice. Le paragraphe suivant précise les informations renseignées pour chaque donnée.

- La colonne *Espèce de Bruchus* donne le nom latin de l'espèce de bruche concernée, orthographié d'après le Catalogue des Coléoptères de France (Tronquet 2014).
- *Espèce de biorégulateur* : donne le nom latin de l'espèce biorégulatrice concernée, orthographié d'après Universal Chalcidoidea Database pour les Chalcidoidea (Noyes 2019), et par l'INPN (Muséum national d'Histoire naturelle 2003) pour les autres super-familles (pour les espèces non intégrées dans l'INPN, la bibliographie la plus à jour a été suivie).
- *Famille du biorégulateur* : donne la famille à laquelle appartient l'espèce concernée, suivant les mêmes références que pour *Espèce de biorégulateur*.
- *Zone géographique du biorégulateur* : grand ensemble géographique d'occurrence du biorégulateur, lorsqu'il est connu.
- La colonne *Hôte Universal Chalcidoidea Database* indique pour chaque parasitoïde de la sous-famille des Chalcidoidea les principaux ordres/familles hôtes renseignés sur Universal Chalcidoidea Database (Noyes 2019).

- Les références bibliographiques se basent pour beaucoup sur de la mise en élevage de graines. Lorsque l'espèce botanique mise en élevage est connue, elle est indiquée dans la colonne *Plante-hôte liée*. La localisation géographique de cet élevage est donnée dans *Localisation d'observations*.
- La colonne *Précision* indique à quel groupe l'espèce biorégulatrice appartient, prédateur ou parasitoïde.
- Les principales références bibliographiques qui citent cette association bruche - régulateur sont données dans *Référence(s) bibliographique(s) associée(s)*.
- Enfin, la colonne *Fiabilité* permet d'estimer quel crédit donner à l'information. Trois valeurs sont possibles :
 - 3 signifie que la donnée est très certainement erronée. Plusieurs auteurs contestent la fiabilité de l'information dans des publications ultérieures. Il s'agit la plupart du temps d'anciennes informations, parfois altérées par des changements nomenclaturaux ou dues à de mauvaises identifications.
 - 2 signifie que la donnée est probable. Sans être forcément contestée par des auteurs ultérieurs, l'information n'a été trouvée qu'une fois dans de la littérature ancienne, ou n'a pas fait l'objet d'un élevage bien décrit.
 - 1 signifie que la donnée est fiable. Soit elle est issue d'un travail sérieux de mise en élevage et d'identification, soit (et ce n'est pas incompatible) elle est issue de plusieurs publications distinctes (c'est-à-dire que ce n'est pas la même donnée qui est retranscrite dans des travaux postérieurs).

Une deuxième feuille donne la correspondance entre les noms trouvés dans la littérature, parfois ancienne, et les références suivies (Universal Chalcidoidea Database pour les Chalcidoidea, INPN pour les autres super-familles (pour les espèces non intégrées dans l'INPN, la bibliographie la plus à jour a été suivie)).

La liste qui résulte de cette synthèse est présentée en Annexe 1 page 48.

La liste des correspondances entre noms cités et noms valides est donnée en Annexe 2 page 52.

La bibliographie consultée pour réaliser cette liste est disponible en Annexe 3 page 53.

1.2.2. Chronologie de la littérature

Premières citations et fiabilité des données anciennes

Il ressort de l'étude de la bibliographie que les plus anciennes mentions d'associations bruches-biorégulateurs remontent à la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle. Les espèces de bruches et de biorégulateurs ont souvent été décrites avant cette période, mais les relations entre elles n'étaient pas encore connues.

J. Curtis décrit en 1860 l'association entre certaines bruches et leur plante-hôte (Curtis 1860) et cite 3 espèces d'hyménoptères parasitoïdes : *Sigalphus pallipes* Nees, 1816, *Sigalphus caudatus* Nees, 1816 et *Hormius rubiginosus* Nees, 1816. En 1873, E. Perris (Perris 1873) cite les espèces *Bruchus signaticornis*, *B. nubilus*, *B. pallidicornis* et *B. granarius*, et leur associe les parasitoïdes *Sigalphus striatulus* Nees, 1816 et *Pteromalus leucopezus* Ratzeburg, 1844.

Aujourd'hui, le genre *Sigalphus* est devenu synonyme de *Triaspis*, *Hormius* est devenu synonyme de *Chremylus* et *Pteromalus leucopezus* est devenu *Cecidostiba fungosa* (Geoffroy, 1785). De même pour les bruches, parmi les espèces citées par E. Perris, seule *B. signaticornis* n'a pas changé de nom. De plus, la connaissance de la biologie de certaines espèces a été précisée : *Chremylus rubiginosus* et

Cecidostiba fungosa ne sont en fait pas liées aux bruches, mais respectivement aux mites (lépidoptères) et aux hyménoptères Cynipidae (Askew 1961; Nieves et Askew 1988).

Ces informations permettent de se rendre compte que ces premiers travaux donnent des informations importantes, mais qu'il faut considérer avec prudence, les changements en taxonomie et les connaissances sur la biologie des espèces ayant beaucoup évolués depuis.

Les premières études ciblées et les premiers catalogues

Il faut attendre la deuxième moitié du XXème siècle pour lire les principales études sur les biorégulateurs s'attaquant aux bruches. Il s'agit, pour l'Europe, de Parker en 1957 et de Leonide en 1960 (Parker 1957; Leonide 1960). Ils publient les résultats d'émergence d'insectes de graines de légumineuses, en associant les bruches et les parasitoïdes qui en émergent. Dans les deux cas, il est précisé que certaines associations ne sont pas certaines, étant donné le développement d'autres insectes dans les végétaux « mis en élevage ».

Quelques années après, de Luca entreprend la rédaction d'un catalogue mondial des associations entre les bruches et les autres organismes vivants (de Luca 1965). Il s'agit d'une liste des espèces de Bruchinae et de leurs parasites, prédateurs et parasitoïdes associés, qui a été largement utilisée ultérieurement dans de nombreux travaux sur les bruches.

Entre les premières citations retrouvées et ces articles, peu de données sont disponibles, et aucun article ne fait une synthèse des connaissances.

Les articles les plus récents, peu nombreux

En 1981, J. R. Steffan publie « The parasites of Bruchids » (Steffan 1981). Il réalise une synthèse critique des données disponibles, en se basant majoritairement sur les catalogues publiés par de Luca et Peck (de Luca 1965; Peck 1963). La synthèse a une couverture mondiale, comme pour la liste de de Luca, et celle de Peck, qui a étudié la faune des Amériques.

Ultérieurement, en plus de données publiées de manière éparse, ce sont surtout les données fournies par de Luca qui sont reprises dans les articles et les ouvrages. Enfin, la liste des Chalcidoidea associés aux Bruchinae, publiée en 2019, est un travail important d'emprise mondiale, limité à la super-famille des Chalcidoidea (Pérez-Benavides et al. 2019).

Cette chronologie permet de mettre en évidence une connaissance ancienne des relations parasitoïdes-bruches. Elle montre aussi que ces relations ont été très peu étudiées, notamment comparées à d'autres organismes (Steffan 1981), et ce malgré le fait que les bruches sont considérées comme des insectes ravageurs importants en culture de légumineuses.

Il faut cependant noter que dans d'autres régions, notamment en Afrique et en Amérique Centrale, et pour des Bruchinae autre que les *Bruchus*, principalement les espèces s'attaquant aux graines stockées, un nombre plus important d'études ont été réalisées sur le potentiel de régulation des populations de Bruchinae par des espèces d'hyménoptères parasitoïdes (Sanon et al. 2005; Ouedraogo et al. 1996; Delobel 1989; Hetz et Johnson 1988; van Huis et al. 1990).

1.2.3. Analyse de la liste établie

La partie suivante donne une analyse de la liste des biorégulateurs établie pour le genre *Bruchus*. L'objectif est de donner un aperçu des groupes concernés et de quantifier les espèces listées.

En se restreignant aux espèces de *Bruchus* présentes en France, 162 relations bruche - biorégulateur ont été relevées (voir Annexe 1 page 48). Ces relations concernant 64 espèces de biorégulateurs, dont 48

sont considérées comme fiables ou probables, les 16 autres étant considérées comme erronées et ne sont pas reprises dans les comparaisons chiffrées ci-après.

Des espèces de *Bruchus* plus ou moins régulées, ou plus ou moins étudiées

Les citations se réfèrent à 17 espèces de *Bruchus* (avec en plus les données précises au genre, l'espèce n'ayant pas été déterminée). Le Tableau 1 permet de montrer que la répartition des données est très hétérogène. En effet, 2 espèces de *Bruchus* ne semblent attaquées que par une espèce, alors qu'à l'opposé, *Bruchus brachialis* Fahraeus, 1839 est liée à 16 espèces biorégulatrices. Enfin, parmi les espèces mentionnées en France (Tronquet 2014), 6 ne sont associées à aucun biorégulateur.

Tableau 1. Nombre d'espèces biorégulatrices citées par espèce de *Bruchus*.

Espèce de <i>Bruchus</i>	Nombre d'espèces biorégulatrices associées
<i>Bruchus brachialis</i> Fahraeus, 1839	16
<i>Bruchus pisorum</i> (Linnaeus, 1758)	14
<i>Bruchus rufimanus</i> Boheman, 1833	12
<i>Bruchus lentis</i> Frölich, 1799	11
<i>Bruchus rufipes</i> Herbst, 1783	10
<i>Bruchus signaticornis</i> Gyllenhal, 1833	8
<i>Bruchus affinis</i> Frölich, 1799	6
<i>Bruchus sp.</i>	5
<i>Bruchus atomarius</i> (Linnaeus, 1761)	4
<i>Bruchus tristichus</i> Fahraeus, 1839	4
<i>Bruchus tristis</i> Boheman, 1833	3
<i>Bruchus viciae</i> Olivier, 1795	3
<i>Bruchus emarginatus</i> Allard, 1868	2
<i>Bruchus laticollis</i> Boheman, 1833	2
<i>Bruchus luteicornis</i> Illiger, 1794	2
<i>Bruchus ulicis</i> Mulsant & Rey, 1858	2
<i>Bruchus dentipes</i> (Baudi, 1886)	1
<i>Bruchus loti</i> Paykull, 1800	1

Cette disparité est difficilement imputable au fait que certaines espèces soient plus sensibles au parasitisme et à la prédation que d'autres, mais peut en revanche s'expliquer par l'importance agronomique variable des différentes bruches et ainsi par le nombre d'études dont elles font l'objet (Steffan 1981). Ainsi, *B. brachialis* a été très étudiée aux Etats-Unis, *B. pisorum* est le principal ravageur des cultures de pois, *B. rufimanus* des cultures de féverole et *B. lentis* des cultures de lentilles et étudié en détails par de Luca (de Luca 1956).

Cette hétérogénéité permet de conclure que les connaissances liées aux biorégulateurs de bruches sont encore très incomplètes, et que l'analyse des données de la bibliographie ne donne qu'un premier aperçu du nombre et de l'identité des espèces en jeu. Cependant, étudier les connaissances sur l'ensemble du genre *Bruchus* permet de mieux cerner les biorégulateurs liés à ce genre et de pouvoir donner des pistes de réflexion plus pertinentes lorsqu'une seule espèce est étudiée : la découverte d'une nouvelle citation pour une espèce est consolidée si le parasitoïde est déjà connu d'une autre espèce du même genre.

Une forte hétérogénéité entre prédateurs et parasitoïdes

Dans un premier temps, il est intéressant de s'intéresser à la distinction des deux groupes réalisée au paragraphe 1.1.3 : les prédateurs et les parasitoïdes.

Plusieurs observations de prédateurs sont reportées dans la bibliographie. Les espèces prédatrices de *Bruchus* appartiennent à des groupes très variés d'arthropodes : araignées, hyménoptères, acariens, hémiptères. Elles représentent 5 espèces sur les 48 considérées comme fiables ou probables de la liste.

Enfin, les 90 % restant des espèces biorégulatrices étudiées sont des parasitoïdes. Il s'agit exclusivement d'hyménoptères, appartenant à deux super-familles : les Ichneumonoidea et les Chalcidoidea.

Il est intéressant de mentionner ici un organisme qui ne peut ni être classé en prédateur, ni en parasitoïde, mais qui se rapproche plutôt d'un parasite. Lors de dissections de *B. signaticornis* au Laboratoire d'Éco-Entomologie (LEE), un ver de la famille des Mermithidae (Nematoda) a été retrouvé à plusieurs reprises dans l'abdomen de femelles (S. Loiseau comm. pers.). Les Mermithidae sont des endoparasites se développant dans le corps d'insectes et d'autres arthropodes. Ils causent souvent la mort de l'hôte lors de leur passage au stade adulte (Nickle 1972), c'est pourquoi il est inclus ici en tant que biorégulateur. Bien qu'existant chez les bruches, ce genre de parasitisme semble très peu répandu (ici, une dizaine d'individus parasités sur des milliers étudiés), ou en tout cas très mal connu et peu étudié.

Des prédateurs généralistes appartenant à des groupes divers

Parmi les prédateurs, les deux groupes les plus cités sont détaillés ci-après, avec dans un premier temps les acariens. Les références liées aux acariens concernent des observations erratiques, qui mentionnent des consommations d'œufs ou de très jeunes larves, par des acariens prédateurs généralistes. Une espèce en particulier est citée : *Pediculoides ventricosus* (Newport, 1850), un acarien très généraliste s'attaquant parfois aux bruches (Larson et al. 1938; Nicoli et Sempe 1969).

Dans un second temps, il est important de citer les *Cerceris*. Ce sont des hyménoptères Crabronidae dont les femelles chassent notamment des adultes de bruches, pour les mettre dans un terrier creusé dans le sol, et desquels la larve se nourrira. Aucune espèce n'est strictement associée aux Bruchinae, mais ces dernières figurent parmi un nombre restreint de proies pour certains *Cerceris* : *C. interrupta* (Panzer, 1799), *C. quadricincta* (Panzer, 1799) et *C. rubida* (Jurine, 1807) (Bitsch et al. 1997).

Les autres citations de prédation concernent des organismes plus généralistes, comme certaines araignées voire des oiseaux, qui consomment fréquemment des adultes de *Bruchus*, notamment lors de leur envol lorsque la récolte est tardive.

Les hyménoptères parasitoïdes, les biorégulateurs les plus nombreux

Comme annoncé ci-dessus, les hyménoptères parasitoïdes regroupent la majorité des citations d'espèces biorégulatrices des *Bruchus*. Ils se répartissent en deux groupes : les Ichneumonoidea et les Chalcidoidea, plus une espèce de Chrysidoidea, intégrée dans la discussion sur les Chalcidoidea.

- Les Ichneumonoidea regroupent les Ichneumonidae et les Braconidae. Seule cette dernière famille est connue comme parasitoïdes de *Bruchus*, avec deux genres : *Triaspis* et *Bracon*. Un troisième genre, *Chremylus*, est cité par de Lucas et repris ensuite dans plusieurs articles. Cependant, il est accompagné de l'annotation suivante : « Parasite les Microlépidoptères et non les Bruchides selon M. Ferrière. » (de Luca 1965).

Plusieurs individus du genre *Bracon* ont été retrouvés parasitant des chenilles d'*Etiella zinckenella* (Treitschke, 1832) dans des gousses de féveroles hébergeant des larves de *Bruchus*

(obs. pers.). Il en est de même dans les mises en élevage de Parker et Leonide (Parker 1957; Leonide 1960). Les citations associant ce genre aux bruches, bien que probables, doivent donc être considérées avec prudence.

En revanche, les espèces du genre *Triaspis* sont des guêpes parasitoïdes dont l'association aux Bruchinae a été bien démontrée (Hoffmann 1945; Parker 1957; Leonide 1960; de Luca 1965).

- Les Chalcidoidea regroupent des hyménoptères parasitoïdes de faible taille. Ils se répartissent en 20 familles au niveau mondial, dont au moins 13 se retrouvent en France (Goulet et Huber 1993; Delvare 2018). Il ressort que les espèces listées comme liées au genre *Bruchus* se répartissent en 7 familles, pour 31 espèces. Si la taxonomie et la biologie de beaucoup d'espèces restent complexes, elles sont cependant bien connues pour certains genres.

Des espèces inféodées aux Bruchinae

C'est le cas du genre *Uscana*, famille Trichogrammatidae, dont toutes les espèces connues sont des parasitoïdes oophages strictement associés aux Bruchinae (Steffan 1954; Pintureau 2012). Et du genre *Dinarmus*, famille Pteromalidae, au sein duquel toutes les espèces dont la biologie est connue à ce jour, soit 9 espèces sur les 11 décrites, se développent aux dépens de larves ou de nymphes de Bruchinae (Rasplus 1989).

Pour le reste, l'étude est moins aisée, notamment car la biologie au sein d'un genre peut être très variable, parce que la littérature est moins abondante ou encore parce que la taxonomie reste peu clair.

Des espèces généralistes, à large spectre d'hôtes

Cinq espèces du genre *Eupelmus*, famille Eupelmidae, sont citées des *Bruchus*. Leur identification est complexe, et elles s'attaquent à un très grand nombre d'espèces, de plusieurs ordres différents : Hymenoptera, Lepidoptera, Coleoptera (Steffan 1981).

Le genre *Baryscapus*, famille Eulophidae, contient des espèces aux biologies très variées, s'attaquant à des œufs, des larves ou des nymphes d'insectes divers (Askew et Shaw 2005; Doganlar 1996). Deux espèces sont associées aux bruches et il est probable que le *Tetrastichus* sp., mentionné par Carles en 1943 se rapporte à ce genre (Carles 1943). De même, l'espèce *Aprostocetus aethiops* (Zetterstedt, 1838) est un parasitoïde oophage, dont les hôtes sont encore mal connus (Graham 1961).

L'espèce *Eurydinoteloides incerta* (Ashmead, 1893), famille Pteromalidae, est associée à plus de 30 espèces de coléoptères, dont des Bruchinae. C'est une espèce du continent nord-américain (Boe et al. 2019).

Dans la famille Torymidae, l'espèce nord-américaine *Microdontomerus anthonomi* (Crawford, 1907) est citée de nombreux hôtes qui se développent tous à l'intérieur de tissus végétaux. Plusieurs espèces de Bruchinae sont attaquées (Turner et al. 1990).

Des espèces liées aux milieux clos, dont les hôtes se développent dans les lieux de stockage

Les espèces *Lariophagus distinguendus* (Förster, 1841) et *Anisopteromalus calandrae* (Howard, 1881), famille Pteromalidae, sont des parasitoïdes qui se développent dans des hôtes variés de l'ordre des coléoptères, mais principalement dans des contextes clos, de stockage de produits agricoles, graines et autres (Niedermayer et al. 2016). Ils sont ainsi connus des Bruchinae du genre *Callosobruchus* qui se développent dans des graines sèches (Bellows 1985; Baur et al.

2014). L'association aux *Bruchus* est donc probable, mais sûrement associée à la période post-récolte de la lentille.

Des genres d'identification complexe, qui peuvent induire des erreurs d'identification

Le genre *Pteromalus*, l'un des plus diversifié des Pteromalidae avec plus de 300 espèces en Europe, est cité comme parasitoïde de *Bruchus*, avec l'espèce *Pteromalus sequester* Walker, 1835. De Luca met en doute cette relation (de Luca 1965), cependant des articles plus récents considère qu'elle est valide (Pérez-Benavides et al. 2019).

Des évolutions dans la connaissance de la biologie de certaines espèces, qui rendent certaines relations douteuses

Dans le genre *Eurytoma*, famille Eurytomidae, l'espèce *Eurytoma wachtly* Mayr, 1878 est citée comme parasitoïde de plusieurs espèces de *Bruchus*. Cependant, dans les études les plus récentes, elle est considérée comme associée plutôt aux Curculionidae et aux coléoptères liés au bois (Zerova 2010). Dans ce genre, seules les espèces *E. lathyri* Zerova, 1979, *E. tylodermatis* Ashmead, 1896 et *E. obtusa* Bugbee, 1967 peuvent être liées aux *Bruchus* avec fiabilité.

L'espèce *Chrysocharis pentheus* (Walker, 1939), famille Eulophidae, appartenait anciennement au genre *Entedon*, dont les préférences biologiques étaient sujettes à discussion (Steffan 1981). Dans les études les plus récentes, *C. pentheus* est plutôt associée aux lépidoptères, son lien avec les *Bruchus* étant donc considéré comme douteux (Mafi et Ohbayashi 2010; Askew et Coshan 1973).

Le genre *Lamennaisia* comprend 4 espèces cosmopolites, dont *L. ambigua* (Nees, 1834) qui serait parasitoïde de *Bruchus brachialis*. Cependant, dans un article de 1984, la biologie est toujours considérée comme inconnue (Noyes et Hayat 1984).

Trichomalopsis leguminis (Gahan, 1937), de la famille des Pteromalidae, est récemment cité comme parasitoïde d'un hyménoptère Icheumonidae, et d'autres espèces du genre sont associées à des diptères. Sa citation des Bruchinae est donc considérée comme douteuse (Gibson et Floate 2001).

Enfin, *Laelius utilis* Cockerall, 1920, famille des Bethyridae, super-famille Chrysidoidea, est un hyménoptère nord-américain, dont les citations les plus récentes l'associent plutôt aux Dermestidae qu'aux Bruchinae (Mertins 1985).

Le Tableau 2, page suivante, donne pour chaque espèce de parasitoïde le nombre d'espèces de *Bruchus* qui lui sont associées. D'une part, il est intéressant de noter que deux tiers des espèces ne sont mentionnées que d'une ou deux espèces de *Bruchus*. Cela signifie que soit que les parasitoïdes sont restreints à un faible nombre d'hôtes, soit, plus probablement, qu'il reste une grande part de la biologie des espèces à étudier.

Enfin, l'espèce *Triaspis thoracica* (Curtis, 1860) est citée de 17 espèces de *Bruchus*, soit la totalité des espèces analysées. Il est possible d'en conclure que cette espèce est un parasitoïde régulier des bruches.

Tableau 2. Nombre d'espèces de *Bruchus* associées à chaque espèce de parasitoïde. En bleu les Ichneumonoidea, en blanc les Chalcidoidea, en orange le Chrysoidea.

Espèce de parasitoïde	Nombre d'espèces de <i>Bruchus</i> parasitées
<i>Triaspis thoracica</i> (Curtis, 1860)	17
<i>Eurytoma wachtli</i> Mayr, 1878	7
<i>Dinarmus italicus</i> (Masi, 1922)	5
<i>Eupelmus microzonus</i> Foerster, 1860	5
<i>Anisopteromalus calandrae</i> (Howard, 1881)	4
<i>Baryscapus bruchivorus</i> (Gahan, 1942)	4
<i>Dinarmus basalis</i> (Rondani, 1877)	4
<i>Triaspis luteipes</i> (Thomson, 1874)	4
<i>Triaspis thomsoni</i> Fahringer, 1934	4
<i>Bracon praecox</i> (Wesmael, 1838)	3
<i>Lariophagus distinguendus</i> (Förster, 1841)	3
<i>Pteromalus sequester</i> Walker, 1835	3
<i>Uscana semifumipennis</i> Girault, 1911	3
<i>Uscana senex</i> (Grese, 1923)	3
<i>Chrysocharis pentheus</i> (Walker, 1939)	2
<i>Dinarmus magnus</i> (Rohwer, 1934)	2
<i>Eupelmus pulchriceps</i> (Cameron, 1904)	2
<i>Eupelmus 'urozonus-complex'</i>	2
<i>Eupelmus vesicularis</i> (Retzius, 1783)	2
<i>Eupelmus 'vesicularis-complex'</i>	2
<i>Microdontomerus anthonomi</i> (Crawford, 1907)	2
<i>Pteromalus sp.</i>	2
<i>Triaspis obscurella</i> (Nees, 1816)	2
<i>Triaspis striatula</i> (Nees, 1816)	2
<i>Aprostocetus aethiops</i> (Zetterstedt, 1838)	1
<i>Baryscapus protasis</i> (Graham, 1991)	1
<i>Bracon hylobii</i> Ratzeburg, 1848	1
<i>Eupelmus orientalis</i> (Crawford, 1913)	1
<i>Eupelmus urozonus</i> Dalman, 1820	1
<i>Eurydinoteloides incerta</i> (Ashmead, 1893)	1
<i>Eurytoma lathyri</i> Zerova, 1979	1
<i>Eurytoma obtusa</i> Bugbee, 1967	1
<i>Eurytoma tylodermatis</i> Ashmead, 1896	1
<i>Laelius utilis</i> Cockerall, 1920	1
<i>Lamennaisia ambigua</i> (Nees, 1834)	1
<i>Tetrastichus sp.</i>	1
<i>Torymus sp.</i>	1
<i>Triaspis facialis</i> (Ratzeburg, 1852)	1
<i>Triaspis forbesii</i> (Dalla Torre)	1
<i>Triaspis stictostiba</i> Martin, 1956	1
<i>Trichomalopsis leguminis</i> (Gahan, 1937)	1

Analyse des biorégulateurs cités de *Bruchus signaticornis*

Concernant l'espèce *Bruchus signaticornis* particulièrement, aucun prédateur n'est mentionné. En revanche, 13 espèces d'hyménoptères parasitoïdes sont citées comme associées (Tableau 3).

Tableau 3. Liste des biorégulateurs associés à *Bruchus signaticornis*.

Espèce de biorégulateur	Famille du biorégulateur	Fiabilité
<i>Triaspis luteipes</i> (Thomson, 1874)	Braconidae	1
<i>Triaspis thoracica</i> (Curtis, 1860)	Braconidae	1
<i>Tetrastichus sp.</i> Halliday, 1844	Eulophidae	1
<i>Dinarmus italicus</i> (Masi, 1922)	Pteromalidae	1
<i>Triaspis striatula</i> (Nees, 1816)	Braconidae	2
<i>Triaspis thomsoni</i> Fahringer, 1934	Braconidae	2
<i>Eurytoma wachtli</i> Mayr, 1878	Eurytomidae	2
<i>Lariophagus distinguendus</i> (Förster, 1841)	Pteromalidae	2
<i>Cecidostiba fungosa</i> (Geoffroy, 1785)	Pteromalidae	3
<i>Pachylarthrus breviventris</i> Forst	Pteromalidae	3
<i>Pteromalus varians</i> (Spinola, 1808)	Pteromalidae	3
<i>Stenomalina micans</i> (Olivier, 1813)	Pteromalidae	3
<i>Trichomalus statutus</i> (Foerster, 1841)	Pteromalidae	3

Sur ces 13 espèces, 5 semblent ne pas être parasitoïdes de *Bruchus signaticornis*, voire de Bruchinae (critère de fiabilité 3). Toutes appartiennent à la famille des Pteromalidae. Il s'agit de :

- *Cecidostiba fungosa* (Geoffroy, 1785), qui est un parasitoïde de Cinipidae d'après Nieves et Askew (1988).
- *Pachylarthrus breviventris* Forst, dont le genre a été mis en synonymie avec *Halticoptera*, qui renferme des espèces parasitoïdes de diptères (Pintureau 2012). Cependant, l'espèce *breviventris* n'a pas pu être retrouvée ni dans le genre *Halticoptera*, ni dans le genre *Pachylarthrus*.
- *Stenomalina micans* (Olivier, 1813), qui est un parasitoïde de diptères ou d'autres insectes vivants dans les tiges des plantes herbacées (Boucek et Rasplus 1991).
- *Trichomalus statutus* (Foerster, 1841) est associée à une espèce de diptère (Delucchi et Graham 1956). Cependant, les autres espèces du genre sont principalement connues comme parasitoïdes de coléoptères Curculionidae, et le genre est connu pour être d'une approche très complexe.
- *Pteromalus varians* (Spinola, 1808), qui n'est cité qu'une seule fois en 1886 (Menault 1886), et dont la liste des hôtes connus, donnée dans un article récent, ne mentionne aucune bruche (Todorov et al. 2014).

Parmi les 8 espèces restantes, 4 sont des Braconidae, appartenant au genre *Triaspis*. Les espèces de ce genre sont majoritairement associées aux coléoptères Bruchinae, Curculionidae et Brentidae. Leur identification reste délicate, et donc les liens unissent précisément les différents *Triaspis* aux diverses bruches peuvent être sujets à caution. Il est cependant admis dans la littérature qu'une ou des espèces du genre *Triaspis* parasitent *B. signaticornis*.

Les 4 autres espèces sont des Chalcidoidea. L'une, *Tetrastichus sp.*, reste au statut générique, la taxonomie de ce groupe étant très complexe et la citation ancienne (Carles 1943). Cependant, il semble démontré que des espèces de ce genre s'attaquent aux bruches (Steffan 1981).

Le statut de la seconde, *Eurytoma wachtli* Mayr, 1878, peut être considéré comme douteux, son association étant plutôt démontrée avec des coléoptères liés au bois.

Les 2 dernières appartiennent à la famille des Pteromalidae. Il s'agit de *Lariophagus distinguendus* (Förster, 1841), qui est un parasitoïde généraliste, dont la citation pour *B. signaticornis* est probable, mais probablement à associer à la période post-récolte de la lentille.

Enfin, la dernière espèce citée est *Dinarmus italicus* (Masi, 1922), genre dont toutes les espèces sont associées aux Bruchinae. *D. italicus* est citée à plusieurs reprises et connue pour se développer aux dépens de plusieurs espèces de bruches.

Cette revue de la littérature existante sur les biorégulateurs de *Bruchus signaticornis* permet de mettre en évidence 8 espèces d'hyménoptères parasitoïdes, réparties en 5 genres. Ces espèces sont aussi citées d'autres espèces de *Bruchus*, aucune n'est uniquement associée à *B. signaticornis*.

En revanche, il est intéressant de noter que les connaissances liées à ce ravageur ne sont pas très développées et que des biorégulateurs sont identifiés pour d'autres espèces de *Bruchus*. Ceux-ci pourraient aussi interagir avec *B. signaticornis*, comme par exemple les parasitoïdes oophages du genre *Uscana*.

Cette liste permet donc de connaître les liens déjà mis en évidence entre biorégulateurs et *B. signaticornis*, ceux à vérifier, et ceux à étudier car potentiellement existants.

2. Actualisation des connaissances

La synthèse des données bibliographiques permet de dresser une liste des biorégulateurs associés à *B. signaticornis*. Il en ressort que toutes sont des espèces d'hyménoptères parasitoïdes, c'est donc sur cette catégorie d'organismes que la suite de l'étude est focalisée. Cette partie décrit le protocole mis en place dans l'objectif de vérifier et d'approfondir la liste des espèces parasitoïdes impliquées, sur le territoire métropolitain. Les résultats sont ensuite donnés puis discutés.

2.1. Matériel et méthodes

2.1.1. Principe de l'élevage

La méthode la plus sûre permettant de lier une espèce parasitoïde à un hôte est l'élevage, ou « mise en émergence ». En effet, le suivi de l'hôte jusqu'à l'émergence de l'imago ou d'éventuels parasitoïdes permet de mettre en évidence l'association entre une espèce hôte et une espèce parasitoïde. De plus, cela peut aussi donner d'autres informations, comme le type de parasitisme, oophage ou larvaire.

C'est donc cette méthode qui a été utilisée pour préciser les connaissances des parasitoïdes de *Bruchus signaticornis*.

2.1.2. Mise en place de l'élevage

Dans le cas présent, deux élevages ont été mis en place. Le premier consiste à mettre en émergence des gousses de lentille présentant des œufs de *B. signaticornis* à leur surface. Il permet d'étudier plus en détail le parasitisme oophage. Le second consiste à mettre en élevage des graines de lentille à un stade plus avancé, afin cette fois de faire ressortir les espèces parasitoïdes larvophages.

La Figure 4 illustre le protocole suivie. La mise en émergence est faite dans des bouteilles en plastique de 1,5 litre. La bouteille est percée d'environ 500 trous de très faible diamètre, afin de permettre une aération du contenu, mais d'éviter une fuite des parasitoïdes. Le goulot est fermé par un bouchon percé, relié de manière étanche à un flacon collecteur. Le flacon contient un fond d'alcool, afin de conserver les insectes émergents. Une étiquette est placée sur le flacon, pour avoir accès aux données liées à l'échantillon. Les bouteilles sont ensuite placées dans un carton, avec le flacon collecteur dépassant à l'extérieur : les insectes, attirés par la lumière, vont ainsi tomber dans le fond d'alcool pour pouvoir être récupérés. Ils sont ensuite conservés en alcool, avec les données de l'échantillon ainsi que la date d'émergence, pour être identifiés.

Les cartons d'émergence sont placés dans une pièce à température ambiante, à l'écart des rayons du soleil. Un suivi horaire de la température et de l'humidité est réalisé grâce à un enregistreur de données.

Il est fait attention à ne pas introduire d'autres organismes dans la mise en élevage qui pourraient potentiellement aussi être parasités, et donc ainsi fausser l'interprétation des émergences.



Figure 4. Mise en émergence des gousses de lentille. En haut, bouteille d'élevage. Au centre, flacons collecteurs étiquetés. En bas à gauche, vue d'ensemble des mises en émergence.

Elevage des œufs

Pour l'élevage des œufs, le prélèvement se fait en vérifiant la présence d'œufs sur les gousses en parcelle. Les prélèvements ont lieu durant le mois de juin, suivant l'état de développement de la lentille. Les œufs de *B. signaticornis* sont orangés, en ovale allongé, et présentent une forte sculpture de leur paroi externe, sauf sur la partie en contact avec la gousse. Ils mesurent en moyenne 0,57 mm de long. Ils sont collés par la femelle sur n'importe quelle partie de la gousse (voir Figure 6 page 23).

Lors de la réception des gousses, l'observation et le comptage n'ont pas été réalisés pour toutes les parcelles, pour des questions de temps. Deux protocoles ont donc été suivis.

- Le premier a consisté à mettre directement les gousses reçues en émergence, sans comptage ni observation autre que la vérification de l'absence d'autres organismes vivants à la surface des gousses.
- Le second, plus complet, a consisté à examiner au laboratoire tous les œufs sous la loupe binoculaire. Ceci afin de réaliser un comptage et de distinguer les œufs pleins de ceux déjà éclos, de ceux vides (supposés présenter un défaut de développement) et de ceux déjà parasités. Les gousses sont ensuite placées en émergence dans le dispositif décrit ci-dessus.

Après au moins 30 jours de mise en émergence (et jusqu'à 70 jours pour certaines parcelles), les gousses ont été sorties des bouteilles, afin de vérifier si des émergences avaient eu lieu sans que les insectes ne soient allés dans le flacon collecteur. Pour le second protocole, en plus de cette vérification, les œufs ont été réétudiés sous la loupe binoculaire. L'objectif étant de retrouver les œufs comptés initialement et de les classer de nouveau.

Elevage des larves

Les gousses sont prélevées en parcelle, environ dix jours avant la récolte, c'est-à-dire dans la première moitié du mois de juillet. L'objectif de cette collecte plus tardive que la précédente est de mettre en émergence des graines plus développées, et de pouvoir permettre à de potentiels parasitoïdes de venir pondre jusqu'à un stade avancé dans la larve ou la nymphe des bruches. Au laboratoire, les gousses sont passées sous la loupe binoculaire afin de vérifier qu'une émergence de parasitoïde ou de bruche n'a pas déjà eu lieu, afin que les calculs de taux de graines bruchées ou parasités soient corrects. Elles sont ensuite placées dans le dispositif d'émergence.

Après 3 à 5 semaines de mise en émergence, les bouteilles ont été ouvertes afin d'égoutter les lentilles. Cela permet de compter le nombre de graines mises en élevage pour chaque parcelle et de suivre l'évolution des sorties d'émergence.

2.1.3. Répartition des données

La mise en élevage des gousses ayant pour objectif de maximiser les observations de différentes espèces de parasitoïdes, il est par conséquent préférable d'avoir des prélèvements provenant de diverses localités, dans des situations paysagères et parcellaires variées. Pour cela, le protocole de prélèvement (Annexe 4 page 55) a été envoyé à plusieurs opérateurs de terrain, dans divers bassins de production de lentilles. La carte (Figure 5 page suivante) représente la répartition des points de prélèvement, pour les œufs et pour les larves. La collecte des œufs est le prélèvement le plus chronophage sur le terrain, ce qui explique pourquoi elle a été moins exécutée par les opérateurs que la collecte des larves.

Le protocole de prélèvement permet la collecte d'un nombre important de gousses, au moins 200 par parcelle. De plus, afin d'augmenter la probabilité d'avoir des œufs ou des larves, le prélèvement de gousses est effectué à différents endroits de la parcelle : en bordure et à 10 m vers l'intérieur, en plusieurs points.

Chaque prélèvement s'accompagne d'une fiche de relevé (Annexe 5 page 58) qui permet de préciser la localisation de la parcelle, son itinéraire technique et son intégration dans le paysage, afin de pouvoir analyser les résultats des émergences et proposer des pistes d'explications à d'éventuelles différences observées.

En plus de la participation des opérateurs de terrain, des parcelles de lentilles proches d'Orléans (Tournois, Loiret, figuré orange sur la Figure 5) ont pu être prospectées et étudiées chaque semaine, du 29 avril au 8 juillet. Les prélèvements dans ce secteur sont donc beaucoup plus importants et réguliers, permettant un suivi plus précis (1 700 œufs observés et 360 gousses prélevées avant la récolte).

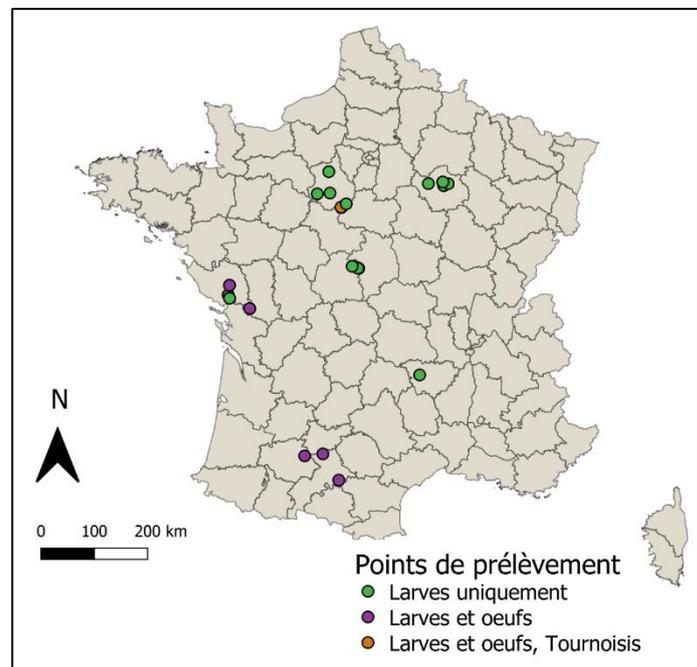


Figure 5. Carte de répartition des points de prélèvement des gousses de lentilles, pour la partie œufs et larves du protocole.

2.2. Résultats des mises en émergence

2.2.1. Un parasitisme oophage existant mais très réduit

2.2.1.1. Des émergences peu nombreuses

Pour la mise en élevage des œufs, le protocole 1, sans comptage, a été suivi pour 14 prélèvements. Le protocole 2, avec comptage, a été réalisé pour 20 prélèvements, principalement ceux de Tournois (16 sur 20).

Les organismes qui ont émergé des mises en élevage (protocoles 1 et 2 confondus), sont donnés dans le Tableau 4 (page suivante). L'identification a été réalisée au rang taxonomique le plus précis possible.

La mise en émergence des 34 prélèvements n'a permis de mettre en évidence que 10 organismes émergents, dont 5 ne sont pas des hyménoptères parasitoïdes, mais d'autres insectes pouvant se développer sur la lentille. Il s'agit de diptères Cecidomyiidae, dont une espèce se développe dans les bourgeons floraux de lentille (Kolesik 2000), d'un puceron, régulier dans cette culture, et d'un psoque, insecte détritophage fréquent. Ceci montre que, malgré une inspection attentive des gousses mises en émergence, il est difficile d'assurer l'absence d'organismes autres que les œufs de bruche. Une méthode

envisageable serait de décoller chaque œuf et de ne mettre en émergence qu'eux. Cependant, cette manipulation peut être délicate et l'impact sur le bon développement de la larve ou du parasitoïde oophage potentiel n'est pas connu.

Les 5 hyménoptères parasitoïdes émergés se répartissent en deux familles. Le premier appartient à la famille Figitidae, super-famille Cynipoidea. Ce sont des hyménoptères associés aux galles formées sur les plantes, aux pucerons et aux diptères Schizophora (Buffington & al. 2007). Il est ici à mettre en lien avec les pucerons et non la bruche.

Les 4 autres ont tous été identifiés comme appartenant à la famille des Eulophidae, et à deux taxons différents. Le genre *Diglyphus* est représenté par 3 des 4 individus. Il ne comprend que des espèces qui sont liées à des hôtes mineurs de feuilles, principalement des Agromyzidae (Diptera), mais aussi d'autres diptères et des lépidoptères (Yefremova et al. 2011). Ce n'est donc pas un biorégulateur de la bruche.

Le dernier individu émergé appartient à la sous-famille Entedontinae, soit au genre *Neochrysocharis*, dont les espèces sont parasitoïdes de larves de diptères mineuses de feuille (Fisher et La Salle 2005), soit au genre *Teleopterus*, dont la biologie des espèces connues mentionne pour hôtes des larves de coléoptères Chrysomelidae (Hansson 1996). Cependant, la taille et l'état du spécimen ne permet pas une identification plus précise. Son lien avec la bruche est donc considéré comme potentiel, mais à confirmer.

Tableau 4. Liste des organismes ayant émergé des mises en élevage d'œufs.

Parcelle	Modalité	Date de collecte	Taxon émergé	Effectif
MB_LEN_02	0	08/07/2020	<i>Diglyphus sp.</i> (Hymenoptera, Eulophidae)	2
MB_LEN_02	0	08/07/2020	Entedontinae (Hymenoptera, Eulophidae)	1
DD_LEN_03	0	19/06/2020	Figitidae (Hymenoptera)	1
DD_LEN_03	0	19/06/2020	<i>Diglyphus sp.</i> (Hymenoptera, Eulophidae)	1
GR_LEN_01	10	19/06/2020	Aphididae (Homoptera)	1
DD_LEN_02	10	17/06/2020	Cecidomyiidae (Diptera)	3
DD_LEN_02	0	17/06/2020	Psocoptera	1

Ce très faible nombre d'émergence peut avoir deux explications. Soit très peu d'œufs de *B. signaticornis* sont biorégulés par les parasitoïdes, soit le protocole mis en place ne permet pas de mettre en évidence ces insectes. En effet, leur taille extrêmement réduite, inférieure au millimètre, pourrait leur permettre de s'échapper des bouteilles de mise en émergence. Afin de tester ces hypothèses, un comptage et une classification des œufs post émergence ont été réalisés. Il faut noter que les émergences ont eu lieu pour les parcelles du protocole 1 et que le comptage est réalisé pour le protocole 2.

2.2.1.2. Des œufs qui apparaissent comme étant peu sujets au parasitisme

Différentes catégories d'œufs

Lors de l'examen des œufs à la loupe binoculaire pour le second protocole, trois catégories ont été faites. Soit l'œuf était plein (« plein »), soit il était vide et intact (« intact »), soit il était déjà éclos (« éclos ») (Figure 6, a à c). Il est fait l'hypothèse que les œufs vides et intacts présentaient un défaut de développement et étaient avortés, leur état n'étant pas lié à l'action d'un biorégulateur. Sur les 2 448

œufs comptés, 439 étaient déjà éclos et 49 étaient vides intacts lors de leur mise en émergence, ce qui représente respectivement 17,9 % et 2 % du total.



Figure 6. Les catégories d'œufs de *Bruchus signaticornis* utilisées. a, œuf plein. b, œuf intact. c, œuf éclos. d, œuf mort. e, œuf enfoncé. f, œuf à la coloration inhabituelle. g, œuf parasité. h, œuf semblant parasité. i, œuf semblant parasité, de dessous.

Pour le comptage et l'observation des œufs après la mise en émergence, en plus des trois catégories précédemment décrites, 4 ont été ajoutées (Figure 6, d à g). Des œufs ont été retrouvés avec la larve de bruche bien formée, mais morte dans l'œuf (« mort »). Des œufs ont été observés avec les parois enfoncées, mais sans présence de trou (« enfoncé »). Il est supposé que soit ils ont été abimés lors des manipulations, soit qu'ils ont montré un défaut de développement, se rapprochant alors de la catégorie « intact ». D'autres œufs présentaient une coloration inhabituelle. Il s'agit probablement d'œufs qui ont eu un arrêt de développement (catégorie « coloration »). Enfin la catégorie « parasité » inclus les œufs présentant un trou de sortie imputé à un parasitoïde.

Lors du deuxième comptage, de nombreux œufs présentaient un trou de sortie découpé dans la paroi latérale de l'œuf, alors que la larve de bruche éclos en perforant la paroi en contact avec la gousse, laissant le reste de l'œuf intact. Ces observations laissent penser à des œufs parasités (Figure 6, h). Cependant, ces œufs présentaient aussi la paroi collée à la gousse perforée, comme un œuf éclos, mais sans trou dans la gousse, avec parfois la surface de la gousse juste légèrement entamée (Figure 6, i). De plus, ces observations ont été effectuées sur les gosses collectées le plus précocement et entièrement séchées lors de la mise en émergence. Ensuite, de nombreuses larves de bruche 1^{er} stade ont été retrouvées mortes au fond des bouteilles d'émergence. Enfin, le diamètre du trou latéral avait le même diamètre qu'un trou d'entrée dans la gousse d'une larve de bruche.

Ces observations amènent à la conclusion que la larve de bruche a essayé de perforer la paroi de la gousse. Cependant la gousse très jeune ayant vite desséchée, la larve n'a pas réussi à creuser et est sortie de l'œuf en perforant la paroi latérale. Elle est ensuite morte, faute de pouvoir se nourrir. Ces œufs, qui représentent 5,8 % des œufs recomptés, ont donc été inclus dans la catégorie « éclos ».

Des résultats qui montrent peu d'œufs parasités

Le tableau 5 résume les résultats des comptages réalisés sur les œufs, selon les catégories discutées dans le paragraphe ci-dessus. Les détails par parcelle sont accessibles dans l'Annexe 6 page 59.

Tableau 5. Pourcentage de chaque catégorie d'œuf, données sur 2 399 observations.

Catégorie d'œuf	Pourcentage par rapport au nombre d'œufs initial
Éclos	90,20
Intact	1,46
Mort	3,58
Enfoncé	1,50
Coloration inhabituelle	0,88
Parasité	0,08
Non retrouvé	2,29
Total	100

Le comptage réalisé après émergence montre, dans certains cas, une somme des œufs retrouvés qui dépasse la somme initiale. Cela peut s'expliquer par des œufs peu visibles, cachés sur les gousses, qui ont échappé au premier comptage. Dans d'autres cas, certains œufs n'ont pas pu être retrouvés, sûrement car détachés de la gousse lors des manipulations. Bien qu'imparfaite, cette méthode a permis de retrouver 2 344 œufs sur les 2 399 initialement comptés (les œufs vides intacts initialement n'ayant pas été mis en émergence).

La grande majorité des œufs, plus de 90 %, a présenté un développement normal et a abouti à l'éclosion d'une larve de bruche (Tableau 5). Une autre partie, 7,4 %, comprend des œufs qui n'ont pas évolué de manière normale et pour lesquels ni la larve de bruche ni un parasitoïde n'a émergé. Enfin 2 œufs sont considérés comme ayant été parasités, ce qui est un pourcentage très faible du total.

2.2.2. Un parasitisme larvaire plus important que le parasitisme oophage

2.2.2.1. Des émergences de bruches et d'hyménoptères parasitoïdes

***Bruchus signaticornis*, l'espèce émergente majoritaire**

Le protocole de mise en émergence pour suivre le parasitisme larvaire a été réalisé pour 56 prélèvements, parmi lesquels 12 ont été réalisés à Tournaisis. Sur ces 12 prélèvements, certains ont été réalisés très tôt par rapport au stade de développement de la lentille, le 17 et le 24 juin. Il s'agit de prélèvements réalisés pour suivre le parasitisme des œufs, mais pour lesquels des graines de lentille ont pu se développer, bien que présentant une taille inférieure à la normale. Les 56 prélèvements représentent 12 668 graines de lentille, soit 226 en moyenne par prélèvement.

Le tableau 6, page suivante, présente les taxons qui ont émergé et leurs effectifs. Sur les 1 866 individus émergents, 1 774 sont des *B. signaticornis*, ce qui représente 95,1 % des émergents. Aucune autre espèce de bruche n'a été identifiée. Ceci est cohérent avec le fait que *B. signaticornis* est le ravageur principal des cultures de lentille (Chapelin-Viscardi et al. 2019). Viennent ensuite les Hyménoptères parasitoïdes, avec principalement deux taxons : le genre *Triaspis* (49 individus) et le genre *Pteromalus* (33 individus). Les autres hyménoptères, *Sigmophora*, *Idiomacromerus* et Trichogrammatidae, sont présents en bien plus faible nombre, respectivement 3, 3 et 1 individus. Le reste est composé d'un acarien et de deux diptères Cecidomyiidae.

Tableau 6. Liste des organismes ayant émergé des mises en élevage de larves.

Taxon émergé	Effectif
Acarien	1
Cecidomyiidae (Diptera)	2
<i>Pteromalus sequester</i> (Hymenoptera)	33
<i>Sigmophora</i> sp. (Hymenoptera)	3
<i>Idiomacromerus</i> (Hymenoptera)	3
<i>Triaspis</i> cf. <i>thoracica</i> (Hymenoptera)	49
Trichogrammatidae (Hymenoptera)	1
<i>Bruchus signaticornis</i> (Coleoptera)	1774
Total	1866

Des émergences pas toutes liées à la bruche

Le cas des Cecidomyiidae a été traité au paragraphe 2.2.1.1. L'acarien peut être lié à de nombreux organismes, mais il n'a pas été identifié et n'a été trouvé qu'une fois.

Parmi les hyménoptères parasitoïdes, les individus du genre *Sigmophora* ne sont pas associés à la bruche. En effet, toutes les espèces de ce genre dont la biologie est connue s'attaquent aux diptères Cecidomyiidae (Ikeda 1999). Ceci est cohérent avec la présence de ces diptères, faible mais existante, dans les prélèvements.

L'individu trouvé de Trichogrammatidae n'appartient pas au genre *Uscana*, connu comme étant lié aux Bruchinae. Il n'a pas pu être identifié, mais son lien avec *B. signaticornis* est douteux.

Enfin, les trois individus du genre *Idiomacromerus*, famille Torymidae, sont, d'après la bibliographie existante, des parasitoïdes d'hyménoptères formant des galles des végétaux, et particulièrement des Aylacini, tribu de la famille des Cynipidae (Nieves et al. 2007). De plus, seuls ces trois spécimens ont été collectés, sur les 56 prélèvements réalisés. Cependant, ces individus semblent avoir émergé des graines de lentille, et le développement cryptique des larves de bruches peut être rapproché de celui des larves d'Aylacini. Le lien *Idiomacromerus* – *B. signaticornis* peut donc être considéré comme probable à confirmer.

2.2.2.2. Un lien parasitoïde - hôte vérifié

Les deux autres genres d'hyménoptères ayant émergé sont en revanche associés avec certitude à la bruche.

Les individus de *Triaspis* cf. *thoracica* (Ichneumonoidea, Braconidae) ont principalement été retrouvés morts dans les gousses non déhiscentes de lentille. Les hyménoptères ont découpé un trou de sortie dans la graine de lentille, mais probablement piégés par la gousse, ils n'ont pas pu sortir et sont morts. Quelques individus, dans des prélèvements pour lesquels certaines gousses se sont ouvertes, ont été récupérés dans les flacons collecteurs de mise en émergence. Les graines présentant un trou de sortie de *Triaspis* contiennent aussi le cocon dans lequel la larve s'est nymphosée. Le trou de sortie est un disque, découpé dans la paroi de la graine, sur l'une des deux faces (Figure 8 page suivante).

Les individus de *Pteromalus sequester* (Chalcidoidea, Pteromalidae) ont été récoltés dans les flacons collecteurs, mais aussi trouvés morts dans les bouteilles d'élevage. Les gousses et les graines de lentille présentent un trou de sortie rond, de diamètre inférieur à celui laissé par les *Triaspis*, et à plus forte raison par les *Bruchus*. Ils sont donc capables de perforer la graine et la gousse. Les graines parasitées

ont été ouvertes, et des restes de mue et de nymphe de *Bruchus* ont pu être observés. L'absence de cocon a aussi été notée, il ne s'agit donc pas d'hyperparasitoïde* de *Triaspis* comme cela aurait pu être le cas (Figure 7 page suivante).

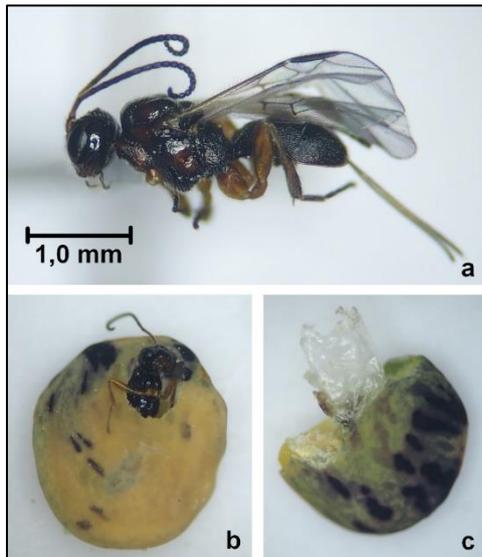


Figure 8. *Triaspis* cf. *thoracica*. a, femelle. b, individu émergeant d'une lentille. c, lentille ouverte laissant voir le cocon de la nymphose.

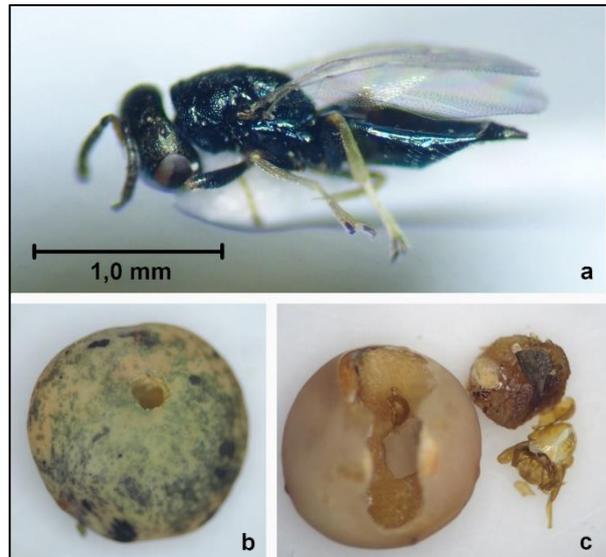


Figure 7. *Pteromalus sequester*. a, femelle. b, lentille avec trou d'émergence. c, lentille ouverte avec les reste de nymphe de bruche.

Le genre *Triaspis* est facilement identifiable, entre autres, par la carapace formée par les trois premiers tergites abdominaux fusionnés, avec cependant les deux sutures toujours visibles. En revanche, l'identification spécifique est beaucoup plus délicate, les révisions étant anciennes et le nombre d'espèces élevé (Snoflak 1952; Tobias 1986; Goulet et Huber 1993; Achterberg 1993). La coloration légèrement rougeâtre de la tête et du thorax, en plus d'autres critères comme la forme de la carapace et la nervation alaire, permet de rapprocher les 49 individus émergés de l'espèce *Triaspis thoracica* (Curtis, 1860). Les individus émergents de *Triaspis* seront dans la suite du rapport notés *Triaspis* cf. *thoracica*, afin de notifier cette incertitude d'identification. De manière générale, les espèces de ce groupe seraient à examiner plus précisément d'un point de vue taxonomique.

Le genre *Pteromalus* contient 371 espèces en Europe et l'identification requière du matériel et des compétences importantes (Klimmek et Baur 2018; Graham 1969). L'identification spécifique des spécimens collectés ici a été réalisée par G. Delvare, spécialiste des Chalcidoidea. L'espèce *Pteromalus sequester* Walker, 1835 est notamment caractérisée par un clypeus avec une marge antérieure très fortement entaillée.

2.2.3. Données complémentaires apportées par des mises en émergence réalisées en 2019

Au LEE en 2019, des gousses de lentille ont été collectées par S. Loiseau dans la commune de Tournois, dans le Loiret, le 8 juillet 2019. Les prélèvements ont été effectués en parcelle agricole et dans des repousses de lentilles, sur une parcelle semée l'année précédente (2018).

Les lentilles mises en émergence ont permis de faire émerger des individus de *B. signaticornis* et de deux espèces de parasitoïdes (Tableau 7). L'identification des parasitoïdes a été réalisée par P. Rousse et met en évidence les espèces *Triaspis thoracica* (Curtis, 1860) et *Dinarmus italicus* (Masi, 1922).

Tableau 7. Résultats des mises en émergence de graines de lentille de l'année 2019.

	Graines	<i>B. signaticornis</i>	<i>Triaspis thoracica</i>	<i>Dinarmus italicus</i>
Parcelle 1	200	66	2	0
Parcelle 2	179	94	0	0
Repousses	75	55	10	6

2.3. Analyses et comparaisons avec la liste des biorégulateurs établie

2.3.1. Un parasitisme oophage probable mais faible

D'après les résultats décrits dans la partie 2.2, le parasitisme oophage sur *Bruchus signaticornis*, dans les conditions de l'année 2020 et sur les prélèvements étudiés, est très réduit et ne semble pas permettre une régulation du ravageur. Il est cependant existant, ce que montre l'observation de deux œufs parasités. De plus, la bibliographie fait entre autres état du genre *Uscana*, famille Trichogrammatidae, qui se développe exclusivement dans les œufs de Bruchinae. Les émergences ne mettent pas en évidence ce genre, mais un autre taxon d'hyménoptère parasitoïde, appartenant soit au genre *Teleopteris* soit au genre *Neochrysocharis*, qui pourrait avoir un lien avec le parasitisme des œufs de *B. signaticornis*.

2.3.2. Trois espèces de parasitoïdes larvaires

Les mises en émergences de gousses de lentille réalisées en 2019 et 2020 permettent de mettre en évidence trois taxons : *Triaspis* cf. *thoracica*, *Dinarmus italicus* et *Pteromalus sequester*. Si les deux premiers sont bien connus comme parasitoïdes de *B. signaticornis* (voir partie 1.2.3) et sont ici confirmés par les émergences, le troisième n'apparaît pas dans la liste établie en première partie. Il s'agit donc d'une nouvelle interaction avec *B. signaticornis*. De plus, *P. sequester* est cité de trois autres espèces de *Bruchus* : *B. affinis*, *B. atomarius* et *B. pisorum*. L'observation du lien *P. sequester* – *B. signaticornis* permet de confirmer l'interaction entre *P. sequester* et les trois précédentes espèces citées. Les individus du genre *Idiomacromerus*, dont le lien avec la bruche n'est pas certain, ne sont pas traités ici.

Il est intéressant de noter que les deux taxons considérés comme les plus fréquemment liés à *B. signaticornis*, les *Triaspis* et les *Dinarmus*, ont été retrouvés lors des mises en élevage. Cependant, l'absence de *Dinarmus* dans les émergences de 2020, malgré 56 prélèvements dans 9 départements est étonnante. Cela peut s'expliquer par des prélèvements inadéquats, qui auraient été réalisés trop tôt, les espèces de ce genre se développant sur des larves au dernier stade ou sur des nymphes (Rasplus 1989). Ce résultat peut également s'expliquer par des facteurs environnementaux, géographiques ou climatiques, qui ne sont pas analysables dans cette étude.

Ces mises en émergences de gousses permettent de mettre en lumière les progrès à réaliser dans la connaissance des parasitoïdes de *B. signaticornis* et des *Bruchus* plus largement. Certaines espèces parasitoïdes connues ne sont pas retrouvées, alors que des espèces potentiellement nouvelles pour cet hôte sont identifiées.

3. Ecologie des biorégulateurs

La synthèse des données bibliographiques ainsi que la mise en élevage de gousses de lentille, décrites dans les paragraphes précédents, permettent de mettre en évidence la présence de plusieurs espèces d'hyménoptères parasitoïdes liées à l'espèce *Bruchus signaticornis*.

Cette approche taxonomique est une étape préalable essentielle, mais il est ensuite important de s'intéresser à l'écologie de ces espèces biorégulatrices, dans l'objectif de préciser certaines informations. Leurs exigences écologiques, leurs répartitions géographiques, leurs périodes d'activités, les taux de parasitisme, sont autant de données qu'il est nécessaire de pouvoir appréhender, afin entre autres de pouvoir proposer des pistes de gestion dans l'objectif de l'utilisation de ces espèces en lutte biologique.

Cette partie porte principalement sur les trois taxons issus des mises en émergence : le genre *Triaspis*, le genre *Pteromalus* et le genre *Dinarmus*.

3.1. Données disponibles

3.1.1. Données issues de la bibliographie

Lors de l'établissement de la liste des biorégulateurs liés à *Bruchus signaticornis*, de nombreux ouvrages et articles ont été consultés. Pour les parasitoïdes, concernant un grand nombre d'entre eux, il s'agit soit d'articles purement taxonomiques, s'attachant à décrire de nouvelles espèces (Koldas et al. 2018; Papp 2004), soit de listes ou de catalogues, donnant une information géographique ou un lien avec une espèce hôte (de Luca 1965; Pérez-Benavides et al. 2019). Les données sur la biologie des espèces sont moins nombreuses, mais elles existent néanmoins et fournissent alors des informations précieuses (Rasplus 1989).

3.1.2. Etudes de piégeage par tente Malaise

Depuis 2018, en lien avec l'ANILS, le LEE étudie la phénologie de *Bruchus signaticornis*. A cette fin, des piégeages de la faune volante ont été effectués, en utilisant le dispositif des tentes Malaise* (TM). Ce type de piège est installé en bord de parcelles non traitées de lentilles, et permet d'intercepter de manière continue le vol des insectes, qui se retrouvent collectés dans un flacon d'alcool (Figure 9).



Figure 9. Dispositif de piégeage tente Malaise, disposé en parcelle de lentille. Cliché : J.-D. Chapelin-Viscardi.

Le dispositif d'étude

Ces dispositifs ont été installés dans 5 bassins de production de lentilles : l'Aube, le Berry (département de l'Indre), le Gers, la Haute-Loire et la Vendée. Dans chaque bassin, 3 TM ont été installées sur des parcelles proches, afin d'avoir des répliques ayant des conditions climatiques similaires, sinon proches.

Les pièges ont été actifs d'avril à début juillet, en 2018, 2019 et 2020 (le bassin du Gers n'ayant pas été suivi en 2020), et ont permis de suivre la dynamique des bruches.

Tous les fonds de pièges, c'est-à-dire la faune autre que celle étudiée jusqu'ici, ont été conservés au LEE, en étant regroupés par semaine de piégeage.

Utilisation des données pour étudier les biorégulateurs

Les fonds de pièges de cette étude ont été sortis et triés, dans l'objectif d'isoler les parasitoïdes de *B. signaticornis*. Ces manipulations ayant été réalisées avant les résultats des mises en émergence, la connaissance des parasitoïdes à cette période était celle qui a résulté de l'étude de la bibliographie. Lors du tri des pièges, tous les hyménoptères parasitoïdes d'une taille cohérente avec celle de la bruche ont été isolés. Cependant, l'identification complexe des hyménoptères chalcidiens, qui nécessite du temps et des connaissances importantes, n'a pas pu être réalisée. Ainsi, seuls les individus du genre *Triaspis* (hyménoptère braconide) et du genre *Dinarmus* (hyménoptère chalcidien lié avec certitude à la bruche et relativement facilement identifiable) ont été relevés (Figure 10).



Figure 10. Fond de piège étudié. Indiqué par la flèche rouge, un individu de *Triaspis*, hyménoptère parasitoïde recherché.

Des données sont donc disponibles sur deux genres de parasitoïdes retrouvés en parcelles de lentilles, ainsi que sur leurs effectifs, le tout étant relié à une date, par fréquence hebdomadaire. De plus, la phénologie de la plante-hôte et des données sur *B. signaticornis* sont accessibles et peuvent être mises en parallèle, apportant des informations supplémentaires.

Données utilisées

Les bassins du Berry et de la Haute-Loire ont été étudiés pour 2018, 2019 et 2020, le Gers pour 2018 et 2019, et l'Aube pour 2018 et 2020, l'année 2019 présentant un défaut de protocole. Enfin, la Vendée a été étudiée uniquement pour 2019, pour des raisons de temps disponible.

3.1.3. Observations issues des mises en émergences

L'analyse des élevages, décrits dans la partie 2, permet notamment d'obtenir des informations sur le taux de parasitisme. En effet, le protocole suivi permet de connaître le nombre de graines, le nombre de *B. signaticornis* émergées et les effectifs de parasitoïdes retrouvés. Ces taux de graines bruchées et de parasitisme sont associés à des données sur la conduite et le paysage environnant les parcelles sur lesquelles les prélèvements ont été effectués. L'objectif est de pouvoir mettre en lien les observations avec la gestion sur le terrain.

De plus, diverses observations effectuées lors des émergences apportent des précisions sur l'écologie des biorégulateurs.

3.2. Apports sur l'écologie des parasitoïdes

Cette partie rassemble les résultats et les analyses des données décrites ci-dessus. Chaque paragraphe détaille un résultat qui permet de développer les connaissances sur la biologie des espèces de parasitoïdes de *B. signaticornis*.

3.2.1. Des parasitoïdes larvaires qui ont différentes stratégies de ponte

Il existe différentes stratégies de ponte chez les parasitoïdes. Leurs œufs peuvent être pondus dans l'œuf, la larve, la nymphe, voire l'adulte de l'hôte. Il est intéressant de connaître cette stratégie, afin de mieux comprendre la biologie de l'espèce.

3.2.1.1. Un parasitisme ovo-larvaire chez *Triaspis cf. thoracica*

Concernant le genre *Triaspis*, le parasitisme ovo-larvaire peut être suspecté. Dans ce cas, le parasitoïde pond dans l'œuf de l'hôte, et la larve se développe en parallèle de la larve de l'hôte. Ce type de parasitisme est bien connu au sein des Braconidae. Il concerne des sous-familles entières, comme les Cheloninae, ou une partie seulement, comme chez les Helconinae, Alysiinae ou Opiinae. Concernant la tribu Brachistini de la sous-famille Helconinae, à laquelle appartiennent les *Triaspis*, le parasitisme ovo-larvaire est supposé, mais suffisamment argumenté pour seulement 5 espèces (Wharton 1993; Jimenez & al. 1997). Il a été montré chez *Triaspis cf. obscurellus* que les femelles pondent dans les œufs de Bruchinae et qu'elles sont capables de repérer les œufs déjà parasités : l'œuf est toujours pondu dans un œuf hôte sain (Parnell 1964).

Les premiers prélèvements d'œufs réalisés à Tournais étaient composés de 100 % d'œufs pleins, c'est-à-dire qu'aucun œuf de bruche n'avait encore éclos, aucune larve n'avait pénétrée dans les gousses. Or, les prélèvements du 17 juin 2020 présentaient des stades de maturation des gousses de lentille assez avancés pour permettre un développement à terme des bruches et des parasitoïdes. Après que le second comptage des œufs a été réalisé, les gousses ont été ouvertes pour mettre les graines de lentille en émergence. Des individus de *B. signaticornis* et des parasitoïdes de l'espèce *T. cf. thoracica* ont émergé de ces graines rabougries. Les graines d'où ont émergés les *T. cf. thoracica* sont aussi évidées que des graines bruchées et ne contiennent aucun reste de bruche.

Cette observation permet de conclure que les *T. cf. thoracica* pondent leurs œufs dans les œufs de bruche, et que la larve des parasitoïdes se développe en parallèle de celle de l'hôte. Lorsque la larve de *B. signaticornis* atteint son dernier stade de développement, elle est tuée par la larve du parasitoïde qui la consomme entièrement. Le parasitoïde se nymphose ensuite dans un cocon, puis sort de la graine en découpant l'enveloppe externe. Les *T. cf. thoracica* sont donc endoparasitoïde koinobionte solitaire.

3.2.1.2. Un parasitisme larvaire chez les *Dinarmus*

La biologie du genre *Dinarmus* a été bien étudiée. Les espèces sont des ectoparasitoïdes larvaires idiobiontes, solitaires ou grégaires : la femelle pond son œuf (ou ses œufs) à travers la gousse et la graine, sur une larve de bruche qu'elle a détectée et paralysée. L'œuf éclos ensuite et la larve du parasitoïde se développe sur la larve de la bruche (Rasplus 1989).

Les émergences de 2019 de *Dinarmus basalis* ne font état que d'un parasitoïde par graine de lentille. Cette espèce serait donc parasitoïde solitaire, en tout cas lorsque l'hôte est l'espèce *B. signaticornis*.

3.2.1.3. *Pteromalus sequester*, un parasitoïde larvaire

D'après les études traitant de la biologie de l'espèce *Pteromalus sequester*, il s'agirait d'un ectoparasitoïde larvaire idiobionte, dont la larve se développe sur la larve ou la nymphe de l'hôte. La

femelle paralyse l'hôte avant de pondre, sinon l'hôte parvient à tuer l'œuf du parasitoïde déposé sur lui (Parnell 1964). Les observations réalisées lors des mises en émergence confirment ces données : les individus ont émergé des collectes de larves et aucun des collectes d'œufs (pas comme pour les *Triaspis*, voir partie 3.2.1.1) et des restes de nymphes de bruches ont été retrouvés dans les graines de lentille parasitées.

Ces observations permettent de conclure que pour les parasitoïdes de *B. signaticornis*, au moins deux modes de développement très différents existent. Certains parasitoïdes interviennent lors du stade « œuf » des bruches, alors que d'autres sont actifs au moment du stade « larve » voire « nymphe ». Il peut être supposé que les parasitoïdes larvaires puissent reconnaître les larves de bruches déjà parasitées par une espèce parasitoïde ovo-larvaire ou larvaire, afin d'éviter de pondre dans une larve déjà parasitée, comme cela est démontré pour d'autres espèces (Jaloux 2004). Cependant, cela reste à mettre en évidence avec les espèces en présence ici.

3.2.2. Une répartition géographique difficile à estimer

Une identification taxonomique parfois complexe

L'identification spécifique des parasitoïdes est un préalable à l'estimation de leur répartition géographique. Cependant cette identification est souvent peu abordable pour ce groupe, ce qui réduit fortement le nombre de données de répartition disponibles. En effet, dans le cas du genre *Triaspis*, la difficulté d'identification des espèces, par manque de documentation et de connaissance, ne permet pas de définir pour chaque espèce l'aire de répartition. C'est aussi le cas du genre *Pteromalus*. Pour les *Dinarmus*, genre moins diversifié et plus étudié, le problème d'identification se pose moins.

Les données de répartition des espèces sont donc peu fréquentes, et dans de nombreux cas, peu précises. Ainsi, dans la révision du genre *Triaspis* (Snoflak 1952), il est écrit « leur distribution géographique est indiquée très généralement, p. ex. 'Europe'. ». Il existe parfois des catalogues nationaux qui listent les espèces présentes sur le territoire, comme en Allemagne (Belokobylskij et al. 2003). En France, un tel document n'existe pas pour les groupes considérés ici. De plus, dans les catalogues, il s'agit souvent de la présence ou de l'absence au niveau national, sans plus de détails.

Des données ponctuelles

Les données collectées lors de ce stage permettent de mieux appréhender la distribution en France des taxons considérés, mais n'apportent que quelques données ponctuelles.

Concernant l'espèce *Triaspis* cf. *thoracica*, elle a été retrouvée dans les émergences de parcelles de 7 départements : Eure-et-Loir, Haute-Garonne, Gers, Indre, Loiret, Tarn-et-Garonne et Vendée. Dans la bibliographie, elle est citée de l'ouest de la zone paléarctique, du Portugal jusqu'en Russie, et aussi mentionnée d'Argentine et d'Uruguay (Tobias 1986; Koldas et al. 2018). Il est donc possible de penser que cette espèce de parasitoïde, associée à de nombreuses espèces de *Bruchus*, a une très large répartition, qui suit celle de ses hôtes.

L'espèce *Dinarmus italicus* a été retrouvée dans les prélèvements réalisés en 2019 dans le département du Loiret. Son aire de distribution semble s'étendre sur tout le pourtour méditerranéen : l'espèce est citée d'Espagne, de France, d'Italie, de Croatie, de Grèce, de Turquie, d'Ouzbékistan et d'Algérie (Noyes 2019; Rasplus 1989). *D. italicus* semble avoir une répartition plutôt méditerranéenne, bien qu'elle se retrouve au moins jusque dans le Loiret.

Enfin, les individus du genre *Pteromalus* ont émergé en quasi-totalité de prélèvements effectués dans le sud-ouest de la France : Haute-Garonne, Gers, Tarn-et-Garonne (32 individus). Un seul spécimen provient d'un prélèvement d'Eure-et-Loir. Il s'agit pourtant d'une espèce fréquente, à très large distribution géographique : l'espèce est connue de tous les continents (Noyes 2019).

3.2.3. Des taux de parasitisme très variables et difficilement explicables

Les taux de parasitisme sont étudiés pour les émergences de 2020 et deux espèces de parasitoïdes sont prises en compte : *Triaspis* cf. *thoracica* et *Pteromalus sequester*. Sur les 56 prélèvements, 15 ont permis de mettre en évidence une émergence de parasitoïdes, les 41 autres ne présentent que des émergences de bruches, voire aucune émergence (Figure 11). Sur les 15 prélèvements parasités, 9 ne concernent que les *Triaspis*, 2 seulement les *Pteromalus*, et 4 les deux genres (dans ce cas, le taux de parasitisme tient compte des deux genres). Les taux de parasitisme ne sont pas liés aux taux de graines bruchées, et ils varient de 0 % à 60 %. Les valeurs des taux relevés lors des mises en émergences sont données dans le Tableau 8, page suivante. Seuls les prélèvements montrant un taux de parasitisme non nul sont inclus, le tableau complet est disponible en Annexe 7 page 60.

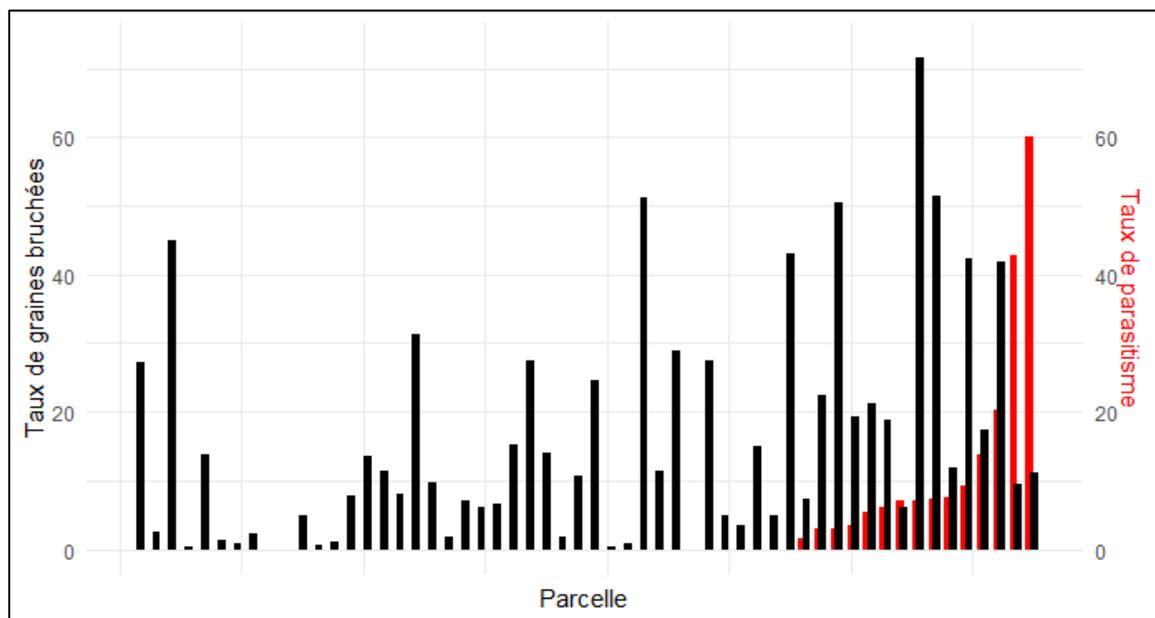


Figure 11. Taux de graines bruchées et de parasitisme pour chaque prélèvement mis en émergence.

Il est difficile de comparer ces taux de parasitisme avec ceux déjà cités dans la littérature. En effet, aucune référence n'a été retrouvée concernant *B. signaticornis*. En revanche, des informations sont disponibles sur *Bruchus rufimanus*, qui se développe dans la féverole, et un de ses parasitoïdes, *Triaspis luteipes*. Elle a été beaucoup étudiée en Afrique du Nord et les taux de parasitisme cités fluctuent en fonction des années et montrent aussi de grandes variations causées notamment par les différentes variétés de plante-hôte. Ainsi, des taux de parasitisme de 2,16 % et 6,34 % sont donnés pour 2013 et 2014 respectivement, en Algérie (Mezani 2016). Dans un même contexte mais pour des variétés différentes, des taux de 3 à 35 % ont été mis en évidence (Seidenglanz et Hunady 2016). Ces informations permettent de se rendre compte des taux de parasitisme et de leurs variations, en sachant que les résultats ne sont pas transposables aisément à une autre espèce dans un autre contexte.

Tableau 8. Résultats des mises en émergence, faisant apparaître le taux de graines bruchées et le taux de parasitisme observés.

Parcelle	Modalité	Date de collecte	Nombre de graines	Nombre de <i>Triaspis</i>	Nombre de <i>Pteromalus</i>	Nombre de <i>Bruchus</i>	Taux de graines bruchées	Taux de parasitisme
AM_LEN_01	50	31/07/2020	829	1	0	59	7,2	1,7
CS_LEN_01	0	09/07/2020	213	0	18	71	41,8	20,2
CS_LEN_01	10	09/07/2020	194	3	7	129	71,6	7,2
CS_LEN_02	0	09/07/2020	214	3	5	102	51,4	7,3
CS_LEN_02	10	09/07/2020	190	2	1	93	50,5	3,1
CS_LEN_03	0	09/07/2020	264	2	1	53	21,2	5,4
CS_LEN_03	10	09/07/2020	460	2	0	26	6,1	7,1
DD_LEN_01	0	14/07/2020	266	18	0	12	11,3	60,0
LG_LEN_02	0	07/07/2020	85	0	1	15	18,8	6,3
LG_LEN_03	0	07/07/2020	150	1	0	28	19,3	3,4
LG_LEN_03	10	07/07/2020	147	1	0	32	22,4	3,0
MB_LEN_01	10	24/06/2020	219	2	0	24	11,9	7,7
MB_LEN_02	0	17/06/2020	74	3	0	4	9,5	42,9
MB_LEN_02	0	24/06/2020	166	4	0	25	17,5	13,8
MB_LEN_02	0	08/07/2020	180	7	0	69	42,2	9,2

Il apparaît dans un premier temps que le nombre de parasitoïdes émergents est réduit, comparé au nombre de *B. signaticornis* (82 contre 1 774), et ne concerne qu'une petite partie des prélèvements. Le nombre de prélèvements et de parcelles étudiés est conséquent en termes de mise en émergence. Cependant il n'est pas suffisant pour réaliser un traitement statistique fiable, étant donné le nombre de variables existantes : localisation géographique, conduite de la parcelle, intégration dans le paysage, date de semis, etc. Malgré tout, il est possible de faire apparaître certaines tendances, qui permettent de cerner les variables qu'il serait intéressant d'étudier plus en détail ultérieurement.

Attention, il est nécessaire de prendre du recul par rapport aux tendances rapportées et à ne pas les interpréter comme des résultats d'études statistiquement vérifiées.

Des traitements chimiques qui semblent faire baisser le taux de graines bruchées mais nuire fortement aux parasitoïdes

L'analyse des itinéraires techniques de toutes les parcelles ne semblent pas faire ressortir de tendance. Cependant, l'étude des échantillons collectés à Tournaisis est intéressante. Les parcelles MB_LEN_01 et MB_LEN_02 concernent en réalité le même champ de lentilles. MB_LEN_01 correspond au champ conduit en agriculture raisonnée, avec traitements herbicides et insecticides. MB_LEN_02 correspond à une surface de 100 m² en bordure de parcelle, qui n'a pas subi de traitements, toutes choses étant égales par ailleurs.

Il apparaît que 2 *Triaspis* ont émergé de MB_LEN_01 pour 196 *B. signaticornis* et 1 424 graines. Pour MB_LEN_02, il y a eu 14 *Triaspis* pour 143 *B. signaticornis* et 575 graines. Le taux de graines bruchées est 2 fois supérieur dans la partie non traitée (27 % contre 14 %), mais le taux de parasitisme y est 9 fois supérieur : 8,9 % contre 1 %.

Il semblerait donc que si les traitements réalisés permettent de réduire le nombre de bruches dans les graines, les parasitoïdes sont bien plus impactés que les ravageurs. Ce point serait à étudier à l'avenir avec une étude circonstanciée.

Des prélèvements proches mais des résultats très différents, qui pourraient être expliqués par les plantes environnantes

Les prélèvements réalisés dans le département de la Vendée montrent des résultats très disparates. Sur les 3 parcelles étudiées, 18 parasitoïdes du genre *Triaspis* ont émergé d'une unique parcelle. Les autres n'ont pas permis de mettre en évidence des parasitoïdes, bien que les taux de graines bruchées soient comparables entre les parcelles. De plus, sur les deux échantillons de cette parcelle, seul celui collecté en bordure de parcelle contenait les 18 *Triaspis*, celui à 10 m à l'intérieur de la parcelle n'en ayant aucun.

Deux hypothèses sont retenues : soit la bordure de cette parcelle, contenant entre autres du laurier-cerise (*Prunus laurocerasus* L. 1753), plante potentiellement intéressante pour les *Triaspis* car produisant du nectar extra-floral, a permis d'attirer les parasitoïdes (Weber et al. 2015; Gillespie et al. 2016). Ils ont alors pondu de façon beaucoup plus importante dans les œufs de *B. signaticornis* à proximité immédiate. Cela suppose que les parasitoïdes ne se soient pas déplacés vers l'intérieur de la parcelle et soient restés en bordure. Cependant, les deux autres parcelles étudiées en Vendée étaient aussi bordées d'une haie, dont la composition botanique n'est pas connue, mais qui ne contenait pas de laurier-cerise.

La seconde hypothèse est que les prélèvements ne sont pas assez conséquents, et qu'il serait nécessaire de mettre en émergence beaucoup plus de gousses pour pouvoir comparer les sorties de parasitoïdes. Cependant, dans le cas présent, les 6 prélèvements contiennent en moyenne 268 gaines de lentille, ce qui est déjà conséquent.

3.2.4. Résultats et analyses de l'étude des fonds de pièges

3.2.4.1. Le genre *Triaspis*, présent en parcelle de lentille.

Lors des études des fonds de piège, des individus appartenant au genre *Triaspis* ont été retrouvés, en nombre plus ou moins important en fonction des années et des parcelles, représentant au total 1 027 spécimens. Seul ce genre a été identifié comme parasitoïde potentiel de *B. signaticornis*. Le genre *Dinarmus*, recherché aussi, n'a pas été retrouvé.

Cependant, il s'avère que plusieurs espèces différentes de *Triaspis* ont été interceptées. Leur identification étant jusqu'ici complexe (voir paragraphe 2.2.2.2), c'est le genre *Triaspis* en totalité qui a été analysé. Ce choix se justifie d'une part par les connaissances rassemblées dans la littérature sur la biologie du genre, qui est fortement associé aux coléoptères, principalement les Bruchinae, mais aussi les Curculionidae et Brentidae. D'autre part, les piégeages ont été réalisés en parcelles de lentille, les coléoptères majoritairement identifiés appartenant à l'espèce *B. signaticornis*. Enfin, bien qu'il s'agisse d'un résultat découlant de ce choix, les périodes d'apparition des *Triaspis* semblent fortement expliquées par des variables liées à la bruche.

3.2.4.2. Une détection en parcelle au moment de la floraison

La Figure 12 est un graphique représentant le nombre de *B. signaticornis* et de *Triaspis* interceptés par jour, respectivement en noir et en rouge. La ligne pointillée bleue verticale correspond à la date de pleine floraison, c'est-à-dire quand au moins 50 % des plants de lentille sont notés en fleur. Les données représentées Figure 12 sont celles de la TM1 du Berry, en 2019. La totalité des autres figures est présentée en Annexe 8 page 62. Il est important de noter que les échelles sont fixées pour un même bassin et une même année, mais qu'elles sont variables sinon.

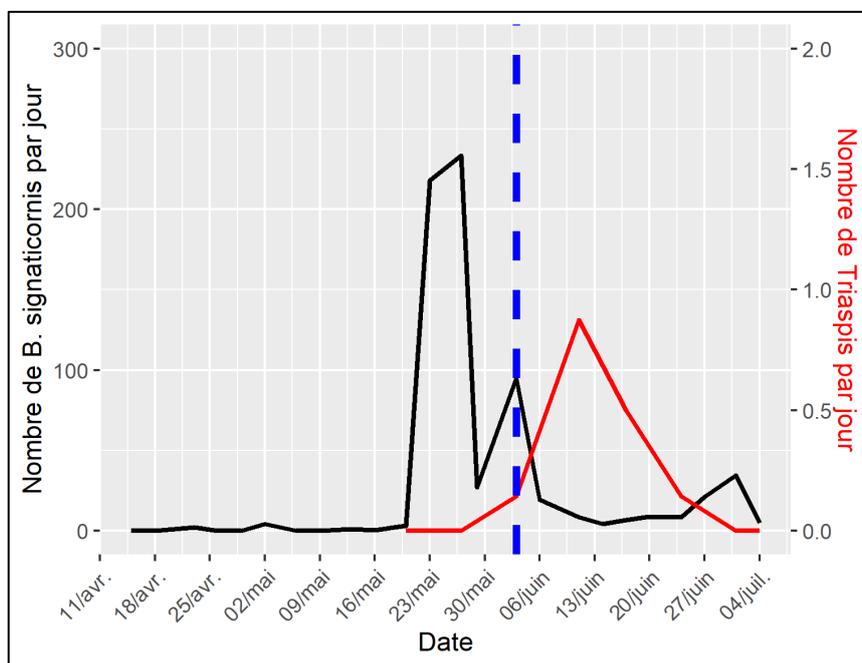


Figure 12. TM1 Berry 2019. Nombre de bruches et de *Triaspis* interceptés par jour, respectivement en noir et en rouge, en fonction de la date. La ligne verticale bleue symbolise la date de pleine floraison, pour laquelle au moins 50 % des plants de lentille sont en fleur.

Les résultats mettent en évidence que le pic d'apparition des *Triaspis* est plus tardif que celui des *B. signaticornis*, d'environ 2 à 3 semaines. Cela correspond globalement à la fin de la période de pleine floraison et à l'apparition des premières gousses dans les parcelles de lentilles. Pour le bassin du Gers cependant, cette relation est moins visible, ce qui peut être dû au plus faible nombre de *Triaspis* interceptés.

Cette information importante est à relier avec l'activité de la bruche. Dès l'apparition des premières gousses, les œufs du ravageur sont déposés. Le pic d'apparition des *Triaspis* s'expliquerait donc par la présence des œufs de bruche, dans lesquels les individus viennent pondre. Ceci est cohérent avec le fait qu'il s'agisse de parasitoïdes ovo-larvaires.

3.2.4.3. Des effectifs de bruches et de parasitoïdes non corrélés

Il peut être fait l'hypothèse que les effectifs de *B. signaticornis* ont un impact sur les effectifs de *Triaspis* interceptés dans les TM. La corrélation a été testée sur le logiciel RStudio avec le test de Pearson. Il en ressort que ces deux variables ne sont pas liées. Cependant, de nombreuses autres variables peuvent avoir un lien avec les effectifs de *Triaspis* : la météo, l'environnement des parcelles, la présence de sites d'hivernation, le taux de parasitisme de l'année précédente. L'étude des TM n'ayant pas été mise en place pour répondre à de telles hypothèses, il n'est pas possible de statuer sur le poids des différents facteurs. Une étude dédiée pourrait être envisagée à l'avenir.

3.2.5. Une écologie peu étudiée

3.2.5.1. Des éléments d'écologie épars et peu nombreux

Concernant le genre *Triaspis* (ex-*Sigalphus*), lorsque la plupart des espèces ont été décrites, leur biologie était encore inconnue. En 1835, Wesmael rédige une monographie sur les Braconidae de Belgique, et il écrit à propos du genre « on les trouve souvent sur les fleurs en ombelles. Leurs métamorphoses sont inconnues » (Wesmael 1835).

Les autres références retrouvées sur ce genre et sur *Dinarmus* ne permettent pas d'ajouter de nouveaux éléments.

3.2.5.2. Un sexe ratio très variable chez les *Triaspis*

Bien que le nombre d'individus de *Triaspis* ayant émergé élevages de lentilles soit peu élevé, il est tout de même de 49 individus. Sur ce total, 25 spécimens sont des femelles, 22 sont des mâles et 2 n'ont pas été sexés. Le sexe ratio des adultes émergents peut donc être considéré comme équilibré.

En revanche, l'étude des fonds de pièges montre des résultats très différents. Au total, 1 027 individus de *Triaspis* ont été comptés et sexés. Sur cette somme, un unique mâle a été trouvé, les 1 026 autres individus étant des femelles.

Il semble donc qu'entre l'émergence des adultes en août et leur présence en parcelles agricoles au printemps suivant, des modifications importantes de la composition de la population aient lieu. A cela s'ajoute l'observation en fin d'été d'un accouplement de *Triaspis* à la suite d'élevages (B. Frérot comm. pers.).

Ces éléments suggèrent que les accouplements ont lieu après l'émergence, avant l'hiver. Les femelles qui colonisent les parcelles au printemps suivant seraient donc déjà fécondées. Cette hypothèse est cependant remise en cause par le paragraphe suivant.

3.2.5.3. Un passage de l'hiver à préciser

L'hiver est une saison que les hyménoptères parasitoïdes peuvent passer sous forme d'œuf, de larve ou d'adulte. Les liens d'hivernation peuvent varier aussi, entre des cachettes dans le sol, dans des végétaux, dans des anfractuosités d'écorce, etc.

Une hypothèse selon laquelle les *Triaspis* passeraient l'hiver sous forme d'œuf

Concernant le genre *Triaspis*, une étude sur des individus à rapprocher de l'espèce *T. obscurellus* met en évidence que les adultes, issus de mises en émergence, ne survivent que trois semaines, même nourris avec du miel et de l'eau sucrée. Cela suppose que l'hiver n'est pas passé sous forme adulte, mais d'œuf ou de larve, dans un second hôte. Cet hôte se développerait rapidement au printemps, et les adultes de *Triaspis* émergents trouveraient une nouvelle génération de Bruchinae à parasiter (Parnell 1964).

Dans ce cas, les observations sur le sexe ratio permettraient de montrer que les femelles uniquement colonisent les parcelles de lentilles et que les accouplements ont lieu préalablement, hors parcelle. Cependant, ce point sur l'hivernation mérite d'être confirmé.

Une hivernation à l'état adulte chez *Pteromalus sequester*

Des observations réalisés dans les années 1960 permettent de montrer que l'espèce *P. sequester* passe l'hiver sous forme adulte, sur la plante-hôte des coléoptères parasités ou dans la végétation environnante (Parnell 1964).

Ces informations sur l'écologie des parasitoïdes, associées à l'étude des périodes d'apparition, des distributions géographiques et des autres éléments décrits ci-dessus, permettent de proposer des mesures visant à favoriser la présence des biorégulateurs en parcelles agricoles. Ces préconisations de gestion sont l'objet de la partie suivante.

3.3. Des pistes de favorisation des biorégulateurs de *B. signaticornis*

L'objectif d'étudier les espèces biorégulatrices de ravageurs de cultures, d'un point de vue taxonomique et biologique, est de pouvoir ensuite proposer des pistes de gestion afin de favoriser la régulation naturelle en parcelles agricoles.

3.3.1. Un parasitisme oophage à étudier

Le parasitisme oophage et le parasitisme larvaire ont deux implications différentes. Le parasitisme oophage permet de supprimer le ravageur avant qu'il ne pénètre dans le grain et régule ainsi la population de bruches tout en préservant le bon développement de la graine. Le parasitisme larvaire est dû à des hyménoptères qui se développent en parallèle de la larve de bruche et qui, après leur émergence, laissent une graine autant dévalorisée qu'une graine bruchée. Il permet de réguler la population de bruches, mais pas l'impact au cours de l'année.

Cependant, il s'avère que le parasitisme oophage est quasiment absent, tandis que plusieurs espèces parasitoïdes larvaires ont été mises en évidence. Il serait intéressant d'étudier le parasitisme des œufs de *B. signaticornis*, sachant que certains genres de parasitoïdes oophages sont associés à d'autres espèces de *Bruchus*, comme le genre *Uscana* (Hymenoptera : Trichogrammatidae).

3.3.2. Une lutte biologique par favorisation

Dans le cas de *B. signaticornis* ravageant les cultures de lentille en France, des parasitoïdes présents dans le milieu ont été mis en évidence. Par conséquent, la lutte biologique par favorisation est envisageable. Elle consiste à étudier le paysage dans et autour de la parcelle, afin de mettre en place des aménagements qui permettront de favoriser les parasitoïdes déjà présents et d'augmenter ainsi les taux de parasitisme (Eilenberg et al. 2001; Aubertot et Savary 2005)

La mise en place de tels aménagements nécessite une bonne connaissance des espèces biorégulatrices. En effet, des aménagements comme la mise en place de bandes enherbées riches en une plante bénéfique pour une espèce peut n'avoir aucun impact sur une autre espèce, parfois au sein du même genre (Ris et al. 2014). Ainsi, dans le cas des *Triaspis*, il serait nécessaire de clarifier la taxonomie du genre, avant d'identifier avec certitude les espèces d'intérêt pour la régulation de la bruche. Ensuite seulement, il sera important d'étudier les espèces végétales favorables aux espèces retenues.

3.3.3. Des aménagements variables

3.3.3.1. Une source de nectar à disposition des parasitoïdes

Un des principaux aménagements réalisés pour la favorisation des biorégulateurs consiste à mettre à disposition une source de nectar. Dans le cas des hyménoptères parasitoïdes, les larves se développent aux dépens d'un hôte, mais les adultes se nourrissent ensuite de nectar, qu'ils prélèvent sur différentes espèces de plantes. Les plantes produisant du nectar extra-floral (Weber et al. 2015), facilement accessibles aux petits organismes, sont particulièrement intéressantes dans ce cadre. L'observation faite d'un taux de parasitisme très élevé proche d'une haie contenant du laurier-cerise, à nectar extra-floral, si elle est confirmée, est intéressante pour la mise en place d'aménagements.

La source de nectar peut soit être apportée en tant qu'aménagement extra-parcellaire, souvent sous la forme de bande fleurie semée en bordure de parcelle. Mais il peut aussi s'agir de mettre en place une culture avec une ou des plantes compagnes. Il a été démontré que les cultures associées et les bandes fleuries permettent d'augmenter la diversité des prédateurs et des parasitoïdes, ainsi que le taux de parasitisme des ravageurs de cultures (Amala et Shivalingaswamy 2018; Khan et al. 1997). Ces cultures associées peuvent permettre d'attirer les biorégulateurs, mais il est aussi possible qu'elles puissent servir de répulsif contre *B. signaticornis*.

3.3.3.2. Des itinéraires techniques à adapter

Plusieurs paramètres entre en compte dans les itinéraires techniques et certains peuvent impacter la présence des biorégulateurs. Dans un premier temps, l'hivernation des parasitoïdes peut être perturbée. L'hiver peut être passé dans le sol, de la parcelle même ou à proximité, dans des végétaux en bordure de parcelle, ou encore comme œuf ou larve sur d'autres supports. Le travail du sol et la fauche des bordures sont des actions qui peuvent fortement nuire au développement des biorégulateurs.

Dans un second temps, l'utilisation de produits phytosanitaires est préjudiciable aux ravageurs, mais aussi, voire davantage, aux biorégulateurs. Les effets indésirables des pesticides sont plus importants sur les parasitoïdes que sur les prédateurs. Parmi les traitements effectués, les insecticides sont les plus impactants, suivis des herbicides, acaricides et fongicides (Theiling et Croft 1988). Dans le cas d'une utilisation de phytosanitaires, il est important de connaître les périodes d'apparition en parcelle des parasitoïdes, afin d'éviter d'appliquer de tels produits au moment de leur période de ponte.

3.3.3.3. De nombreux paramètres à prendre en compte

Mais il existe aussi de nombreux autres éléments qui influent sur la présence des biorégulateurs. La disponibilité en refuges hivernaux, en abris pour résister à de mauvaises conditions climatiques et en hôtes alternatifs sont importants à étudier. Il est nécessaire de penser les aménagements à l'échelle de l'écosystème, et non seulement pour une parcelle et une espèce (Gillespie et al. 2016).

L'ensemble de ces paramètres nécessitent là encore une connaissance fine des biorégulateurs, afin de mettre en place des aménagements qui correspondent aux nécessités des espèces. Dans le cas des *Triaspis* par exemple, le fait que les accouplements se déroulent en fin d'été et que seules les femelles semblent recoloniser les parcelles l'année suivante, sont des informations importantes. Il est alors supposé que la disponibilité en nectar proche des parcelles de lentilles en fin d'été soit un facteur favorable aux parasitoïdes. Mais l'incertitude qui pèse sur cette information (voir paragraphe 3.2.5.3) met en lumière la nécessité de développer les connaissances liées aux parasitoïdes.

Conclusion

Le travail présenté ici permet de mettre en évidence quelles espèces biorégulatrices sont liées à *B. signaticornis*. Une première étape a consisté à étudier les références disponibles dans la littérature. Des mises en émergences de lentilles ont ensuite permis de confirmer, voire de découvrir, certains liens entre des espèces parasitoïdes et la bruche de la lentille. Les résultats des mises en émergence et de piégeages effectués en parcelles de lentilles, ainsi que l'étude de la bibliographie, permettent d'apporter des données sur l'écologie de ces espèces.

Il est cependant ensuite nécessaire de développer les études sur les espèces biorégulatrices mises en évidence, en cherchant à mieux comprendre leur écologie : leurs sites d'hivernation, leurs hôtes autres que la bruche, leurs répartitions géographiques et leurs exigences environnementales. Ces données permettront ensuite de mettre en place des mesures de favorisation adaptées, comme des aménagements extraparcellaires, des semis de plantes compagnes, etc. L'objectif étant de pourvoir permettre, à terme, une régulation efficace de *Bruchus signaticornis* dans les parcelles de lentille.



Figure 13. *Bruchus signaticornis* hésitant à quitter sa graine de lentille, après avoir lu les conclusions de ce rapport.

Bibliographie

ACHTERBERG, C. van, 1993. Illustrated key to the subfamilies of the Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea). *Zoologische verhandelingen*. 1993. N° 283, pp. 1-189.

AMALA, U. et SHIVALINGASWAMY, T.M., 2018. Effect of intercrops and border crops on the diversity of parasitoids and predators in agroecosystem. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 2018. Vol. 28, n° 11, pp. 1-4.

ANILS, 2017a. La culture de Lentille. Les points clés de réussite du semis à la récolte. *Salon de l'Agriculture*. Paris. 2017.

ANILS, 2017b. *Itinéraire technique Lentille*. 2017.

ANTON, K.-W., 2010. Bruchinae, pp. 339-353. In : *Catalogue of Palearctic Coleoptera*. Apollo Books. pp. 924.

ASKEW, R. et COSHAN, P. F., 1973. A study of *Chrysocharis nephereus* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae) and allied species, with observations on their biology in Northern England. *Journal of Natural History*. 1973. N° 7, pp. 47-63.

ASKEW, R. et SHAW, M., 2005. Observations on the biology of *Baryscapus* (Hymenoptera: Eulophidae: Tetrastichinae) with description of a new koinobiont hyperparasitoid with delayed development. *Acta Soc. Zool. Bohem.* 2005. N° 69, pp. 11-14.

ASKEW, R., 1961. Some biological notes on the pteromalid (Hym., Chalcidoidea) genera *Caenacis* Förster, *Cecidostiba* Thomson and *Hobbya* Delucchi, with descriptions of two new species. *Entomophaga*. 1961. Vol. 6, n° 1, pp. 57-67.

AUBERTOT, J.-N. et SAVARY, S., 2005. Chapitre 4 : Stratégies de protection des cultures. In : *Expertise scientifique collective « Pesticides, agriculture et environnement »*. INRA/CEMAGREF.

BALACHOWSKY, A. S., 1962. *Entomologie appliquée à l'Agriculture*. Masson et Cie. Paris. 1.

BAUR, H., KRANZ-BALTENSPERGER, Y., CRUAUD, A., RASPLUS, J.-Y., TIMOKHOV, A. et GOKHMAN, V., 2014. Morphometric analysis and taxonomic revision of *Anisopteromalus* Ruschka (Hymenoptera: Chalcidoidea: Pteromalidae) - an integrative approach. *Systematic Entomology*. 2014. N° 39, pp. 691-709.

BELLOWS, T. S., 1985. Effects of host and parasitoid age on search behaviour and oviposition rates in *Lariophagus distinguendus* Förster (Hymenoptera: Pteromalidae). *Researches on Population Ecology*. 1985. N° 27, pp. 65-76.

BELOKOBYSKIJ, S. A., TAEGER, A., ACHTERBERG, C. van, HAESELBARTH, E. et RIEDEL, M., 2003. Checklist of the Braconidae of Germany. *Beiträge zur Entomologie*. 2003. Vol. 53, n° 2, pp. 341-435.

BITSCH, J., BARBIER, Y., GAYUBO, S. F., SCHMIDT, K. et OHL, M., 1997. *Hyménoptères Sphecidae d'Europe occidentale*. Faune de France. Paris.

BOE, A., JOHNSON, P. et MARTENS, A., 2019. Seed set and seed-insect interactions in natural and cultivated populations of purple prairie clover. *Proceedings of the South Dakota Academy of Science*. 2019. Vol. 98, pp. 105-118.

BOROWIEC, L., 1987. The genera of seed-beetles (Coleoptera, Bruchidae). *Bulletin Entomologique de Pologne*. 1987. Vol. 57, pp. 3-207.

BOUCEK, Z. et RASPLUS, J.-Y., 1991. *Illustrated key to West-Palearctic genera of Pteromalidae*. INRA. Paris. Techniques et Pratiques.

- BOYER, F., ULRYCH, R., SELLAM, M. et LEJEUNE, V., 2017. *Les auxiliaires de cultures. Biologie, écologie, méthodes d'observation et intérêt agronomique*. 4. Paris : ACTA.
- BUFFINGTON, M., NYLANDER, J. et HERATY, J., 2007. The phylogeny and evolution of Figitidae (Hymenoptera: Cynipoidea). *Cladistics*. 2007. N° 23, pp. 403-431.
- CARLES, J., 1939. Les Lentilles. *Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon*. 1939. Vol. 8, n° 6, pp. 146-153.
- CARLES, J., 1943. *La lentille du Puy*. Le Puy-en-Valais.
- CHAPELIN-VISCARDI, J.-D., DAUGUET, S., RIQUET, G., DUROUEIX, F. et RUCK, L., 2019. Bruches des légumineuses : gestion au champ et au stockage. *Phytoma*. 2019. N° 726, pp. 32-36.
- CURTIS, J., 1860. *Farm Insects. Being the natural history and economy of the insects injurious to the field crops of Great Britain and Ireland, and also those which infest barns and granaries, with suggestions for their destruction*. Blackie. Glasgow.
- DE LUCA, Y., 1956. Contributions à l'étude morphologique et biologique de *Bruchus lentis* Frôl: essais de lutte. *Annales de l'Institut agricole et des services de recherches et d'expérimentation agricoles de l'Algérie*. 1956. Vol. 10, n° 1, pp. 94.
- DE LUCA, Y., 1965. Catalogue des Metazoaires Parasites et Prédateurs de Bruchides (Coleoptera). *Journal of Stored Products Research*. 1965. Vol. 1, pp. 51-98.
- DELOBEL, A. et DELOBEL, B., 2003. Les plantes hôtes des bruches (Coleoptera Bruchidae) de la faune de France, une analyse critique. *Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon*. 2003. Vol. 72, n° 6, pp. 199-221.
- DELOBEL, A. et TRAN, M., 1993. *Les Coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes*. Orstom/CTA. Paris. Faune tropicale, 32.
- DELOBEL, A., 1989. *Uscana caryedoni* [Hym. : Trichogrammatidae]: possibilités d'utilisation en lutte biologique contre la bruche de l'arachide, *Caryedon serratus* [Col. : Bruchidae]. *Entomophaga*. 1989. Vol. 34, n° 3, pp. 351-363.
- DELOBEL, B. et DELOBEL, A., 2005. Les plantes hôtes des bruches (Coleoptera Bruchidae) : données nouvelles et corrections. *Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon*. 2005. Vol. 74, n° 7-8, pp. 277-291.
- DELUCCHI, V. et GRAHAM, M., 1956. La révision du genre *Trichomalus* Thomson (1878). *Beiträge zur Entomologie*. 1956. Vol. 6, n° 5, pp. 543-576.
- DELVARE, G., 2018. Reconnaissance des auxiliaires (hyménoptères parasitoïdes) en vue de leur utilisation en lutte biologique et intégrée. Montpellier. 2018.
- DOGANLAR, M., 1996. Notes on *Baryscapus* Förster, 1856, with description of four new species (Hymenoptera, Eulophidae, Tetrastichinae). *Entomofauna*. 1996. N° 14, pp. 381-389.
- EILENBERG, J., HAJEK, A. et LOMER, C., 2001. Suggestions for unifying the terminology in biological control. *BioControl*. 2001. N° 46, pp. 387-400.
- FERRON, P., 1999. Protection intégrée des cultures : évolution du concept et de son application. *Cahiers Agricultures*. 1999. Vol. 8, pp. 389-396.
- FISHER, N. et LA SALLE, J., 2005. A new species of *Neochrysocharis* Kurdjumov (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of serpentine leafminers (Diptera: Agromyzidae) in Southeast Asia. *Zootaxa*. 2005. N° 1044, pp. 27-34.
- GIBSON, G. et FLOATE, K., 2001. Species of *Trichomalopsis* (Hymenoptera: Pteromalidae) associated with filth flies (Diptera: Muscidae) in North America. *The Canadian Entomologist*. 2001. N° 133, pp. 49-85.

- GILLESPIE, M., GURR, G. et WRATTEN, S., 2016. Beyond nectar provision : the other resource requirements of parasitoid biological control agents. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 2016. N° 159, pp. 207-221.
- GOULET, H. et HUBER, J. T., 1993. *Hymenoptera of the world : An identification guide to families*. 1894/E. Ottawa, Ontario, Canada : Centre for Land and Biological Resources Research.
- GRAHAM, M., 1961. New species of Aprostocetus Westwood (Hym. Eulophidae) from Britain and Sweden. *Opusc. Ent.* 1961. Vol. 26, n° 1-2, pp. 1-37.
- GRAHAM, M., 1969. The Pteromalidae of North-Western Europe (Hymenoptera: Chalcidoidea). *Bulletin of the British Museum. Entomology series*. 1969. N° 16, pp. 1-909.
- HANSSON, C., 1996. The status of the genera Asecodes Förster, Ionympha Graham and Teleopteris Silvestri (Hymenoptera: Eulophidae), with a review of Nearctic species. *Entomologica scandinavica*. 1996. Vol. 27, n° 2, pp. 159-167.
- HETZ, Martin et JOHNSON, Clarence, 1988. Hymenopterous Parasites of Some Bruchid Beetles of North and Central America. *Journal of Stored Products Research*. 1988. Vol. 24, n° 3, pp. 131-143.
- HOFFMANN, A., 1945. *Coléoptères Bruchides et Anthribides*. Paris : Office Central de Faunistique. Faune de France, 44.
- HUIGNARD, J., GLITHO, I. A., MONGE, J.-P. et REGNAULT-ROGER, C., 2011. *Insectes ravageurs des graines de légumineuses. Biologie des Bruchinae et lutte raisonnée en Afrique*. Quae. Versailles. Update Sciences & Technologies.
- IKEDA, E., 1999. A revision of the world species of Sigmophora Rondani (Hymenoptera, Eulophidae). *Insecta Matsumurana*. 1999. N° 55, pp. 37-74.
- JALOUX, B., 2004. *La discrimination interspécifique par Eupelmus vuilleti (Hymenoptera : Eupelmidae) des hôtes parasités par Dinarmus basalis (Hymenoptera : Pteromalidae)*. Tours : François Rabelais.
- JIMENEZ, Ricardo, FALCO, José Vicente et MORENO, Josefa, 1997. Aparato reproductor y estructuras asociadas de Triaspis thoracicus (Curtis) (Hymenoptera, Braconidae). *Bulletin de la Société entomologique de France*. 1997. Vol. 102, n° 1, pp. 59-66.
- KHAN, Z. R., AMPONG-NYARKO, K., CHILISWA, P., HASSANALI, A., KIMANI, S., LWANDE, W., OVERHOLT, W.A., PICKETT, J.A., SMART, L.E., WADHAMS, L.J. et WOODCOCK, C.M., 1997. Intercropping increases parasitism of pests. *Nature*. 1997. Vol. 388, pp. 631-632.
- KLIMMEK, F. et BAUR, H., 2018. An interactive key to Central European species of the Pteromalus albipennis species group and other species of the genus (Hymenoptera: Chalcidoidea: Pteromalidae), with the description of a new species. *Biodiversity Data Journal*. 2018. N° 6, pp. 1-33.
- KOLDAS, T., ERDOGAN, O. C. et BEYARSLAN, A., 2018. Taxonomic and faunistic data on the genus Triaspis Haliday, 1835 (Hymenoptera: Braconidae: Brachistinae) from Turkey. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*. 2018. Vol. 12, n° 11, pp. 424-429.
- KOLESIK, P., 2000. Distribution of infestation by lentil gall midge Contarinia lentis (Dipt., Cecidomyiidae) in lentil fields: statistical model. *Journal of Applied Entomology*. 2000. N° 124, pp. 7-10.
- LARSON, A.O., BRINDLEY, T.A. et HINMAN, F.G., 1938. Biology of the Pea weevil in the Pacific Northwest with suggestions for its control on seed peas. *Technical Bulletin*. 1938. N° 599, pp. 1-48.
- LEONIDE, J.-C., 1960. Notes sur les zoocoenoses des gousses de certaines légumineuses. *Bulletin de la Société entomologique de France*. 1960. Vol. 65, pp. 274-281.
- LOISEAU, S. et CHAPELIN-VISCARDI, J.-D., 2020. Evolution saisonnière de l'appareil reproducteur femelle de Bruchus signaticornis Gyllenhal, 1833 (Coleoptera Chrysomelidae Bruchinae). *L'Entomologiste*. 2020. Vol. 76, n° 2, pp. 101-108.

- MAFI, S. et OHBAYASHI, N., 2010. Biology of *Chrysocharis pentheus*, an endoparasitoid wasp of the citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 2010. Vol. 12, n° 2, pp. 145-154.
- MENAULT, E., 1886. *Les insectes nuisibles à l'agriculture et à la viticulture*. Paris.
- MERTINS, J. W., 1985. *Lealius utilis* [Hym.: Bethyridae], a parasitoid of *Anthrenus fuscus* [Col.: Dermestidae] in Iowa. *Entomophaga*. 1985. Vol. 30, n° 1, pp. 65-68.
- MEZANI, S., 2016. *Suivi des populations de Bruchus rufimanus (Coleoptera : Chrysomelidae) dans les lieux de diapause de dans des parcelles de variétés de fève différentes (Aguadulce, Séville et Féverole) dans la région de Tizi-Ouzou*. Tizi-Ouzou, Algérie : Mouloud Mammeri.
- MUEHLBAUER, F. et MCPHEE, K., 2005. Lentil (*Lens culinaris* Medik.). In : *Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement : Grain Legumes*. CRC Press. pp. 390.
- MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, 2003. Inventaire National du Patrimoine Naturel. [en ligne]. 2020 2003. [Consulté le 7 août 2020]. Disponible à l'adresse : <https://inpn.mnhn.fr>
- NICKLE, W.R., 1972. A contribution to our knowledge of the Mermithidae (Nematoda). *Journal of Nematology*. 1972. Vol. 4, n° 2, pp. 113-146.
- NICOLI, R.-M. et SEMPE, M., 1969. *Pediculoïdes ventricosus* (Newport, 1850) [Acar. Tarsonemoidae] parasite de la Bruche du haricot dolique *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) [Col. Bruchidae]. *Bulletin de la Société entomologique de France*. 1969. Vol. 74, n° 7-8, pp. 155-156.
- NIEDERMAYER, S., POLLMANN, M. et STEIDLE, J., 2016. *Lariophagus distinguendus* (Hymenoptera : Pteromalidae) (Förster) - Past, present, and future : the history of a biological control method using *L. distinguendus* against different storage pests. *Insects*. 2016. Vol. 7, n° 39, pp. 1-9.
- NIEVES, J.L. et ASKEW, R., 1988. A new species of *Cecidostiba* Thomson (Hym., Pteromalidae), a key to species of the genus and rearing records of other Pteromalidae associated with oak gall wasps (Hym., Cynipidae). *Entomologist's Monthly Magazine*. 1988. Vol. 124, pp. 1-5.
- NIEVES, J.L., GOMEZ, J.F. et ASKEW, R., 2007. Two new species of *Idiomacromerus* (Hymenoptera: Torymidae) from the stem gall wasp on *Papaver somniferum*, with notes on the parasitoid community. *Annals of the Entomological Society of America*. 2007. Vol. 100, n° 3, pp. 381-389.
- NOYES, J.S. et HAYAT, M., 1984. A review of the genera of Indo-Pacific Encyrtidae (Hymenoptera: Chalcidoidea). *Bulletin of the British Museum. Entomology series*. 1984. Vol. 48, n° 3, pp. 131-395.
- NOYES, J.S., 2019. Universal Chalcidoidea Database. *Natural History Museum* [en ligne]. 2019. [Consulté le 7 août 2020]. Disponible à l'adresse : <http://www.nhm.ac.uk/chalcidoids>
- OUEDRAOGO, P. A., SOU, S. et SANON, A., 1996. Influence of temperature and humidity on populations of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) and its parasitoid *Dinarmus basalis* (Pteromalidae) in two climatic zones of Burkina Faso. *Bulletin of Entomological Research*. 1996. Vol. 86, pp. 695-702.
- PAPP, J., 2004. Type specimens of the braconid species by Gy. Szépligeti deposited in the Hungarian Natural History Museum (Hymenoptera: Braconidae). *Annls hist.-nat. Mus. natn. hung.* 2004. Vol. 96, pp. 153-223.
- PARKER, H. L., 1957. Notes sur quelques Bruches et leurs parasistes élevés des graines de Légumineuses. *Bulletin de la Société entomologique de France*. 1957. Vol. 62, pp. 168-179.
- PARNELL, J.R., 1964. The parasite complex of the two seed beetles *Bruchidius ater* (Marsham) (Coleoptera : Bruchidae) and *Apion fuscirostre* Fabricius (Coleoptera : Curculionidae). *Trans. R. ent. Soc. Lond.* 1964. Vol. 116, n° 4, pp. 73-88.
- PECK, O., 1963. A catalogue of the nearctic Chalcidoidea (Insecta, Hymenoptera). *Canadian Entomologist*. 1963. Vol. 30, pp. 1-1902.

- PÉREZ-BENAVIDES, A. L., HERNANDEZ-BAZ, F., GONZALEZ, J. M. et ZALDIVAR RIVERON, A., 2019. Updated taxonomic checklist of Chalcidoidea (Hymenoptera) associated with Bruchinae (Coleoptera: Chrysomelidae). *Zootaxa*. 2019. Vol. 4638, n° 3, pp. 301-343.
- PERRIS, E., 1873. Résultats de quelques promenades entomologiques. *Annales de la société entomologique de France*. 1873. Vol. 5, n° 3, pp. 61-98.
- PINTUREAU, B., 2012. *Les hyménoptères parasitoïdes oophages d'Europe*. Quae. Guide pratique.
- RASPLUS, J.-Y., 1989. Révision des espèces Afrotropicales du genre *Dinarmus* Thomson (Hymenoptera : Pteromalidae). *Annales de la société entomologique de France*. 1989. Vol. 25, n° 2, pp. 135-162.
- RÉSEAU DES CHAMBRES D'AGRICULTURE, 2018. *Bulletin de Santé du Végétal. Lentille Verte du Puy AOP*. 2018.
- RHEINHEIMER, J. et HASSLER, M., 2018. *Die Blattkäffer Baden-Württembergs*. Kleinstеuber Books. Karlsruhe.
- RIBA, G. et SILVY, C., 1989. *Combattres les ravageurs des cultures, enjeux et perspectives*. INRA. Paris.
- RIS, N., ION-SCOTTA, M., AL KHATIB, F., LAMBION, J., WARLOP, F. et BOUT, A., 2014. Biodiversités « utile » et « nuisible » dans les agrosystèmes : importance pour la lutte biologique par conservation. *Mémoires de la SEF*. 2014. N° 9, pp. 35-43.
- SANON, A., DABIRÉ, C., OUEDRAOGO, P. A. et HUIGNARD, J., 2005. Contrôle biologique des populations de *Callosobruchus maculatus* F. (Coléoptère: Bruchidae) par deux espèces sympatriques de parasitoïdes, *Dinarmus basalis* Rond. et *Eupelmus vuilleti* Crw. *Belgian Journal of Entomology*. 2005. Vol. 7, pp. 3-15.
- SEIDENGLANZ, M. et HUNADY, I., 2016. Effects of faba bean (*Vicia faba*) varieties on the development of *Bruchus rufimanus*. *Czech. J; Genet. Plant. Breed.* 2016. N° 52, pp. 22-29.
- SNOFLAK, J., 1952. La monographie de *Triaspis* Hal. (Hym. Bracon.) de la Tchécoslovaquie. *Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae*. 1952. N° 28, pp. 285-395.
- STEFFAN, J.R., 1954. Note sur le genre *Uscana* Girtl. (Hym. Trichogrammidae) et description d'espèces nouvelles parasites de Bruches. *Bulletin du Muséum*. 1954. Vol. 16, n° 6, pp. 667-673.
- STEFFAN, J.R., 1981. The parasites of bruchids. *Series Entomologica*. 1981. Vol. 19, pp. 223-229.
- TERRES UNIVIA, 2018. *Chiffres clés. Oléagineux et plantes riches en protéines*. 2018.
- THEILING, K. et CROFT, B.A., 1988. Pesticide side-effects on arthropod natural enemies : a database summary. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 1988. Vol. 21, pp. 191-218.
- TISON, J.-M. et DE FOUCAULT, B., 2014. *Flora Gallica. Flore de France*. Biotope. Mèze.
- TOBIAS, V. I., 1986. Order Hymenoptera. Family Braconidae. In : *Keys to the Insects of the European Part of the USSR*. Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd. New Delhi.
- TODOROV, I., TOSHOVA, T. et TOTH, M., 2014. First record of *Pteromalus varians* (Hymenoptera: Pteromalidae) parasitizing on *Tischeria ekebladella* (Lepidoptera: Tischeriidae) in Hungary. *Folia Entomologica Hungarica*. 2014. Vol. 75, pp. 133-138.
- TRONQUET, M., 2014. *Catalogue des Coléoptères de France*. Association Roussillonnaise d'Entomologie. Perpignan. Liste des coléoptères que l'on trouve en France
- TRONQUET, M., 2015. *Catalogue des Coléoptères de France. Supplément 1*. Association Roussillonnaise d'Entomologie. Perpignan.
- TRONQUET, M., 2016. *Catalogue des Coléoptères de France. Supplément 2*. Association Roussillonnaise d'Entomologie. Perpignan.

- TRONQUET, M., 2017. *Catalogue des Coléoptères de France. Supplément 3*. Association Roussillonaise d'Entomologie. Perpignan.
- TURNER, C., GRISSELL, E., CUDA, J. P. et CASANAVE, K., 1990. *Microdontomerus antonimi* (Crawford) (Hymenoptera: Torymidae), an indigenous parasitoid of the introduced biological control insect *Bangasternus orientalis* (Capiomont) (Coleoptera: Curculionidae) and *Urophora affinis* Frauenfeld (Diptera: Tephritidae). *Pan-Pacific Entomologist*. 1990. Vol. 66, n° 2, pp. 162-166.
- VAN HUIS, A., KAASHOEK, N.K. et MAES, H.M., 1990. Biological control of bruchids (Col.: Bruchidae) in stored pulses by using egg parasitoids of the genus *Uscana* (Hym.: Trichogrammatidae): a review. *Proceedings of the Fifth International Working Conference on Stored-product Protection, Bordeaux, France*. 1990. pp. 99-108.
- WEBER, M.G., PORTURAS, L.D. et KEELER, K.H., 2015. World list of plants with extrafloral nectaries. [en ligne]. 2015. [Consulté le 31 août 2020]. Disponible à l'adresse : www.extrafloralnectaries.org
- WESMAEL, C., 1835. Monographie des Braconides de Belgique. *Nouveaux mémoires de l'Académie royale des sciences et belles-lettres de Bruxelles*. 1835. Vol. 9, pp. 1-252.
- WHARTON, R. A., 1993. Bionomics of the Braconidae. *Annual Review of Entomology*. 1993. N° 38, pp. 121-143.
- YEFREMOVA, Z., CIVELEK, H. S., BOYADZHIYEV, P., DURSUN, O. et ESKIN, A., 2011. A review of Turkish *Diglyphus* Walker (Hymenoptera: Eulophidae), with description of a new species. *Annales de la société entomologique de France*. 2011. Vol. 47, n° 3-4, pp. 273-279.
- ZAMPETTI, M.F. et RICCI, M.S., 2012. *Guida ai Coleotteri Bruchidi della fauna italiana*. Darwin Edizioni.
- ZEROVA, M.D., 2010. Palaearctic species of the genus *Eurytoma* (Hymenoptera, Chalcidoidea, Eurytomidae): morphological and biological peculiarities, trophical associations and key to determination. *Vestnik zoologii*. 2010. N° 24, pp. 1-203.

Glossaire

Les notions définies dans le glossaire sont indiquées dans le texte par un astérisque * uniquement lors de leur première mention dans le rapport.

Auxiliaire : organisme vivant qui permet de réguler les populations de ravageurs (par extension aujourd'hui, organisme vivant bénéfique aux cultures). Synonyme de biorégulateur.

Biorégulateur : organisme vivant qui par son régime alimentaire zoophage permet de lutter contre les organismes ravageurs. Synonyme d'auxiliaire.

Bruché : se dit d'une graine dans laquelle s'est (ou se sont) développée(s) une (ou des) larve(s) de bruche.

Ectoparasitoïde : parasitoïde qui se développe sur l'hôte.

Endoparasitoïde : parasitoïde qui se développe dans l'hôte.

Grégaire : dans le cas d'un parasitoïde, désigne le fait que plusieurs individus se développent dans ou sur un unique hôte.

Hôte (espèce) : désigne l'espèce dans laquelle la larve du parasitoïde se développe.

Hyperparasitoïde : qualifie une espèce parasitoïde qui se développe dans une autre espèce elle-même parasitoïde.

Idiobionte : désigne un parasitoïde qui tue ou paralyse l'hôte avec d'y déposer un œuf.

Imago : insecte adulte (par opposition à la larve, la nymphe et les stades juvéniles).

Koinobionte : désigne un parasitoïde qui ne tue pas l'hôte lorsque l'œuf est déposé. Le développement du parasitoïde se fait en parallèle de celui de l'hôte.

Larvophage : qui se nourrit de larve.

Monovoltin : qui désigne des espèces qui ont une génération par an.

Oligophage : qui se nourrit d'un nombre limité d'essences végétales.

Oophage : qui se nourrit d'œuf.

Ravageur : organisme vivant nuisible aux cultures, par son régime phytophage.

Séminivore : qui se nourrit de graine.

Tente Malaise : dispositif de piégeage par interception continue de la faune volante.

Annexes

Liste des annexes

Annexe 1. Liste des biorégulateurs associés aux espèces françaises du genre <i>Bruchus</i>	48
Annexe 2. Correspondance entre les noms cités dans la littérature et les noms valides actuellement...	52
Annexe 3. Bibliographie consultée pour l'établissement de la liste des biorégulateurs associés aux espèces françaises du genre <i>Bruchus</i>	53
Annexe 4. Protocole de prélèvement des gousses de lentille	55
Annexe 5. Fiche de renseignement pour les parcelles de prélèvement	58
Annexe 6. Détail des comptages d'œufs sur gousses de lentille	59
Annexe 7. Résultats des taux de parasitisme	60
Annexe 8. Évolution dans le temps du nombre de <i>B. signaticornis</i> et de <i>Triaspis</i>	62

Annexe 1. Liste des biorégulateurs associés aux espèces françaises du genre *Bruchus*

La liste présentée ici ne comprend pas toutes les colonnes décrites dans la partie 1.1.2. En effet, pour une question de lisibilité et de place, seules les colonnes *Espèce de Bruchus*, *Espèce de biorégulateur*, *Famille du biorégulateur*, *Fiabilité* et *Précision* sont données.

Tableau 9 : liste des biorégulateurs liés aux espèces de *Bruchus* citées de France métropolitaine.

Espèce de <i>Bruchus</i>	Espèce de biorégulateur	Famille du biorégulateur	Fiabilité	Précision
<i>Bruchus affinis</i> Frölich, 1799	<i>Triaspis luteipes</i> (Thomson, 1874)	Braconidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus affinis</i> Frölich, 1799	<i>Triaspis pallipes</i> Nees (1816)	Braconidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus affinis</i> Frölich, 1799	<i>Triaspis thoracica</i> (Curtis, 1860)	Braconidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus affinis</i> Frölich, 1799	<i>Eupelmus microzonus</i> Foerster, 1860	Eupelmidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus affinis</i> Frölich, 1799	<i>Eurytoma lathyri</i> Zerova, 1979	Eurytomidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus affinis</i> Frölich, 1799	<i>Dinarmus acutus</i> (Thomson, 1878)	Pteromalidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus affinis</i> Frölich, 1799	<i>Pteromalus sequester</i> Walker, 1835	Pteromalidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus affinis</i> Frölich, 1799	<i>Uscana senex</i> (Grese, 1923)	Trichogrammatidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus atomarius</i> (Linnaeus, 1761)	<i>Bracon praecox</i> (Wesmael, 1838)	Braconidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus atomarius</i> (Linnaeus, 1761)	<i>Chremylus elaphus</i> Haliday, 1833	Braconidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus atomarius</i> (Linnaeus, 1761)	<i>Triaspis bruchivorus</i> Rondani	Braconidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus atomarius</i> (Linnaeus, 1761)	<i>Triaspis pallipes</i> Nees (1816)	Braconidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus atomarius</i> (Linnaeus, 1761)	<i>Triaspis striatula</i> (Nees, 1816)	Braconidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus atomarius</i> (Linnaeus, 1761)	<i>Triaspis thomsoni</i> Fahringer, 1934	Braconidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus atomarius</i> (Linnaeus, 1761)	<i>Triaspis thoracica</i> (Curtis, 1860)	Braconidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus atomarius</i> (Linnaeus, 1761)	<i>Cerceris rubida</i> (Jurine, 1807)	Crabronidae	1	prédateur
<i>Bruchus atomarius</i> (Linnaeus, 1761)	<i>Cecidostiba fungosa</i> (Geoffroy, 1785)	Pteromalidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus atomarius</i> (Linnaeus, 1761)	<i>Pteromalus sequester</i> Walker, 1835	Pteromalidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus brachialis</i> Fahraeus, 1839	<i>Laelius utilis</i> Cockerall, 1920	Bethylidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus brachialis</i> Fahraeus, 1839	<i>Triaspis thomsoni</i> Fahringer, 1934	Braconidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus brachialis</i> Fahraeus, 1839	<i>Triaspis thoracica</i> (Curtis, 1860)	Braconidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus brachialis</i> Fahraeus, 1839	<i>Lamennaisia ambigua</i> (Nees, 1834)	Encyrtidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus brachialis</i> Fahraeus, 1839	<i>Baryscapus bruchivorus</i> (Gahan, 1942)	Eulophidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus brachialis</i> Fahraeus, 1839	<i>Eupelmus messene</i> Walker, 1839	Eupelmidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus brachialis</i> Fahraeus, 1839	<i>Eupelmus pulchriceps</i> (Cameron, 1904)	Eupelmidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus brachialis</i> Fahraeus, 1839	<i>Eupelmus vesicularis</i> (Retzius, 1783)	Eupelmidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus brachialis</i> Fahraeus, 1839	<i>Eurytoma obtusa</i> Bugbee, 1967	Eurytomidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus brachialis</i> Fahraeus, 1839	<i>Eurytoma tylodermatis</i> Ashmead, 1896	Eurytomidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus brachialis</i> Fahraeus, 1839	<i>Eurytoma wachtli</i> Mayr, 1878	Eurytomidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus brachialis</i> Fahraeus, 1839	<i>Anisopteromalus calandrae</i> (Howard, 1881)	Pteromalidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus brachialis</i> Fahraeus, 1839	<i>Dibrachys microgastri</i> (Bouché, 1834)	Pteromalidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus brachialis</i> Fahraeus, 1839	<i>Dinarmus acutus</i> (Thomson, 1878)	Pteromalidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus brachialis</i> Fahraeus, 1839	<i>Dinarmus italicus</i> (Masi, 1922)	Pteromalidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus brachialis</i> Fahraeus, 1839	<i>Eurydinoteloides incerta</i> (Ashmead, 1893)	Pteromalidae	1	parasitoïde

<i>Bruchus brachialis</i> Fahraeus, 1839	<i>Lariophagus distinguendus</i> (Förster, 1841)	Pteromalidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus brachialis</i> Fahraeus, 1839	<i>Pteromalus</i> sp.	Pteromalidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus brachialis</i> Fahraeus, 1839	<i>Microdontomerus anthonomi</i> (Crawford, 1907)	Torymidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus dentipes</i> (Baudi, 1886)	<i>Triaspis thoracica</i> (Curtis, 1860)	Braconidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus emarginatus</i> Allard, 1868	<i>Triaspis thoracica</i> (Curtis, 1860)	Braconidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus emarginatus</i> Allard, 1868	<i>Eupelmus microzonus</i> Foerster, 1860	Eupelmidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus emarginatus</i> Allard, 1868	<i>Dinarmus acutus</i> (Thomson, 1878)	Pteromalidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus laticollis</i> Boheman, 1833	<i>Bracon variator</i> Nees, 1811	Braconidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus laticollis</i> Boheman, 1833	<i>Triaspis thoracica</i> (Curtis, 1860)	Braconidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus laticollis</i> Boheman, 1833	<i>Eurytoma wachtli</i> Mayr, 1878	Eurytomidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus lentis</i> Frölich, 1799	<i>Bracon praecox</i> (Wesmael, 1838)	Braconidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus lentis</i> Frölich, 1799	<i>Chremylus elaphus</i> Haliday, 1833	Braconidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus lentis</i> Frölich, 1799	<i>Triaspis facialis</i> (Ratzeburg, 1852)	Braconidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus lentis</i> Frölich, 1799	<i>Triaspis luteipes</i> (Thomson, 1874)	Braconidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus lentis</i> Frölich, 1799	<i>Triaspis obscurella</i> (Nees, 1816)	Braconidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus lentis</i> Frölich, 1799	<i>Triaspis thoracica</i> (Curtis, 1860)	Braconidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus lentis</i> Frölich, 1799	<i>Baryscapus bruchivorus</i> (Gahan, 1942)	Eulophidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus lentis</i> Frölich, 1799	<i>Eupelmus urozonus</i> Dalman, 1820	Eupelmidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus lentis</i> Frölich, 1799	<i>Eupelmus vesicularis</i> (Retzius, 1783)	Eupelmidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus lentis</i> Frölich, 1799	<i>Dinarmus acutus</i> (Thomson, 1878)	Pteromalidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus lentis</i> Frölich, 1799	<i>Dinarmus basalis</i> (Rondani, 1877)	Pteromalidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus lentis</i> Frölich, 1799	<i>Pteromalus</i> sp.	Pteromalidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus lentis</i> Frölich, 1799	<i>Uscana senex</i> (Grese, 1923)	Trichogrammatidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus loti</i> Paykull, 1800	<i>Triaspis thoracica</i> (Curtis, 1860)	Braconidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus loti</i> Paykull, 1800	<i>Pteromalus semotus</i> (Walker, 1834)	Pteromalidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus luteicornis</i> Illiger, 1794	<i>Triaspis thoracica</i> (Curtis, 1860)	Braconidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus luteicornis</i> Illiger, 1794	<i>Baryscapus bruchivorus</i> (Gahan, 1942)	Eulophidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus luteicornis</i> Illiger, 1794	<i>Eupelmus urozonus</i> Dalman, 1820	Eupelmidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus luteicornis</i> Illiger, 1794	<i>Dinarmus acutus</i> (Thomson, 1878)	Pteromalidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus pisorum</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Atomus</i> sp.	Acarien	1	prédateur
<i>Bruchus pisorum</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Bracon hylobii</i> Ratzeburg, 1848	Braconidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus pisorum</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Triaspis thoracica</i> (Curtis, 1860)	Braconidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus pisorum</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Aprostocetus aethiops</i> (Zetterstedt, 1838)	Eulophidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus pisorum</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Aprostocetus claviger</i> (Thomson, 1878)	Eulophidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus pisorum</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Eupelmus orientalis</i> (Crawford, 1913)	Eupelmidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus pisorum</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Eupelmus pulchriceps</i> (Cameron, 1904)	Eupelmidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus pisorum</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Eupelmus vesicularis</i> (Retzius, 1783)	Eupelmidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus pisorum</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Anisopteromalus calandrae</i> (Howard, 1881)	Pteromalidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus pisorum</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Dinarmus basalis</i> (Rondani, 1877)	Pteromalidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus pisorum</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Dinarmus magnus</i> (Rohwer, 1934)	Pteromalidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus pisorum</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Gastrancistrus undulatus</i> (Ratzeburg, 1852)	Pteromalidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus pisorum</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Pteromalus sequester</i> Walker, 1835	Pteromalidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus pisorum</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Stenomalina micans</i> (Olivier, 1813)	Pteromalidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus pisorum</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Systasis encyrtoides</i> Walker, 1834	Pteromalidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus pisorum</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Trichomalopsis leguminis</i> (Gahan, 1937)	Pteromalidae	1	parasitoïde

<i>Bruchus pisorum</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Pyemotes ventricosus</i>	Pyemotidae	1	prédateur
<i>Bruchus pisorum</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Microdontomerus anthonomi</i> (Crawford, 1907)	Torymidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus pisorum</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Uscana semifumipennis</i> Girault, 1911	Trichogrammatidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus pisorum</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Uscana senex</i> (Grese, 1923)	Trichogrammatidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus rufimanus</i> Boheman, 1833	<i>Chremylus elaphus</i> Haliday, 1833	Braconidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus rufimanus</i> Boheman, 1833	<i>Triaspis forbesii</i> (Dalla Torre)	Braconidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus rufimanus</i> Boheman, 1833	<i>Triaspis luteipes</i> (Thomson, 1874)	Braconidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus rufimanus</i> Boheman, 1833	<i>Triaspis obscurella</i> (Nees, 1816)	Braconidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus rufimanus</i> Boheman, 1833	<i>Triaspis pallipes</i> Nees (1816)	Braconidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus rufimanus</i> Boheman, 1833	<i>Triaspis stictostiba</i> Martin, 1956	Braconidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus rufimanus</i> Boheman, 1833	<i>Triaspis thoracica</i> (Curtis, 1860)	Braconidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus rufimanus</i> Boheman, 1833	<i>Eupelmus microzonus</i> Foerster, 1860	Eupelmidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus rufimanus</i> Boheman, 1833	<i>Eupelmus swezeyi</i> (Crawford, 1915)	Eupelmidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus rufimanus</i> Boheman, 1833	<i>Eurytoma wachtli</i> Mayr, 1878	Eurytomidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus rufimanus</i> Boheman, 1833	<i>Anisopteromalus calandrae</i> (Howard, 1881)	Pteromalidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus rufimanus</i> Boheman, 1833	<i>Dinarmus acutus</i> (Thomson, 1878)	Pteromalidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus rufimanus</i> Boheman, 1833	<i>Dinarmus basalis</i> (Rondani, 1877)	Pteromalidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus rufimanus</i> Boheman, 1833	<i>Dinarmus magnus</i> (Rohwer, 1934)	Pteromalidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus rufimanus</i> Boheman, 1833	<i>Lariophagus distinguendus</i> (Förster, 1841)	Pteromalidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus rufimanus</i> Boheman, 1833	<i>Stenomalina micans</i> (Olivier, 1813)	Pteromalidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus rufimanus</i> Boheman, 1833	<i>Pyemotes ventricosus</i>	Pyemotidae	1	prédateur
<i>Bruchus rufimanus</i> Boheman, 1833	<i>Zelus renardii</i> Kolenati, 1857	Reduviidae	1	prédateur
<i>Bruchus rufimanus</i> Boheman, 1833	<i>Uscana semifumipennis</i> Girault, 1911	Trichogrammatidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus rufipes</i> Herbst, 1783	<i>Triaspis striatula</i> (Nees, 1816)	Braconidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus rufipes</i> Herbst, 1783	<i>Triaspis thomsoni</i> Fahringer, 1934	Braconidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus rufipes</i> Herbst, 1783	<i>Triaspis thoracica</i> (Curtis, 1860)	Braconidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus rufipes</i> Herbst, 1783	<i>Cerceris labiata</i> (Olivier, 1792)	Crabronidae	1	prédateur
<i>Bruchus rufipes</i> Herbst, 1783	<i>Cerceris rubida</i> (Jurine, 1807)	Crabronidae	1	prédateur
<i>Bruchus rufipes</i> Herbst, 1783	<i>Baryscapus bruchivorus</i> (Gahan, 1942)	Eulophidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus rufipes</i> Herbst, 1783	<i>Chrysocharis pentheus</i> (Walker, 1939)	Eulophidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus rufipes</i> Herbst, 1783	<i>Pnigalio pecticornis</i> (Linnaeus, 1758)	Eulophidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus rufipes</i> Herbst, 1783	<i>Eupelmus microzonus</i> Foerster, 1860	Eupelmidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus rufipes</i> Herbst, 1783	<i>Eupelmus urozonus</i> Dalman, 1820	Eupelmidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus rufipes</i> Herbst, 1783	<i>Eupelmus vesicularis</i> (Retzius, 1783)	Eupelmidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus rufipes</i> Herbst, 1783	<i>Eurytoma wachtli</i> Mayr, 1878	Eurytomidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus rufipes</i> Herbst, 1783	<i>Cecidostiba fungosa</i> (Geoffroy, 1785)	Pteromalidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus rufipes</i> Herbst, 1783	<i>Dinarmus acutus</i> (Thomson, 1878)	Pteromalidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus rufipes</i> Herbst, 1783	<i>Dinarmus italicus</i> (Masi, 1922)	Pteromalidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus rufipes</i> Herbst, 1783	<i>Pteromalus varians</i> (Spinola, 1808)	Pteromalidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus rufipes</i> Herbst, 1783	<i>Semiotellus mundus</i> (Walker, 1834)	Pteromalidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus rufipes</i> Herbst, 1783	<i>Stenomalina micans</i> (Olivier, 1813)	Pteromalidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus rufipes</i> Herbst, 1783	<i>Torymus sp.</i>	Torymidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus signaticornis</i> Gyllenhal, 1833	<i>Triaspis luteipes</i> (Thomson, 1874)	Braconidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus signaticornis</i> Gyllenhal, 1833	<i>Triaspis striatula</i> (Nees, 1816)	Braconidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus signaticornis</i> Gyllenhal, 1833	<i>Triaspis thomsoni</i> Fahringer, 1934	Braconidae	2	parasitoïde

<i>Bruchus signaticornis</i> Gyllenhal, 1833	<i>Triaspis thoracica</i> (Curtis, 1860)	Braconidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus signaticornis</i> Gyllenhal, 1833	<i>Tetrastichus</i> sp.	Eulophidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus signaticornis</i> Gyllenhal, 1833	<i>Eurytoma wachtli</i> Mayr, 1878	Eurytomidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus signaticornis</i> Gyllenhal, 1833	<i>Cecidostiba fungosa</i> (Geoffroy, 1785)	Pteromalidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus signaticornis</i> Gyllenhal, 1833	<i>Dinarmus italicus</i> (Masi, 1922)	Pteromalidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus signaticornis</i> Gyllenhal, 1833	<i>Lariophagus distinguendus</i> (Förster, 1841)	Pteromalidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus signaticornis</i> Gyllenhal, 1833	<i>Pachylarthrus brevipennis</i> Forst	Pteromalidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus signaticornis</i> Gyllenhal, 1833	<i>Pteromalus varians</i> (Spinola, 1808)	Pteromalidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus signaticornis</i> Gyllenhal, 1833	<i>Stenomalina micans</i> (Olivier, 1813)	Pteromalidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus signaticornis</i> Gyllenhal, 1833	<i>Trichomalus statutus</i> (Foerster, 1841)	Pteromalidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus</i> sp.	<i>Triaspis striatula</i> (Nees, 1816)	Braconidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus</i> sp.	<i>Baryscapus protasis</i> (Graham, 1991)	Eulophidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus</i> sp.	<i>Anisopteromalus calandrae</i> (Howard, 1881)	Pteromalidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus</i> sp.	<i>Cecidostiba fungosa</i> (Geoffroy, 1785)	Pteromalidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus</i> sp.	<i>Dinarmus acutus</i> (Thomson, 1878)	Pteromalidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus</i> sp.	<i>Dinarmus basalis</i> (Rondani, 1877)	Pteromalidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus</i> sp.	<i>Trimeromicrus maculatus</i> Gahan, 1914	Pteromalidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus</i> sp.	<i>Uscana semifumipennis</i> Girault, 1911	Trichogrammatidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus tristiculus</i> Fahraeus, 1839	<i>Triaspis thoracica</i> (Curtis, 1860)	Braconidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus tristiculus</i> Fahraeus, 1839	<i>Eupelmus microzonus</i> Foerster, 1860	Eupelmidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus tristiculus</i> Fahraeus, 1839	<i>Eurytoma wachtli</i> Mayr, 1878	Eurytomidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus tristiculus</i> Fahraeus, 1839	<i>Dinarmus acutus</i> (Thomson, 1878)	Pteromalidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus tristiculus</i> Fahraeus, 1839	<i>Dinarmus italicus</i> (Masi, 1922)	Pteromalidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus tristis</i> Boheman, 1833	<i>Triaspis thoracica</i> (Curtis, 1860)	Braconidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus tristis</i> Boheman, 1833	<i>Eurytoma wachtli</i> Mayr, 1878	Eurytomidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus tristis</i> Boheman, 1833	<i>Dinarmus italicus</i> (Masi, 1922)	Pteromalidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus tristis</i> Boheman, 1833	<i>Trichomalus statutus</i> (Foerster, 1841)	Pteromalidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus ulicis</i> Mulsant & Rey, 1858	<i>Triaspis thoracica</i> (Curtis, 1860)	Braconidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus ulicis</i> Mulsant & Rey, 1858	<i>Baryscapus bruchivorus</i> (Gahan, 1942)	Eulophidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus ulicis</i> Mulsant & Rey, 1858	<i>Baryscapus bruchivorus</i> (Gahan, 1942)	Eulophidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus viciae</i> Olivier, 1795	<i>Bracon praecox</i> (Wesmael, 1838)	Braconidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus viciae</i> Olivier, 1795	<i>Triaspis thoracica</i> (Curtis, 1860)	Braconidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus viciae</i> Olivier, 1795	<i>Cerceris labiata</i> (Olivier, 1792)	Crabronidae	1	prédateur
<i>Bruchus viciae</i> Olivier, 1795	<i>Chrysocharis pentheus</i> (Walker, 1939)	Eulophidae	2	parasitoïde
<i>Bruchus viciae</i> Olivier, 1795	<i>Cecidostiba fungosa</i> (Geoffroy, 1785)	Pteromalidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus viciae</i> Olivier, 1795	<i>Dinarmus acutus</i> (Thomson, 1878)	Pteromalidae	1	parasitoïde
<i>Bruchus viciae</i> Olivier, 1795	<i>Semiotellus mundus</i> (Walker, 1834)	Pteromalidae	3	parasitoïde
<i>Bruchus viciae</i> Olivier, 1795	<i>Stenomalina micans</i> (Olivier, 1813)	Pteromalidae	3	parasitoïde

Annexe 2. Correspondance entre les noms cités dans la littérature et les noms valides actuellement

Ce tableau permet de retrouver la correspondance entre les noms fréquemment cités dans la littérature, parfois ancienne, et les noms valides actuellement (août 2020).

Tableau 10 : tableau de correspondance entre noms cités dans la littérature et noms valides.

Nom cité	Nom valide
<i>Bruchobius laticeps</i> Ashmead, 1904	<i>Dinarmus basalis</i> (Rondani, 1877)
<i>Bruchobius mayri</i>	<i>Dinarmus acutus</i> (Thomson, 1878)
<i>Bruchocida orientalis</i> Crawford, 1913	<i>Eupelmus orientalis</i> (Crawford, 1913)
<i>Bruchoctonus senex</i> Grese, 1923	<i>Uscana senex</i> (Grese, 1923)
<i>Chremylus rubiginosus</i> Nees	<i>Chremylus elaphus</i> Haliday, 1833
<i>Dinarmus laticeps</i> Ashmead	<i>Dinarmus basalis</i> (Rondani, 1877)
<i>Entedon pentheus</i> Walker, 1839	<i>Chrysocharis pentheus</i> (Walker, 1839)
<i>Eupelmella vesicularis</i> Retzius, 1783	<i>Eupelmus vesicularis</i> (Retzius, 1783)
<i>Eupelmus amicus</i> Girault, 1916	<i>Eupelmus pulchriceps</i> (Cameron, 1904)
<i>Eupelmus cyaniceps amicus</i> Girault, 1916	<i>Eupelmus pulchriceps</i> (Cameron, 1904)
<i>Eupteromalus leguminis</i> Gahan, 1937	<i>Trichomalopsis leguminis</i> (Gahan, 1937)
<i>Lathromeris bruchocida</i> Vasilev	<i>Uscana senex</i> (Grese, 1923)
<i>Oedaule italica</i> Masi, 1922	<i>Dinarmus italicus</i> (Masi, 1922)
<i>Orthobracon hylobii</i> Ratz.	<i>Bracon hylobii</i> Ratzeburg, 1848
<i>Pteromalus leguminum</i> Ratzebrug	<i>Pteromalus sequester</i> Walker, 1835
<i>Pteromalus leucopezus</i> Ratzeburg, 1844	<i>Cecidostiba fungosa</i> (Geoffroy, 1785)
<i>Pteromalus micans</i> Olivier, 1813	<i>Stenomalina micans</i> (Olivier, 1813)
<i>Pteromalus statutus</i> Foerster, 1841	<i>Trichomalus statutus</i> (Foerster, 1841)
<i>Sigalphus luteipes</i> Thomson, 1874	<i>Triaspis luteipes</i> (Thomson, 1874)
<i>Sigalphus striatulus</i> Nees, 1816	<i>Triaspis striatula</i> (Nees, 1816)
<i>Tetrastichus bruchivorus</i> Gahan, 1942	<i>Baryscapus bruchivorus</i> (Gahan, 1942)
<i>Triaspis gibberosus</i> Szepi.	<i>Triaspis thoracica</i> (Curtis, 1860)
<i>Triaspis primus</i> Brethes	<i>Triaspis thoracica</i> (Curtis, 1860)
<i>Triaspis rugosus</i> Szepi	<i>Triaspis thoracica</i> (Curtis, 1860)
<i>Triaspis similis</i> Spez	<i>Triaspis obscurella</i> (Nees, 1816)
<i>Triaspis striatulus</i> Thomson, 1874	<i>Triaspis thomsoni</i> Fahringer, 1934
<i>Zatropis incertus</i> Ashmead, 1893	<i>Eurydinoteloides incerta</i> (Ashmead, 1893)

Annexe 3. Bibliographie consultée pour l'établissement de la liste des biorégulateurs associés aux espèces françaises du genre *Bruchus*

- ABDUL-RASSOUL, M. S., 1990. Chalcidoid (Hymenoptera) parasites of the bruchid beetles in Iraq with a description of a new species. *Bull. Iraq nat. Hist. Mus.* 1990. Vol. 8, n° 3, pp. 7-13.
- ASKEW, R. et NIEVES, J.L., 2000. The genus *Eupelmus* Dalman, 1820 (Hymenoptera, Chalcidoidea, Eupelmidae) in peninsular Spain and the Canary Islands, with taxonomic notes and descriptions of new species. *Graellsia*. 2000. Vol. 56, pp. 49-61.
- BALEVSKI, N., 1999. *Catalogue of the Braconid parasitoids (Braconidae: Hymenoptera) isolated from various phytophagous insect hosts in Bulgaria*. Pensoft Publishers. Sofia-Moscow.
- BAUR, H., KRANZ-BALTENSPERGER, Y., CRUAUD, A., RASPLUS, J.-Y., TIMOKHOV, A. et GOKHMAN, V., 2014. Morphometric analysis and taxonomic revision of *Anisopteromalus* Ruschka (Hymenoptera: Chalcidoidea: Pteromalidae) - an integrative approach. *Systematic Entomology*. 2014. N° 39, pp. 691-709.
- BOUCEK, Z., 1970. Contribution to the knowledge of Italian Chalcidoidea, based mainly on a study at the Institute of Entomology in Turin, with descriptions of some new European species. *Estratto dalle memorie della Società Entomologica Italiana*. 1970. Vol. 49, pp. 34-102.
- CARLES, J., 1943. *La lentille du Puy*. Le Puy-en-Velais.
- CURTIS, J., 1860. *Farm Insects. Being the natural history and economy of the insects injurious to the field crops of Great Britain and Ireland, and also those which infest barns and granaries, with suggestions for their destruction*. Blackie. Glasgow.
- DE LUCA, Y., 1962. Contribution aux Bruchides (Coléoptères) d'Algérie. *Mémoires de la société d'histoire naturelle de l'Afrique du Nord*. 1962. N° 7, pp. 58-59.
- DE LUCA, Y., 1965. Catalogue des Métazoaires Parasites et Prédateurs de Bruchides (Coleoptera). *Journal of Stored Products Research*. 1965. Vol. 1, pp. 51-98.
- FUSU, L., 2010. Species status of two colour morphs of *Eupelmus vesicularis* (Hymenoptera: Eupelmidae) as revealed by allozyme electrophoresis, morphometric and host preference data. *Journal of Natural History*. 2010. Vol. 44, n° 17-18, pp. 1113-1129.
- GIBSON, G. et FUSU, L., 2016. Revision of the Palaearctic species of *Eupelmus* (*Eupelmus*) Dalman (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eupelmidae). *Zootaxa*. 2016. Vol. 4081, n° 1, pp. 1-331.
- HAGSTRUM, D. et SUBRAMANYAM, B., 2009. *Stored Product Insect Resources*. AACC International. Minnesota, USA.
- LEONIDE, J.-C., 1960. Notes sur les zoocoenoses des gousses de certaines légumineuses. *Bulletin de la Société entomologique de France*. 1960. Vol. 65, pp. 274-281.
- LICHTENSTEIN, J.-L. et PICARD, F., 1919. Notes biologiques sur les Braconides [Hym.] 2e note. *Bulletin de la Société entomologique de France*. 1919. pp. 62-64.
- MENAUULT, E., 1886. *Les insectes nuisibles à l'agriculture et à la viticulture*. Paris.
- NIEVES, J.L. et ASKEW, R., 1988. A new species of *Cecidostiba* Thomson (Hym., Pteromalidae), a key to species of the genus and rearing records of other Pteromalidae associated with oak gall wasps (Hym., Cynipidae). *Entomologist's Monthly Magazine*. 1988. Vol. 124, pp. 1-5.

- NOYES, J.S., 2019. Universal Chalcidoidea Database. *Natural History Museum* [en ligne]. 2019. [Consulté le 7 août 2020]. Disponible à l'adresse : <http://www.nhm.ac.uk/chalcidoids>
- PARKER, H. L., 1957. Notes sur quelques Bruches et leurs parasistes élevés des graines de Légumineuses. *Bulletin de la Société entomologique de France*. 1957. Vol. 62, pp. 168-179.
- PÉREZ-BENAVIDES, A. L., HERNANDEZ-BAZ, F., GONZALEZ, J. M. et ZALDIVAR RIVERON, A., 2019. A new species of *Torymus* (Hymenoptera: Torymidae) associated with two genera of Bruchinae (Coleoptera: Chrysomelidae) in México. *Florida Entomologist*. 2019. Vol. 102, n° 4, pp. 713-716.
- PERRIS, E., 1873. Résultats de quelques promenades entomologiques. *Annales de la société entomologique de France*. 1873. Vol. 5, n° 3, pp. 61-98.
- STEFFAN, J.R., 1954. Note sur le genre *Uscana* Girtl. (Hym. Trichogrammidae) et description d'espèces nouvelles parasites de Bruches. *Bulletin du Muséum*. 1954. Vol. 16, n° 6, pp. 667-673.
- STEFFAN, J.R., 1981. The parasites of bruchids. *Series Entomologica*. 1981. Vol. 19, pp. 223-229.
- TOBIAS, V. I., 1986. Order Hymenoptera. Family Braconidae. In : *Keys to the Insects of the European Part of the USSR*. Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd. New Delhi.
- ZAMPETTI, M.F. et RICCI, M.S., 2012. *Guida ai Coleotteri Bruchidi della fauna italiana*. Darwin Edizioni.
- ZEROVA, M.D., 2010. Palaeartic species of the genus *Eurytoma* (Hymenoptera, Chalcidoidea, Eurytomidae): morphological and biological peculiarities, trophical associations and key to determination. *Vestnik zoologii*. 2010. N° 24, pp. 1-203.

Annexe 4. Protocole de prélèvement des gousses de lentille



PROTOCOLE POUR L'ÉTUDE DES GUEPES PARASITOÏDES DES BRUCHES

Estimation du parasitisme larvaire

sur la Bruche de la lentille (*Bruchus signaticornis*)

Ce protocole s'applique dans des parcelles de lentille (ravageur ciblé : *Bruchus signaticornis*). D'autres espèces de bruches peuvent aussi se développer dans cette légumineuse, mais *Bruchus signaticornis* est ciblée en priorité car elle est la plus dommageable à cette culture.

L'objectif est de mettre en évidence la présence d'hyménoptères parasitoïdes de cette espèce, d'identifier les espèces en cause et d'analyser le taux de parasitisme.

Le protocole consiste à prélever des gousses de lentille et à les mettre en « élevage » afin d'obtenir les parasitoïdes.

Les opérateurs sur le terrain sont mis à contribution pour collecter les gousses et les mettre en condition d'élevage. La suite de l'élevage et les analyses de laboratoire seront réalisées par le Laboratoire d'Eco-Entomologie.

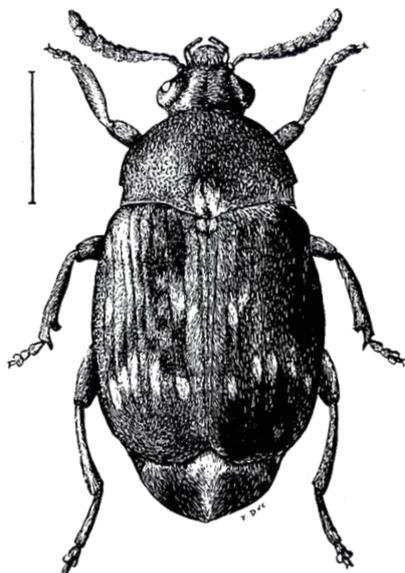


Figure 14 : *Bruchus signaticornis* (d'après Balachowsky, 1966). Echelle : 1 mm.

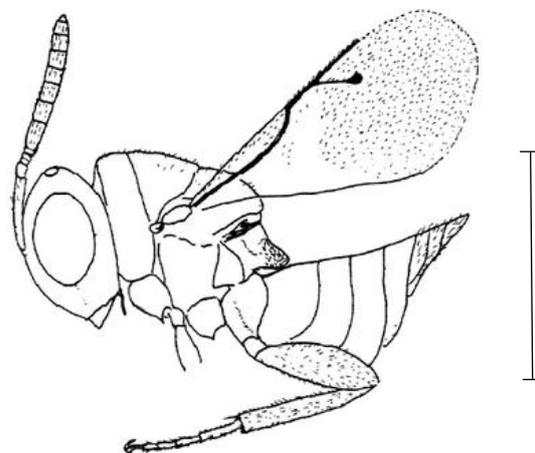


Figure 15 : *Dinarmus* sp., un parasitoïde de bruche (d'après Sureshan & al. 2001). Echelle : 1 mm.

Où prélever les gousses ?

Les prélèvements doivent être effectués autant que possible dans un secteur de parcelle sans traitement insecticide ou dans les secteurs les moins traités. L'objectif est de diversifier les situations de prélèvement, afin d'avoir la plus grande probabilité de trouver une certaine diversité de parasitoïdes. Toute parcelle de lentille est donc intéressante.

Les points de prélèvement sont placés en bordure et à 10 mètres à l'intérieur de la parcelle (voir Figure 3 ci-dessous). 3 prélèvements sont à prévoir pour chaque modalité, espacés d'au moins 10 mètres. Latéralement, faire les prélèvements à au moins 10 mètres des bordures de parcelle.

Au minimum 35 gousses de lentilles sont prélevées à chaque point. Les gousses doivent être prises aléatoirement en essayant d'en prélever sur l'ensemble des plants (proche du sol comme à l'extrémité).

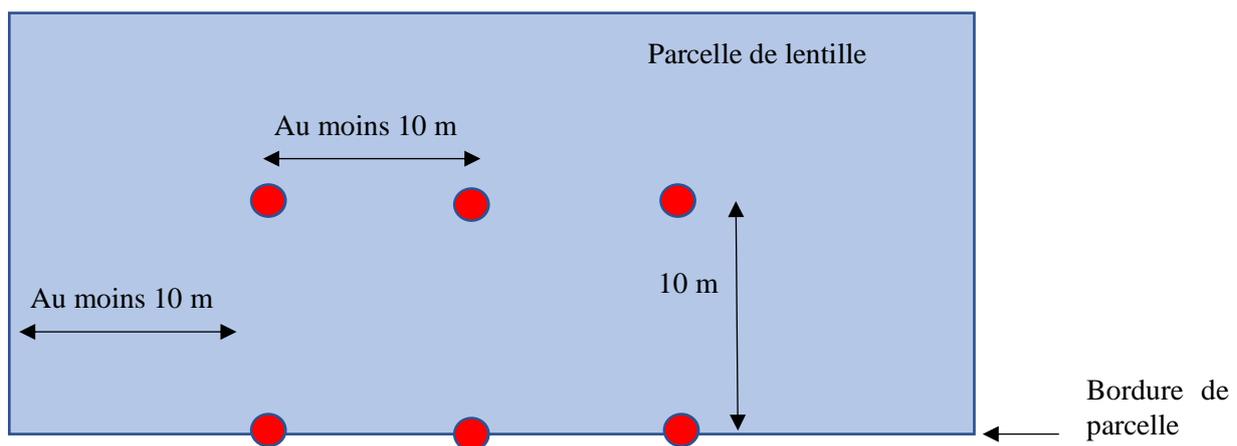


Figure 16 : Dispositif expérimental. Rond rouge : point de prélèvement.

Pour chaque parcelle et chaque modalité de prélèvement (0 ou 10 m de la bordure), les gousses sont mises dans une même bouteille en plastique **percée à l'aiguille de petits trous**, ou **avec le bouchon remplacé par du tulle bien fixé avec un élastique**. Privilégier des formats de bouteille de 0,75 ou 1 litre.

IMPORTANT : les bouteilles doivent être vidées, rincées et surtout, totalement séchées. **Aucune trace d'humidité ne doit rester.**

Les informations suivantes doivent être inscrites **au crayon de papier sur une étiquette blanche insérée dans la bouteille** (ces informations peuvent être notées **en plus** sur un morceau de papier scotché sur la bouteille) :

- L'identifiant de la parcelle (le même que sur la fiche de renseignement).
- La date de prélèvement.
- Le lieu précis : département, commune et précisions (si possible les coordonnées GPS).
- La modalité de prélèvement (0 ou 10 m de la bordure) : noter Mod_0 ou Mod_10.

Toute autre information paraissant importante à prendre en compte peut être notée en plus.

Il doit donc y avoir par parcelle deux bouteilles, contenant chacune au moins 105 gousses de lentille.

Quand prélever ?

Idéalement, deux prélèvements de gousses sont à prévoir, le premier étant facultatif :

- Le premier prélèvement est fonction de la météorologie et aura lieu à la période indiquée par mail. Il devrait avoir lieu entre la 1^{ère} et la 3^{ème} semaine de juin. Il concerne en particulier les hyménoptères parasitoïdes d'œufs de bruches. Lors du prélèvement des gousses, une attention particulière doit donc être apportée à la présence d'œufs : seules les gousses présentant des œufs doivent être collectées.
- Le second prélèvement aura lieu juste avant la récolte de la lentille.

Envoi des prélèvements

Les échantillons sont ensuite à déposer ou à envoyer en Chronopost au Laboratoire d'Eco-Entomologie, pour mise en élevage et suivi des émergences (il est conseillé d'envoyer un mail à bellifa@laboratoirecoentomologie.com lorsque l'envoi est effectif, afin d'assurer un meilleur suivi).

Dans l'attente du dépôt au Laboratoire, les bouteilles doivent être placées dans des pièces à température moyenne (18 à 22°C), non exposées à la lumière directe du soleil.

Pour toute question, contactez :

Maxime BELLIFA – Entomologiste, stagiaire au Laboratoire d'Eco-Entomologie

bellifa@laboratoirecoentomologie.com

Jean-David CHAPELIN-VISCARDI – Entomologiste

chapelinviscardi@laboratoirecoentomologie.com



Annexe 5. Fiche de renseignement pour les parcelles de prélèvement



LABORATOIRE D'ECO-ENTOMOLOGIE

5, rue Antoine Mariotte

F-45000 ORLEANS

contact@laboratoirecoentomologie.com

Tel : 09.54.69.24.14 / 06.85.55.87.21

Etude des parasitoïdes de la bruche de la lentille

Informations à remplir pour chaque parcelle prélevée (feuille à imprimer et à joindre à l'envoi, ou à renvoyer par email à bellifa@laboratoirecoentomologie.com).

Pour l'échantillon, écrire au crayon de papier sur une feuille blanche l'identifiant de la placette, la date de collecte et la modalité de prélèvement (Mod_0 ou Mod_10). Mettre le papier dans la bouteille.

Identifiant de la placette :

Coordonnées GPS :

Commune (si impossibilité de trouver les coordonnées GPS) :

Nature de la bordure de la parcelle (haie, bande enherbée, chemin, autre culture à préciser) :

.....

Conduite de la parcelle (raisonnée, intégrée, bio. Si autre, préciser) :

Présence de culture associée, de plantes compagnes (oui/non) :

Si oui, préciser lesquelles :

Traitement insecticide (tout type : cécidomyie, pucerons) (oui/non) :

Si oui, date du dernier traitement :

Prendre une photo de la parcelle (la renommer avec l'identifiant de la parcelle).

Si vous avez des questions, n'hésitez pas à me contacter :

Maxime Bellifa

07 50 07 97 06

bellifa@laboratoirecoentomologie.com

Annexe 6. Détail des comptages d'œufs sur gousses de lentille

Tableau 11 : tableau récapitulatif des comptages d'œufs sur les gousses de lentille. Pour la définition des différentes catégories, se référer à la partie 2.2.1.2 du corps du rapport. Un "i" signifie qu'il s'agit des résultats des comptages initiaux, un "f" ou une absence de lettre signifie qu'il s'agit des résultats des recomptages post émergence.

Parcelle	Modalité	Date collecte	Date mise en élevage	Eclos i	Intact i	Plein i	Eclos f	Intact f	Mort	Enfoncé	Coloration	Parasité	Fin d'élevage	Taux retrouvé
GR_LEN_01	0	19/06/2020	24/06/2020	93	0	62	151	1	1	1	0	0	14/08/2020	99,4
GR_LEN_01	10	19/06/2020	24/06/2020	87	0	98	178	1	3	3	0	0	14/08/2020	100,0
GR_LEN_02	0	19/06/2020	24/06/2020	79	0	92	151	8	5	7	0	0	14/08/2020	100,0
GR_LEN_02	10	19/06/2020	24/06/2020	107	0	135	220	0	12	9	0	1	13/08/2020	100,0
MB_LEN_01	0	03/06/2020	03/06/2020	0	0	100	84	0	5	1	4	0	11/08/2020	94,0
MB_LEN_01	0	10/06/2020	10/06/2020	0	0	100	91	3	5	0	1	0	12/08/2020	100,0
MB_LEN_01	0	17/06/2020	17/06/2020	0	0	100	91	2	3	1	0	0	12/08/2020	97,0
MB_LEN_01	0	24/06/2020	24/06/2020	11	0	88	75	0	11	0	0	0	13/08/2020	86,9
MB_LEN_01	10	03/06/2020	03/06/2020	0	0	100	83	1	9	0	6	0	11/08/2020	99,0
MB_LEN_01	10	10/06/2020	10/06/2020	0	0	99	87	0	2	3	1	0	12/08/2020	93,9
MB_LEN_01	10	17/06/2020	17/06/2020	0	0	99	78	6	2	1	0	1	12/08/2020	88,9
MB_LEN_01	10	24/06/2020	24/06/2020	14	0	92	81	3	12	0	3	0	12/08/2020	93,4
MB_LEN_02	0	03/06/2020	03/06/2020	0	0	100	90	0	2	1	2	0	11/08/2020	95,0
MB_LEN_02	0	10/06/2020	10/06/2020	0	0	100	99	1	0	0	0	0	12/08/2020	100,0
MB_LEN_02	0	17/06/2020	17/06/2020	0	0	100	89	7	2	0	0	0	12/08/2020	98,0
MB_LEN_02	0	24/06/2020	24/06/2020	29	0	92	117	1	3	0	0	0	13/08/2020	100,0
MB_LEN_03	0	01/07/2020	01/07/2020	0	0	101	98	1	2	0	0	0	13/08/2020	100,0
MB_LEN_03	0	08/07/2020	08/07/2020	14	27	102	106	31	1	5	2	0	18/08/2020	101,4
MB_LEN_04	0	01/07/2020	01/07/2020	0	0	103	97	0	3	2	2	0	13/08/2020	101,0
MB_LEN_04	0	08/07/2020	08/07/2020	5	22	97	98	22	3	2	0	0	18/08/2020	100,8

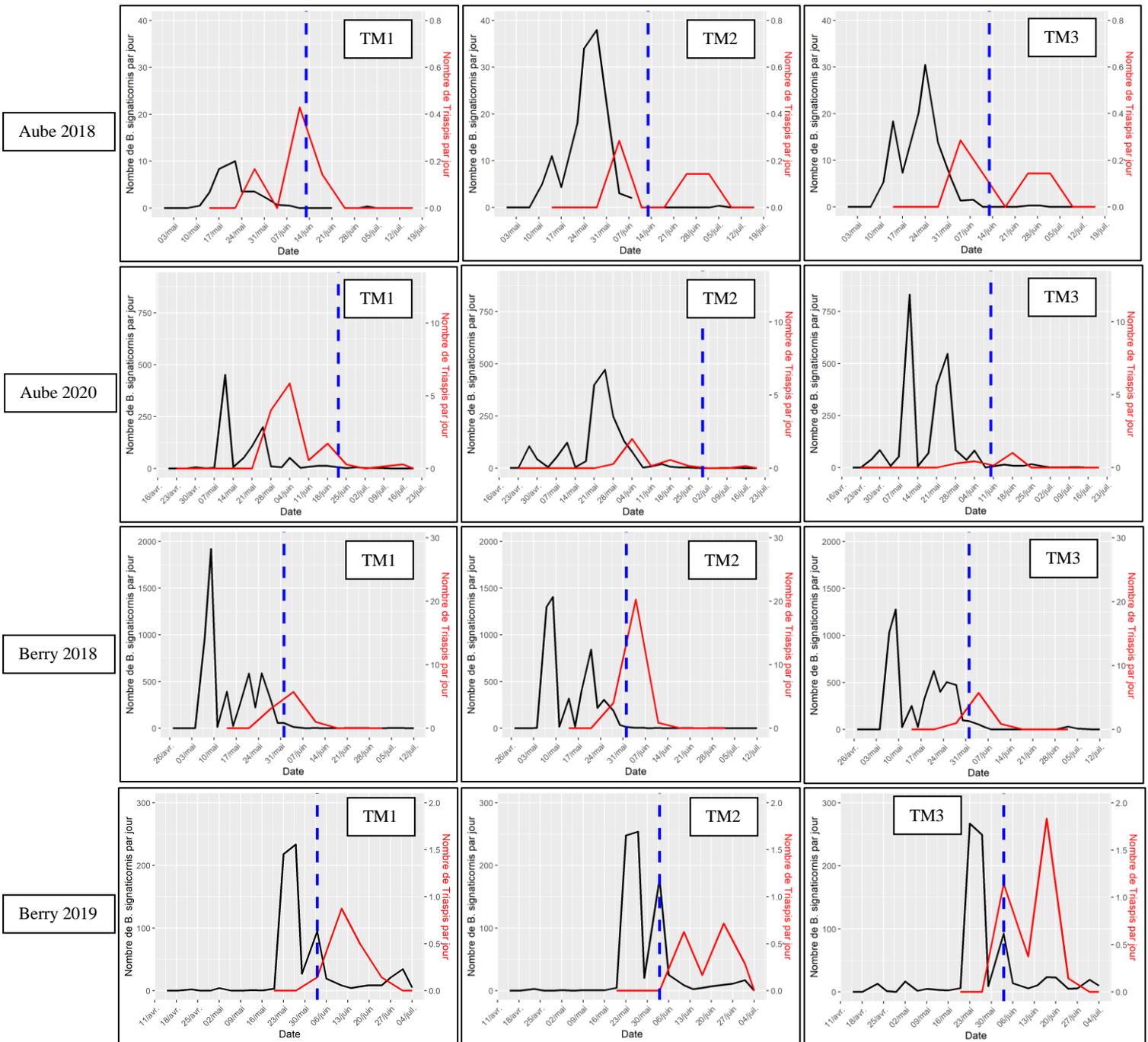
Annexe 7. Résultats des taux de parasitisme

Tableau 12 : résultats des taux de parasitisme pour les 56 prélèvements mis en émergence en 2020.

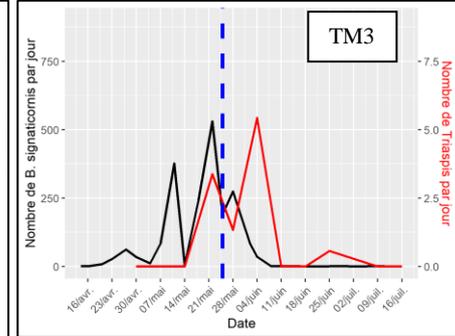
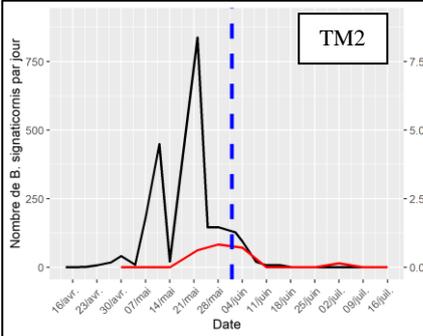
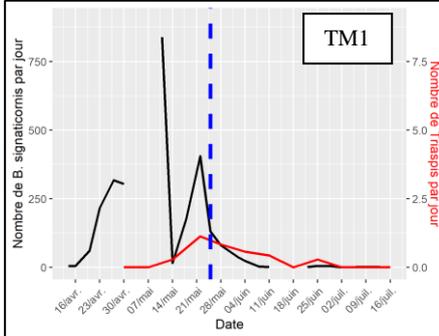
Parcelle	Modalité	Date de collecte	Nombre de graines	Nombre de <i>Triaspis</i>	Nombre de <i>Pteromalus</i>	Nombre de <i>Bruchus</i>	Taux de graines bruchées	Taux de parasitisme
AM_LEN_01	50	31/07/2020	829	1		59	7,2	1,7
CS_LEN_01	0	09/07/2020	213		18	71	41,8	20,2
CS_LEN_01	10	09/07/2020	194	3	7	129	71,6	7,2
CS_LEN_02	0	09/07/2020	214	3	5	102	51,4	7,3
CS_LEN_02	10	09/07/2020	190	2	1	93	50,5	3,1
CS_LEN_03	0	09/07/2020	264	2	1	53	21,2	5,4
CS_LEN_03	10	09/07/2020	460	2		26	6,1	7,1
DD_LEN_01	0	14/07/2020	266	18		12	11,3	60,0
DD_LEN_01	10	14/07/2020	377			103	27,3	0,0
DD_LEN_02	0	14/07/2020	205			5	2,4	0,0
DD_LEN_02	10	14/07/2020	251			113	45,0	0,0
DD_LEN_03	0	14/07/2020	217			1	0,5	0,0
DD_LEN_03	10	14/07/2020	291			40	13,7	0,0
FC_LEN_01	0	20/07/2020	146			2	1,4	0,0
FC_LEN_01	10	20/07/2020	118			1	0,8	0,0
FC_LEN_02	0	20/07/2020	213			5	2,3	0,0
FC_LEN_02	10	20/07/2020	238			0	0,0	#N/A
FC_LEN_03	0	20/07/2020	351			0	0,0	#N/A
FC_LEN_03	10	20/07/2020	305			15	4,9	0,0
FC_LEN_04	0	20/07/2020	310			2	0,6	0,0
FC_LEN_04	10	20/07/2020	190			2	1,1	0,0
FC_LEN_05	0	20/07/2020	271			21	7,7	0,0
FC_LEN_05	10	20/07/2020	260			35	13,5	0,0
GR_LEN_01	0	28/07/2020	382			44	11,5	0,0
GR_LEN_01	10	28/07/2020	382			31	8,1	0,0
GR_LEN_02	0	28/07/2020	354			111	31,4	0,0
GR_LEN_02	10	28/07/2020	690			68	9,9	0,0
JB_LEN_01	0	10/07/2020	286			5	1,7	0,0
JB_LEN_01	10	07/07/2020	391			28	7,2	0,0
LG_LEN_01	0	07/07/2020	181			11	6,1	0,0
LG_LEN_01	10	07/07/2020	152			10	6,6	0,0
LG_LEN_02	0	07/07/2020	85		1	15	18,8	6,3
LG_LEN_02	10	07/07/2020	124			19	15,3	0,0
LG_LEN_03	0	07/07/2020	150	1		28	19,3	3,4
LG_LEN_03	10	07/07/2020	147	1		32	22,4	3,0
LG_LEN_04	0	08/07/2020	102			28	27,5	0,0
LG_LEN_04	10	08/07/2020	107			15	14,0	0,0
MB_LEN_01	0	17/06/2020	103			2	1,9	0,0

MB_LEN_01	0	24/06/2020	273			29	10,6	0,0
MB_LEN_01	0	01/07/2020	162			40	24,7	0,0
MB_LEN_01	0	08/07/2020	205			1	0,5	0,0
MB_LEN_01	10	17/06/2020	128			1	0,8	0,0
MB_LEN_01	10	24/06/2020	219	2		24	11,9	7,7
MB_LEN_01	10	01/07/2020	152			78	51,3	0,0
MB_LEN_01	10	08/07/2020	182			21	11,5	0,0
MB_LEN_02	0	17/06/2020	74	3		4	9,5	42,9
MB_LEN_02	0	24/06/2020	166	4		25	17,5	13,8
MB_LEN_02	0	01/07/2020	155			45	29,0	0,0
MB_LEN_02	0	08/07/2020	180	7		69	42,2	9,2
PL_LEN_01	0	16/07/2020	127			0	0,0	#N/A
PL_LEN_01	10	16/07/2020	102			28	27,5	0,0
PL_LEN_02	0	16/07/2020	120			6	5,0	0,0
PL_LEN_02	10	16/07/2020	112			4	3,6	0,0
PL_LEN_03	0	16/07/2020	107			16	15,0	0,0
PL_LEN_03	10	16/07/2020	100			5	5,0	0,0
SL_LEN_01	10	12/07/2020	95			41	43,2	0,0

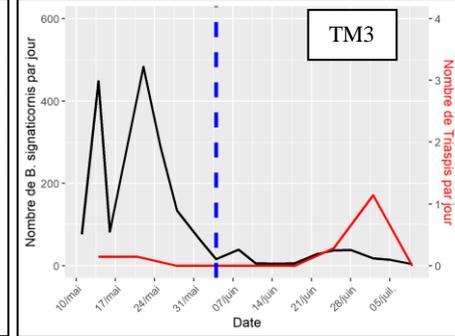
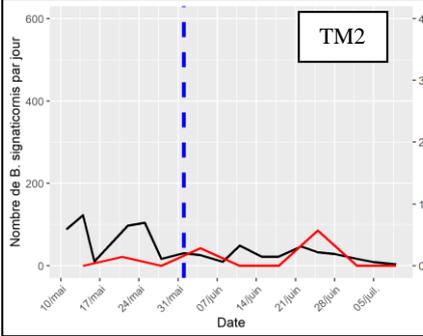
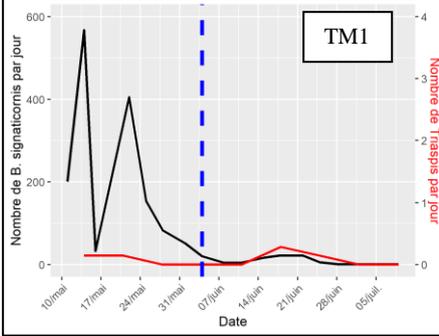
Annexe 8. Évolution dans le temps du nombre de *B. signaticornis* et de *Triaspis*



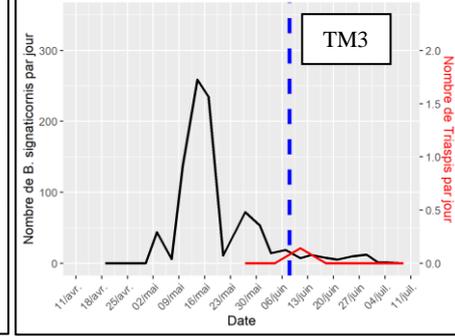
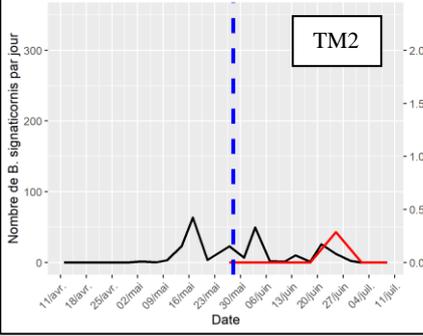
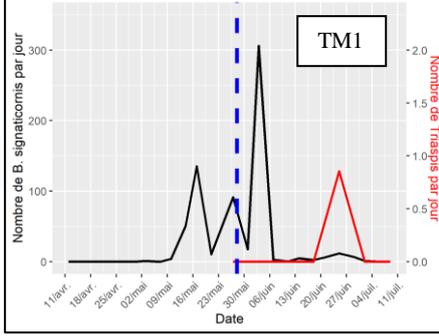
Berry 2020



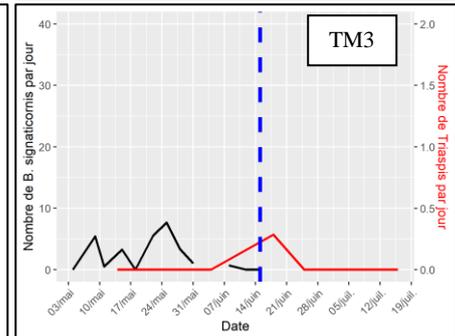
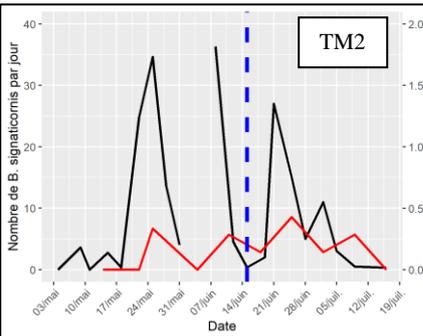
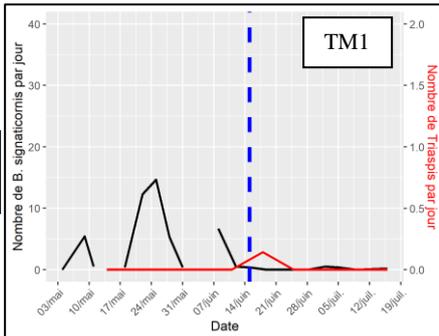
Gers 2018



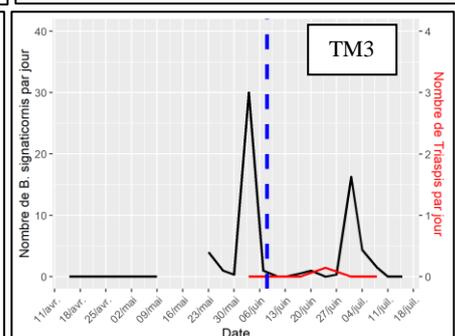
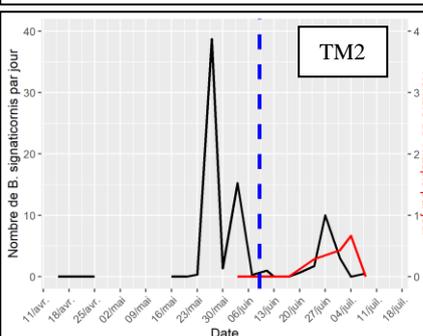
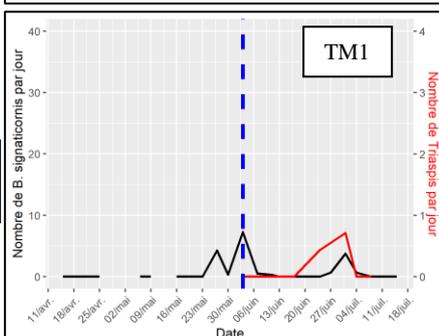
Gers 2019



Haute-Loire 2018



Haute-Loire 2019



Haute-Loire
2020

Vendée 2020

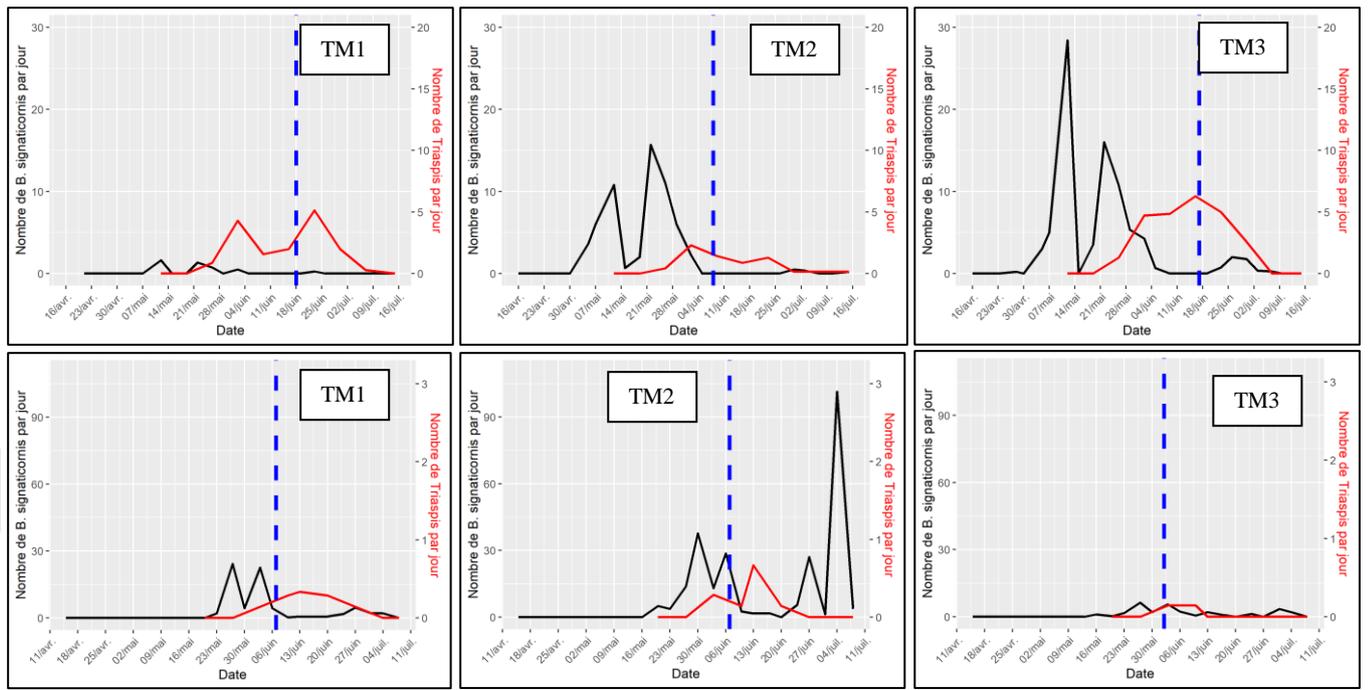


Figure 17 : Graphique pour chaque TM, de chaque bassin pour chaque année du nombre de bruches et de *Triaspis* interceptés par jour, respectivement en noir et en rouge, en fonction de la date. La ligne verticale bleue symbolise la date de pleine floraison, pour laquelle au moins 50 % des plants de lentilles sont en fleur.